



Revista Industrial  
y Agrícola de  
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea  
1851-3018

Tomo 99 (2):  
19-29; 2022



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150  
T4101XAC - Las Talitas.  
Tucumán, Argentina.

## Resultados preliminares de ensayos de riego por goteo subterráneo en cultivos de granos en Tucumán

José R. Sánchez\*, Francisco Sosa\*\*, Lucas Tarulli\*, Agustín Sanzano\*\*, Fernando Ledesma\*, Fausto Cainzo\*, Daniel Gamboa\* y Mario R. Devani\*

\*Sección Granos, \*\*Sección Suelos y Nutrición Vegetal; EEAOC. Email: jrsanchez@eeaoc.org.ar

### RESUMEN

La soja en la Argentina es el cultivo principal en cuanto a superficie implantada, y contribuye significativamente en la generación de divisas por la exportación de sus granos y subproductos. Es por ello que la investigación en pos de mejorar su productividad o bien en expandir su frontera agrícola es constante. Los sistemas de riego a nivel comercial constituyen una alternativa que se encuentra en situación incipiente de investigación, entre ellos el riego por goteo subterráneo (RGS). A la vez, la soja está incluida en una secuencia de cultivos de granos que incluye el maíz, al trigo y al garbanzo, entre otros, los cuales también se verían beneficiados con la implementación de riego. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los incrementos de rendimientos de cuatro cultivos de granos en Tucumán (soja, maíz, trigo y garbanzo), así como las alteraciones en sus componentes de rendimiento, y estimar si se encuentran diferencias en rindes entre dos distanciamientos de cintas de riego (DCR) (105cm y 130cm). En una primera experiencia realizada en la campaña 2018/2019, los cultivos estivales (soja y maíz) no pudieron ser evaluados, debido principalmente a que las precipitaciones ocurridas durante su desarrollo en la primera campaña fueron suficientes y no se necesitó la aplicación de lámina de riego alguna. En la segunda campaña (2019/2020), el híbrido de maíz fue afectado fuertemente por enfermedades y sus datos no fueron evaluados, mientras que el ensayo de soja generó un aumento de rendimiento en las parcelas regadas, del orden de 2,77 kg/mm de riego. En los cultivos invernales, dado el clima de Tucumán de inviernos secos, sí se procedió a regar, incrementando el rendimiento del trigo en casi un 50%, sin presentar diferencias entre los DCR. En cuanto al garbanzo, el aumento del rinde fue del orden del 25%, explicado principalmente por un mayor número de granos por superficie, y no por el calibre. En este cultivo tampoco se observaron diferencias entre ambos DCR, lo que indica que en los cultivos invernales se puede aumentar el DCR y así disminuir el costo de la inversión inicial.

**Palabras clave:** soja, maíz, trigo, garbanzo, cultivos de granos, riego por goteo, riego subterráneo, distanciamiento entre líneas de riego.

### ABSTRACT

#### Preliminary experiences of underground drip irrigation in grain crops in Tucumán

Soybean is the main crop in Argentina in terms of implanted area, and significantly contributes to the generation of foreign currency incomes by exporting grains and by-products. That is why researching in order to improve its productivity or expand its agricultural frontier is constant. Irrigation systems at a commercial level constitute a novel alternative but investigation is still incipient. Among different irrigation systems in use, underground drip irrigation (URI) contains a series of advantages over other systems (mainly pivot sprinkling), specially its lower cost, which would allow its use in extensive crops. Besides, soybean is incorporated in a sequence of grain crops that includes corn, wheat and chickpea, among others, which will be benefited from the implementation of irrigation. The objective of this work was to determine the yield increases of four grain crops in Tucumán (soybean, corn, wheat and chickpea), as well as the alterations in their yield components. Also, yield differences between two irrigation tapes spacing (ITS) (105cm and 130cm) were evaluated. In a first experience carried out in the 2019 and 2020 seasons, summer crops (soybeans and corn) could not be evaluated during first season, mainly due to the fact that no irrigation was needed because rainfall was sufficient and the irrigation threshold was never reached. In the second season, corn hybrid was strongly affected by diseases thus data were not evaluated, while the soybean trial showed a yield increase in the irrigated plot of about 2.77 kg/mm of irrigation. In both winter crops tested, due to

Fecha de  
recepción:  
04/06/2021

Fecha de  
aceptación:  
11/03/2022

Tucumán's climate (dry winters), irrigation has been needed. It increased wheat yield by almost 50% and no differences were found between the ITS. Regarding chickpea, yield increase was about 25%, mainly explained by a greater number of grains per area and not by grain size. There were also no significant differences between the two ITS used in this crop, which indicates that the ITS in winter crops can be increased and thus reduce the cost of the initial investment.

**Key words:** Soybean, corn, wheat, chickpea, grain crops, drip irrigation, underground irrigation, irrigation tapes spacing.

## INTRODUCCIÓN

La soja es una de los principales "commodities" sembrados a nivel mundial, debido a la vez a su precio y a su valor nutricional en cuanto a proteínas y lípidos. La investigación sobre esta leguminosa para aumentar su productividad y la calidad del grano es constante, tanto desde su mejoramiento genético (fuertemente apoyado en la biotecnología) como desde el manejo del cultivo. Dentro de este último aspecto, una práctica que no venía siendo utilizada en soja (ni en los cultivos extensivos) es el riego, principalmente a causa del alto costo de esta tecnología. El uso de riego en los cultivos extensivos se da mayormente con equipos de "pivot", que son utilizados en la producción de cultivos con alto retorno (producción de semillas, cultivos alternativos o "specialities", alimento para ganado, etc.) o en condiciones puntuales cuando se manifiesta un estrés hídrico en cultivos tradicionales de granos.

En los últimos años se viene desarrollando y utilizando a nivel comercial para cultivos extensivos (generalmente granos) el riego por goteo subterráneo (RGS), en campos donde se practica la siembra directa (labranza cero o mínima) (Severina, 2014). Su implementación no dificulta las tareas de aplicaciones, siembras y cosechas, al encontrarse las válvulas y demás accesorios aéreos en el perímetro del campo, y posibilitando también algún movimiento mínimo del suelo (como una rastra), ya que las cintas de riego se ubican a 20 cm o más de profundidad. Distintas experiencias fueron llevadas a cabo con éxito en diferentes partes del mundo (Montpellier, 2014) y también en Argentina, donde se está probando no solo en granos sino también en cultivos extensivos como la caña de azúcar, en Santa Fe (Espíndola y Paytas, 2014) y en Tucumán (Sosa *et al.*, 2018).

El costo operativo de RSG y "pivot" son similares. El RSG presenta algunas ventajas comparativas en cuanto a eficiencia de aplicación (90-95%), adaptación a topografía y forma del terreno, fertirriego de alta eficiencia y -en el momento adecuado- el uso de aguas residuales, manejo sencillo y vida útil prolongada (Agritotal, 2012; Severina, 2014; Lamm and Rogers, 2017). Se ha determinado también que hay aspectos sanitarios que mejoran, observándose menor presión de malezas y reducida proliferación de enfermedades foliares con respecto al sistema por "pivot" (Severina, 2014). De esta manera, se ha perci-

bido que el RGS puede competir, desde el punto de vista económico, no solo con el "pivot", sino también con varias alternativas de riego (Lamm *et al.*, 2014)

Uno de los grandes interrogantes dentro del RGS en los cultivos extensivos es el distanciamiento entre cintas de riego, ya que al aumentar el distanciamiento disminuye el costo de inversión inicial, aunque podría repercutir negativamente en las líneas de cultivo más alejadas de la emisión de agua. En la zona sojera de Córdoba, Argentina, se determinó que el óptimo distanciamiento entre las cintas de riego (DCR) podría representar hasta un 70% de la inversión total (Severina *et al.*, 2018). Diversas experiencias fueron y son llevadas a cabo a fin de definir, para cada ambiente y cultivo (o secuencias de los mismos), la distancia máxima (y a la vez óptima) entre cintas de riego que no genere pérdidas de rendimiento. Hay coincidencia de resultados en que los menores DCR resultan más apropiados para climas áridos, o suelos de texturas más gruesas y para cultivos de mayor rentabilidad (Lamm, 2014). El mayor acercamiento de las cintas de riego en los casos mencionados se debe a que en climas áridos y suelos más sueltos, el bulbo de mojado por el riego es de menor volumen, ya que el movimiento del agua por capilaridad es menor, y a la vez es mayor la percolación de la misma. Entonces, dentro de los factores a tener en cuenta para determinar el DCR óptimo de cada ambiente, se consideran fundamentales el tipo de suelo (por textura, contenido de arcilla, etc.), el cultivo (por sus patrones de enraizamiento, distancia entre surcos, etc.) y el régimen hídrico buscado, definido por la obtención de un rendimiento objetivo (Camp, 1998).

Teniendo en cuenta que los rindes en granos aumentan con el uso de diferentes sistemas de riego ya existentes, las experiencias buscan igualar o mejorar esos rindes con el RGS mínimamente igualando los costos. El INTA Manfredi, Córdoba, referente en ensayos de riego en cultivos de granos, ya tiene evaluado que el rendimiento promedio del trigo incrementó un 114% bajo riego con "pivot" central, con respecto al secano, y se encuentra actualmente abocado a la optimización del RGS estos cultivos (Salinas *et al.*, 2014). Ensayos en maíz en Buenos Aires con RGS lograron duplicar la media regional en secano, pero además el rinde fue un 27% superior al tratamiento con riego gravitacional, calculándose además que en cultivo bajo RGS fue mucho más eficiente en el uso del agua (Varela, 2017). De todas maneras, el estudio debe

extenderse no solo a un cultivo, sino a todo el sistema de granos que implantan los productores, lo que nos conduce a evaluaciones a mediano plazo que abarquen toda la secuencia de granos en tres o cuatro campañas.

La tecnología del RGS genera mayores saltos en la productividad en ambientes más desfavorables para los cultivos de granos, y también permite la estabilización de los rindes en el tiempo. Tucumán y el NOA, por sus condiciones ambientales, son considerados ambientes marginales para los cultivos de granos con respecto a la zona núcleo del país, además de presentar una alta inestabilidad en sus condiciones climáticas (sobre todo en frecuencia e intensidad de precipitaciones) (Lamelas *et al.*, 2006), lo que genera un gran variación interanual de su rindes (Ledezma *et al.*, 2011; Ledezma *et al.*, 2012 y Ledezma *et al.*, 2013). Es importante mencionar que el área productora de granos del NOA presenta precipitaciones del tipo monzónico, concentradas en el periodo estival, de noviembre a abril (Lamelas *et al.*, 2006), lo que conlleva a que las fechas de siembra convencionales de la región sean más tardías que la zona núcleo, posicionando las distintas etapas fenológicas del cultivo en momentos de mayores demandas ambientales. Esto justificaría aún más el uso de riego en los cultivos invernales, los cuales podrían disminuir la brecha de rendimiento con los promedios de la zona núcleo, por ejemplo en trigo. Es necesario mencionar también que hacia el este de la zona granera de Tucumán las condiciones climáticas desmejoran -las fuentes hídricas, principalmente, disminuyen-, los ambientes se tornan incluso más desfavorables y las variaciones interanuales, más marcadas. El riego también habilitaría a independizar la voluntad de siembra de los cultivos invernales, con respecto a la suficiencia de las precipitaciones de otoño, así como respecto del cultivo antecesor. Tal es el caso de lotes que vienen de maíz, los cuales se cosechan a mediados de año, y generalmente quedan sin ser sembrados con cultivos de invierno por falta de humedad en el perfil.

Si bien algunas empresas agropecuarias empezaron a instalar RGS en un porcentaje de sus campos, no hay evaluaciones en la zona sobre los rindes potenciales a conseguir, ni de la determinación del óptimo DCR, ni de la rentabilidad del uso del mismo en nuestros sistemas de cultivos de granos. El objetivo del presente ensayo es la determinación de los incrementos de rendimientos de cuatro cultivos de granos en Tucumán (soja, maíz, trigo y garbanzo), así como las alteraciones en sus componentes de rendimiento, y estimar si se encuentran diferencias en rindes entre dos DCR (105 cm y 130 cm).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la campaña 2019 se plantearon dos ensayos con parcelas de 60 m por 20

m en la subestación de Monte Redondo de la EAAOC, en la localidad de San Agustín, Tucumán. En el ensayo A se realizó la secuencia maíz-trigo, mientras que en el ensayo B se evaluó la secuencia soja-garbanzo, y a futuro irán rotando entre sí. Luego, en la campaña siguiente el ensayo C constó de los dos cultivos estivales, soja y maíz, a continuación del trigo y garbanzo, respectivamente. Se trabajó sobre un suelo Haplustol típico (Zuccardi y Fadda, 1985) de textura franco limosa (Tabla 1).

En cada ensayo se evaluó la respuesta de los cultivos a tres tratamientos de riego: DCR 1.05 m (105), DCR 1.30 m (130) y secano; cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones distribuidas en un diseño de bloques comple-

**Tabla 1.** Análisis de suelo a tres profundidades, para la localidad de San Agustín, Tucumán. Diciembre de 2018.

Prof.	pH	CE (ds m <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	MO (%)	P (ppm)	Arcilla %	Arena %	Limo %	Lámina de Agua Útil (mm)
0-30 cm	6,85	0,5		1,6	19,4	20,75	26,8	52,45	56
30-60 cm	7,1	0,5			0,2	22	28	50	54
60-90 cm	7,3	0,6	0,2			29,5	20,5	50	50

tamente aleatorizado. Se realizó un manejo de alto rendimiento en cuanto a genética, fecha de siembra, fertilización y manejo de plagas y enfermedades (Tabla 2).

En el caso de soja, se usó en la primera campaña una variedad indeterminada de soja intacta, del GM más corto empleado comercialmente en la zona; y en la segunda, otra variedad pero de iguales características. En el

**Tabla 2.** Información de manejo de los ensayos de riego por goteo subterráneo en cultivos de granos para las campañas 2018/2019, 2019 y 2019/2020, San Agustín, Tucumán.

		Ensayo A	Ensayo B
Estival	Cultivo	<b>Maíz</b>	<b>Soja</b>
	Fecha de siembra	20/01/2019	02/01/2019
	Híbrido / Variedad	Pioneer 2089	Syn 1561 IPRO
	Densidad de siembra	3 sem/m	18 sem/m
	Fertilización por ha	300 kg SPT	300 kg SPT
	Fecha de cosecha	04/06/2019	04/05/2019
Invernal	Cultivo	<b>Trigo</b>	<b>Garbanzo</b>
	Fecha de siembra	12/06/2019	11/06/2019
	Variedad	Baguete 801	Norteño
	Densidad de siembra	70 sem/m	11 sem/m
	Fertilización por ha.	<b>Siembra:</b> 200 kg SPT + 130 kg Urea. <b>Vegetativo:</b> 100 kg Urea	<b>Prefloración:</b> 200 kg SPT + 100 kg Urea. <b>Reproductivo:</b> Eurofit 700 cc (foliar)
	Fecha de cosecha	29/11/2019	29/11/2019
		Ensayo C	
Estival	Cultivo	<b>Soja</b>	<b>Maíz</b>
	Fecha de siembra	12/12/2019	07/01/2020
	Híbrido / Variedad	DM 60i62 IPRO	Pioneer 2089
	Densidad de siembra	16 sem/m	3 sem/m
	Fertilización por ha.	150 kg SPT	100 kg Urea
	Fertiriego por ha.		85 kg N <sub>2</sub>
	Fecha de cosecha	17/04/2020	19/06/2020

caso del maíz se utilizó un híbrido templado y corto, con tecnología Leptra, que consiste en cuatro eventos biotecnológicos apilados que confieren tolerancia a un grupo de gusanos. Tanto en garbanzo como en trigo se trabajó con variedades de amplia difusión en la zona. En trigo, fue utilizada una variedad de ciclo largo.

Previo a la siembra de los cultivos de verano de 2018/2019 se inyectó la cinta de riego a una profundidad de 0,25 m. Para esta labor, se realizaron secuencialmente dos pasadas de rastra y una de cincel, y luego dos pasadas más de rastra. Con la preparación del suelo se aplicaron 300 kg/ha de súper fosfato triple (SPT). En cada tratamiento de riego se inyectó la cinta D5000 de 16 y 15 mm de diámetro externo e interno, respectivamente, con emisores separados a 0,5 m. Para la distancia de mangueras a 105 cm, la descarga fue de 1l/h, mientras que para el tratamiento a 130 cm se utilizó la misma cinta pero con descarga de emisores de 1,5 l/h. La precipitación instantánea fue de 1,9 y 2,3 mm/h para los tratamientos de 105 y 130, respectivamente. El riego se realizó con una bomba sumergible con un caudal de 100 m<sup>3</sup>/h y una presión de 6 kg/cm<sup>2</sup> en boca de pozo. De esta manera se aseguró que luego del filtrado y el transporte del agua, se alcanzara una presión mínima de 1 kg/cm<sup>2</sup> al inicio del lateral y 0,7-0,8 kg/cm<sup>2</sup> al final del mismo. Se procuró dar igual milimetraje a ambos tratamientos de riego manejando el tiempo de riego.

El riego se realizó de acuerdo a los contenidos hídricos del suelo. Para ello se tomaron muestras gravimétricas con calador de 1m de largo y 1cm de diámetro; las muestras se tomaron cada 20 cm hasta los 100 cm con una frecuencia de 7-15 días, según las precipitaciones y el estadio en el cual se encontraba el cultivo. El riego se realizó procurando mantener el contenido hídrico de los 0,5 m superiores del perfil con un 70% del agua útil. Una vez que los cultivos entraron en fase de maduración se discontinuaron los riegos para poder realizar la cosecha.

Se cosecharon y pesaron individualmente todas las parcelas para determinación de rendimiento cultural, con su correspondiente corrección por humedad de grano. En cada parcela de riego se estimó la producción en la posición sobre y entre las cintas de riego. Para ello se tomaron seis muestras compuestas de 1 m<sup>2</sup>, cada una en cada posición. Con estas muestras se estimaron componentes de rendimiento. Se midieron parámetros según el cultivo en cuestión, tanto relacionados al rendimiento como a la fenología. Para los distintos parámetros, los datos fueron analizados estadísticamente a través del análisis de la varianza y del test de comparación de medias de LSD Fisher ( $\alpha=0,05$ ) con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2009).

En el caso de soja, las determinaciones fueron: peso de mil semillas, n° de semillas por superficie, n° de nudos a cosecha, altura a cosecha y n° de plantas por superficie a cosecha. En cuanto a su fenología, se determinaron los estadios R1 y R8 para estimar los días a floración (DF) y los días a madurez (DM), a fin de observar si hubiera una alteración en el desarrollo por parte de las parcelas regadas.

Los parámetros evaluados en maíz fueron peso de mil semillas, n° de granos por espiga, n° de espiga por superficie, altura de plantas a cosecha y altura de inser-

ción de espigas. En cuanto a la fenología, se determinó su estadio R6 (madurez fisiológica) con el fin de encontrar diferencias entre las parcelas regadas y el tratamiento en seco.

En trigo, las determinaciones fueron n° de espigas por superficie, altura de plantas, n° de granos por espiga y peso de mil semillas. Fenológicamente se buscó definir el largo del periodo vegetativo (de Z20 a Z50) y del periodo reproductivo (Z51 a Z90), ambos con la escala Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974), también con el objetivo de encontrar diferencias entre el tratamiento en seco y los regados. Debe tenerse en cuenta que nuestra región es marginal para los cultivos de granos con respecto a la zona núcleo (sobre todo la zona este, lindante con Santiago del Estero), y que el trigo participa en la secuencia no por su rentabilidad, sino por las ventajas agronómicas que este cereal genera, como ser el rastrojo y la competencia con malezas invierno-primaverales, entre otras.

En el cultivo de garbanzo se consideró n° de semillas por metro lineal, peso de semillas por metro lineal, rendimiento por muestra (estimado a partir de sus componentes) y rendimiento por parcela. En cuanto a la fenología se consideró la escala de Toledo (2016), determinándose los momentos de inicio de floración (R1) y madurez (R8), para estimar la duración del periodo vegetativo y del largo total del ciclo del cultivo, respectivamente.

Las parcelas de soja fueron sembradas en fecha tardía en la primera campaña de evaluación, ya que las precipitaciones de noviembre y diciembre de 2018 dificultaron las tareas de preparación de suelo e inyección de las cintas de riego. Se utilizó una variedad indeterminada de GM VI corto, con tecnología Intacta RR. Las parcelas de maíz también fueron sembradas tarde, por iguales motivos. En la segunda campaña estival, tanto la soja como el maíz fueron sembradas en fecha de estación. Para el trigo se utilizó el distanciamiento de 52 cm entre surcos, utilizándose una variedad de ciclo largo. La segunda fertilización se realizó el 4 de octubre.

En las parcelas destinadas al cultivo de garbanzo se empleó una variedad de amplia difusión en la zona, la que generalmente presenta un ciclo de 150-170 días, 90 días a floración y un peso de 100 semillas de 59 g (Reginatto *et al.*, 2016), de calibre 8. En esta ocasión fue sembrado en fecha tardía para la región, a 52 cm de distancia entre hileras, habiéndose utilizado curasemilla e inoculante.

## RESULTADOS

Las precipitaciones durante la campaña estival 2018/2019 fueron frecuentes y el milimetraje, durante casi toda la campaña, resultó mayor a los valores de referencia (Figura 1). No fue necesario regar en ningún momento del ciclo del cultivo, ni del maíz ni de la soja, ya que el contenido hídrico del suelo nunca descendió por debajo del umbral de riego fijado. Incluso en la primera quincena de abril de 2019, durante parte del periodo reproductivo de la soja, donde los milímetros acumulados de la campaña son menores a los acumulados históricos de referencia, no fue necesario el riego, por el buen contenido hídrico del suelo a causa de las buenas precipitaciones de meses anteriores.

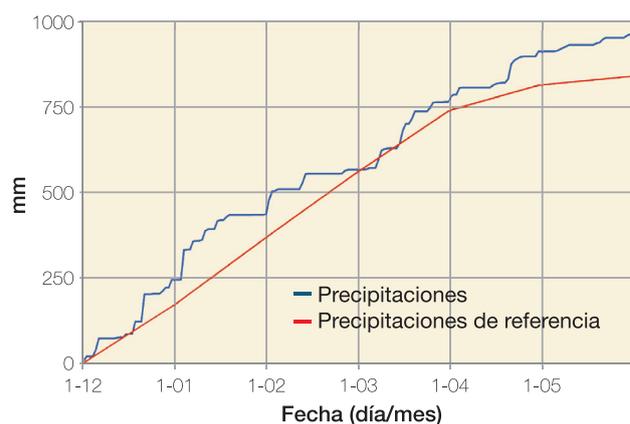
En la campaña invernal 2019 las precipitaciones

fueron escasas y se mantuvieron siempre por debajo de los valores de referencia (Figura 2), aun cuando en esa zona los inviernos son prácticamente secos, y el rendimiento de los cultivos invernales depende principalmente de las precipitaciones de otoño. Solo en los primeros meses (junio y julio de 2019) las precipitaciones acumuladas son cercanas y alcanzan a los valores de referencia, pero nunca los superan, por lo que sí fue necesario regar los cultivos de trigo y de garbanzo.

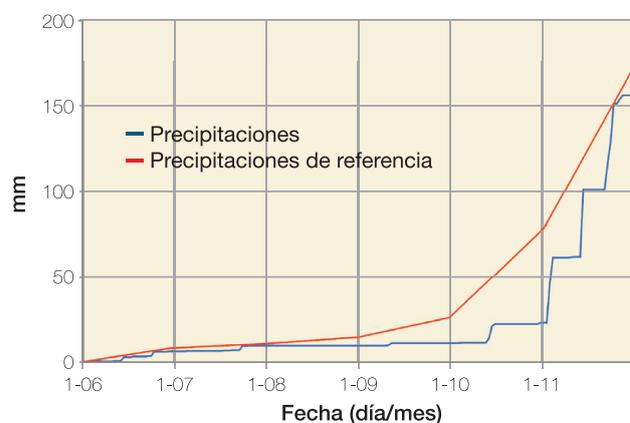
Finalmente, el ensayo C se llevó a cabo durante la campaña estival 2019/2020, que si bien tuvo un valor de precipitaciones acumuladas superior al valor de referencia (758 mm vs. 691 mm, respectivamente), debe mencionarse que más del 50% acumulado se produjo en solo cinco días, con precipitaciones de más de 60 mm/día. Diciembre se presentó como extremadamente seco y a mediados de febrero se produjo, además, un déficit hídrico de más de tres semanas.

### Soja y maíz, campaña 2018/19

Tanto los cultivos de soja como de maíz no precisaron durante esta campaña aplicación alguna de riego,



**Figura 1.** Precipitaciones acumuladas y de referencia para el período diciembre de 2018 a mayo de 2019, para la localidad de San Agustín, Tucumán. Datos de Sección Agrometeorología de la EAAOC.



**Figura 2.** Precipitaciones acumuladas y de referencia para el período junio-diciembre de 2019, para la localidad de San Agustín, Tucumán. Datos de Sección Agrometeorología de la EAAOC.

por lo que los rindes de todas las parcelas fueron similares, al ser todas tratadas como secano. En el caso de la soja, el rendimiento fue de 3100 kg/ha, similar a lo logrado en lotes cercanos en variedades similares (Devani *et al.*, 2019), y mayor al promedio de la provincia (2700 kg/ha) (Pérez *et al.*, 2019). En cuanto al maíz, el rinde promedio de las parcelas fue de 7240 kg/ha, algo superior a la media para la zona.

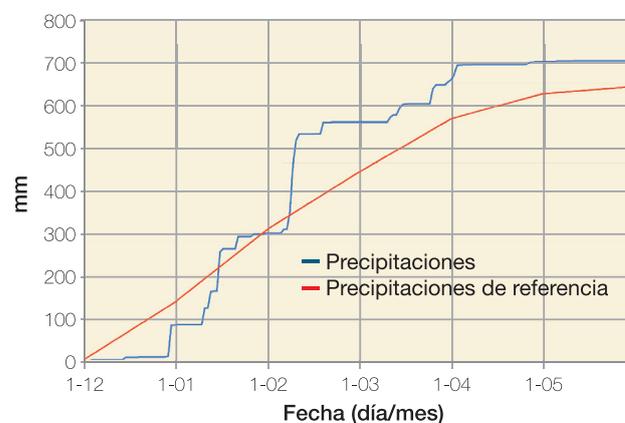
### Trigo 2019

El trigo fue sembrado en una fecha tardía para la zona, y por ende también tarde para lo estipulado en el ensayo de riego, pero el rinde promedio de las parcelas en secano (926 kg/ha) es coincidente para los rindes de trigo de variedades similares (aproximadamente 1000 kg/ha), sembradas tarde en nuestra zona.

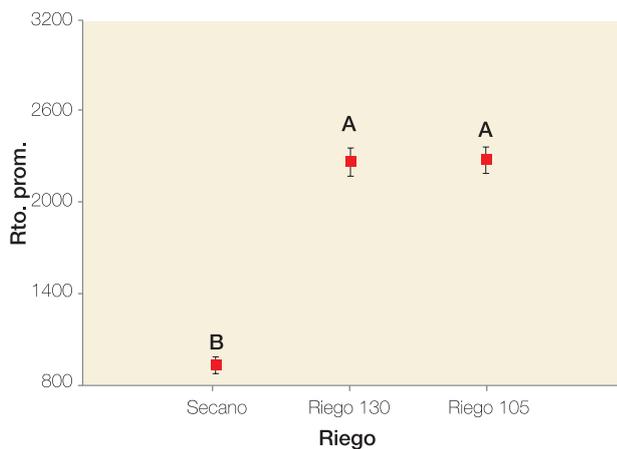
El promedio de los tratamientos regados fue de 2260 kg, significativamente superior a secano. Entre los tratamientos de DCR (105 cm y 130 cm) no hubo diferencias. Las parcelas regadas rindieron en promedio 1300 kg/ha, más que las no regadas, lo que equivale a un incremento del 145% dado por el riego (Figura 4).

Cuando el riego se discriminó en muestras tomadas sobre la cinta de riego y entre cintas de riego, la diferencia a favor del riego sobre el secano se mantuvo de manera significativa (Figura 5). En ambos distanciamientos de laterales de riego, el mejor rendimiento se logró en los surcos que se encuentran sobre las mangueras de riego (~2900 kg/ha), superando significativamente a aquellos surcos que se encuentran entre mangueras de riego (~1650 kg/ha). Esta diferencia entre posiciones se podría mermar adelantando la fecha de siembra hacia fechas de estación, con mayor humedad en superficie del suelo. Deberían realizarse también estudios de la dinámica del bulbo de humedecimiento para entender mejor el proceso.

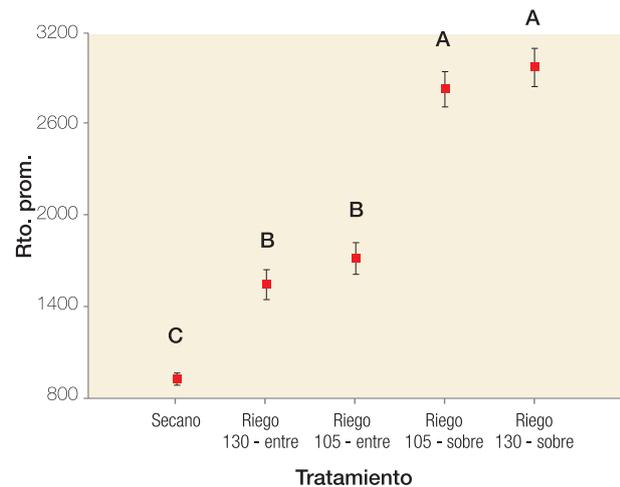
Si bien en este primer año de evaluación el promedio de rindes de ambas muestras fue superior al compararlo con las muestras de secano, esta diferencia sobre y entre mangueras se podría corregir aplicando la misma cantidad acumulada de mm pero en pulsos de riego de mayor milimetraje, a fin de lograr que se toquen los bulbos de mojado del perfil de cada manguera.



**Figura 3.** Precipitaciones acumuladas y de referencia para el período diciembre de 2019 a mayo de 2020, para la localidad de San Agustín, Tucumán. Datos de Sección Agrometeorología de la EAAOC.



**Figura 4.** Rendimientos promedio de trigo y su significancia estadística (LSD,  $p:0,05$ ) en ensayo de riego por goteo subterráneo con dos distanciamientos de cinta de riego, durante la campaña 2019, en la localidad de San Agustín, Tucumán.



**Figura 5.** Rendimientos promedio de trigo y su significancia estadística (LSD,  $p:0,05$ ) en ensayo de riego con dos distanciamientos de cinta de riego, de muestras tomadas sobre y entre cintas de riego, durante la campaña 2019, en la localidad de San Agustín, Tucumán.

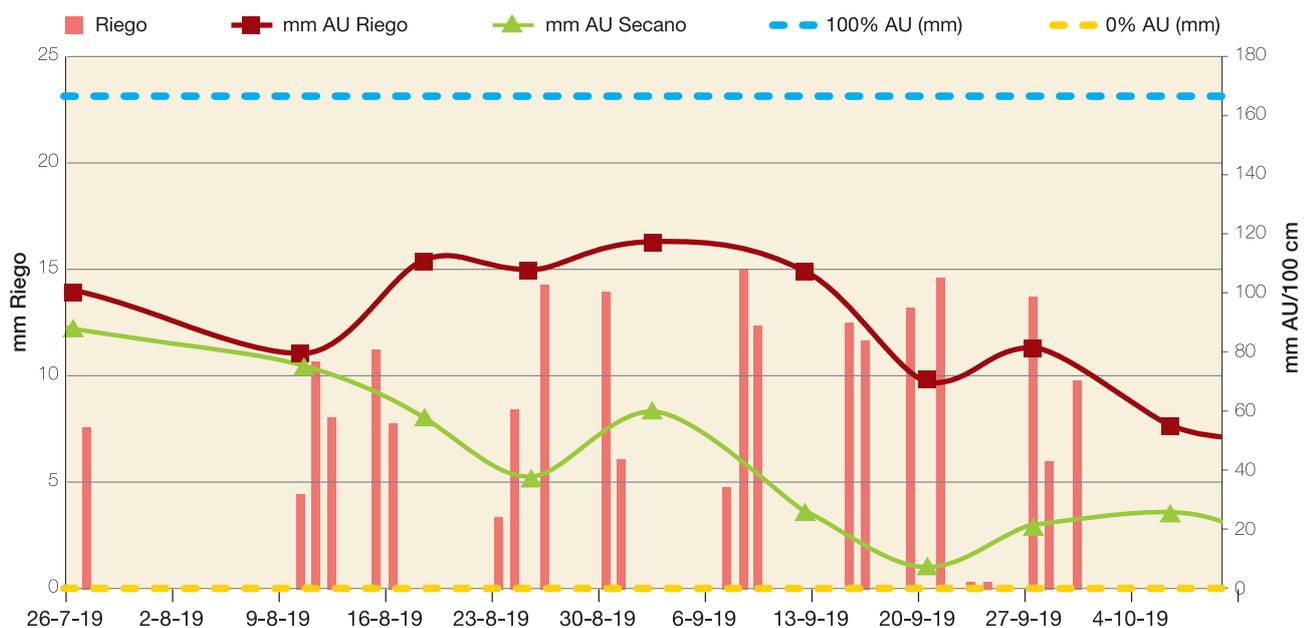
Se observa también en los promedios de las muestras sobre las cintas un pequeño incremento del rendimiento (~150 kg/ha) a favor del distanciamiento mayor (130 cm). De todas maneras, sin importar dónde se tome la muestra, el rendimiento promedio de las parcelas con riego supera significativamente a las parcelas en seco.

Durante esta campaña, en trigo se aplicaron para ambos DCR un promedio de 244 mm, en 14 pulsos de riego de aproximadamente 15 mm y también riegos complementarios de 5mm (Figura 6). Estos milímetros se distribuyeron en los meses de agosto, setiembre y octubre, en porcentajes de 24%, 52% y 24%, respectivamente. El uso de riego generó en promedio para ambos DCR un incremento del rendimiento de 1354 kg/ha, lo que se traduce en un incremento de 5,55 kg por cada mm de agua utilizado.

**Garbanzo 2019**

El garbanzo fue sembrado en una fecha tardía para la zona este de nuestra provincia, como consecuencia el ciclo del cultivo se acortó, reduciéndose principalmente el número de días de llenado de grano y disminuyendo el calibre del grano (Rovati *et al.*, 2014). Esto impactó en el rendimiento, que disminuyó alrededor de 400 kg/ha entre una fecha óptima y la siembra de mediados de junio. Para una fecha óptima (primera quincena de mayo) para nuestra provincia, los rendimientos promedio variaron entre 1100-1300 kg/ha (Espeche *et al.*, 2014). Sin embargo el riego produjo que todos estos factores contraproducentes para el rendimiento fueran de una escala menor.

En el caso del garbanzo, el ANAVA entre tratamientos arrojó que existen diferencias significativas entre



**Figura 6.** Milímetros (mm) de riego aplicados en ensayo de trigo, en la localidad San Agustín durante la campaña 2019; y mm de agua útil (AU) en 100 cm, para parcelas con riego y en seco.

los tratamientos (Figura 7), conformando un grupo con mayores rindes ambos distanciamientos de riego (105 cm con 830 kg/ha; y el de 130 cm con 816 kg/ha), mientras que en un grupo inferior se ubica el promedio de rendimientos de las parcelas en secano 651 kg/ha). Esto representa incrementos de rendimiento generados por el riego de entre 23,5% y 27,5%.

En este cultivo no se presentaron diferencias significativas de rendimientos entre las muestras tomadas sobre mangueras y aquellas tomadas entre mangueras, presentando entre ambas, para cada distanciamiento, una diferencia menor a 10 kg/ha. Incluso el promedio de las muestras entre mangueras a 130 cm, el más bajo de los cuatro, se diferencia del promedio en secano.

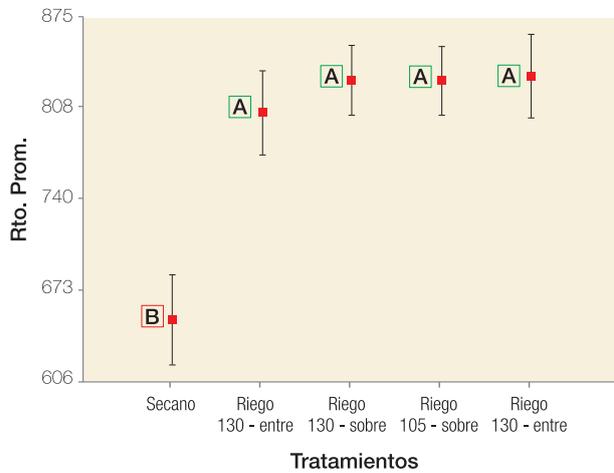
Uno de los componentes de rendimiento que se determinaron fue el número de semillas por metro lineal, para cada una de las seis muestras de cada repetición de

los tratamientos. El ANAVA determinó que en los tratamientos con riego se obtuvo, de manera significativa, una mayor cantidad de semillas por unidad de superficie con respecto al tratamiento de secano (Figura 8).

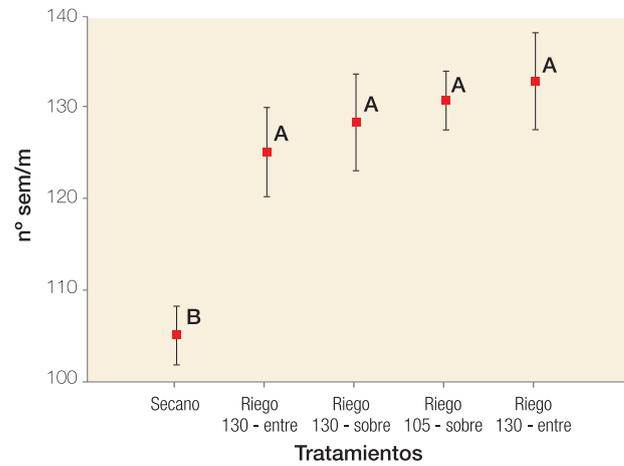
Incluso, entre ambos tratamientos de riego no hubo diferencias significativas, ni tampoco las hubo al discriminar el lugar de donde fue tomada la muestra, quizás por la dispersión de los datos.

El calibre del garbanzo cosechado de las diferentes parcelas de tratamientos, no presentó diferencias. En general, en todos los casos, el calibre fue 7 en el 72% de las muestras; 23% presentaron calibre 8 y el resto, calibre 9.

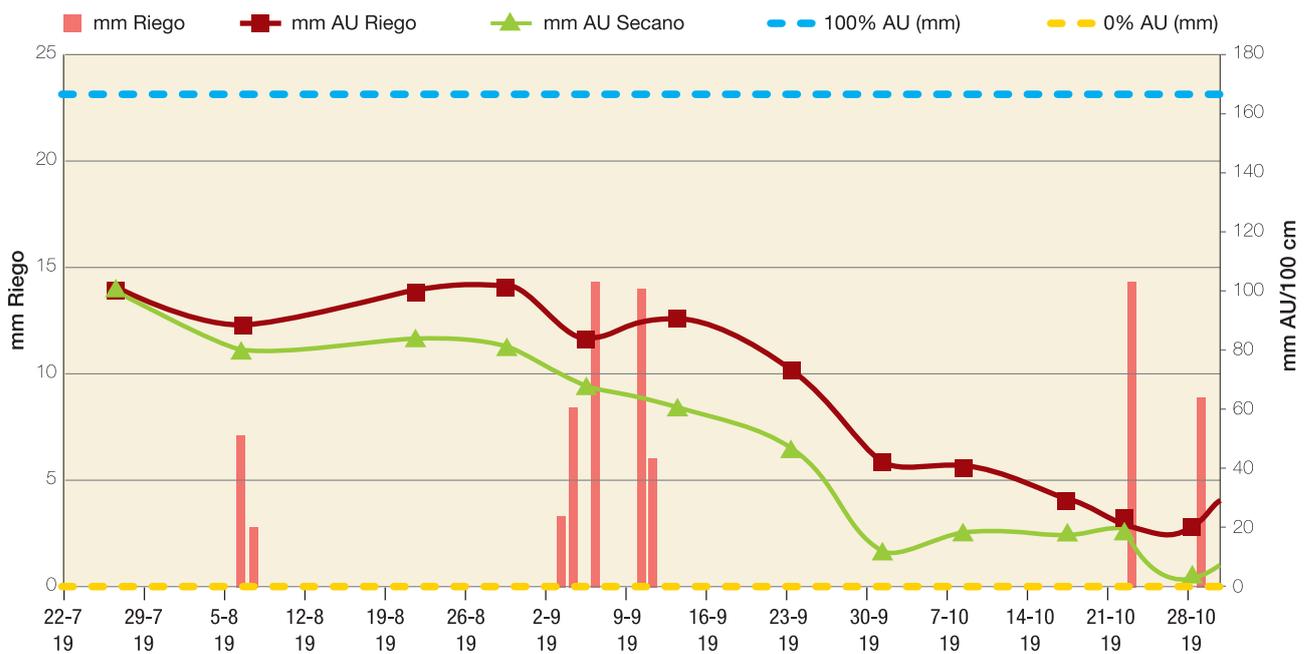
Los tratamientos con garbanzo bajo riego recibieron en promedio 82.5 mm con una distribución del 15%, 55% y 31% para los meses de agosto, setiembre y octubre, respectivamente (Figura 9). El riego generó un



**Figura 7.** Rendimientos promedio de garbanzo y su significancia estadística (LSD, p: 0,05) en ensayo de riego con dos distanciamiento de cinta de riego, de muestras tomadas sobre y entre cintas de riego, durante la campaña 2019, en la localidad de San Agustín, Tucumán.



**Figura 8.** Número de semilla cosechadas de garbanzo por metro lineal y su significancia estadística (LSD, p: 0,05) en ensayo de riego con dos distanciamiento de cinta de riego, de muestras tomadas sobre y entre cintas de riego, durante la campaña 2019, en la localidad de San Agustín, Tucumán.



**Figura 9.** Milímetros (mm) de riego aplicados en ensayo de garbanzo, en la localidad San Agustín durante la campaña 2019, y mm de agua útil (AU) en 100 cm, para parcelas con riego y en seco.

incremento promedio del rendimiento de 172 kg/ha, lo que implica un aumento de 2,1 kg/ha por cada mm de riego aplicado.

**Soja 2019/2020**

Las parcelas con soja fueron sembradas en fecha óptima con una densidad de 16 semillas por metro lineal, utilizándose una variedad indeterminada GM VI con tecnología IPRO. La fecha de R1 en las parcelas con riego (ambos distanciamientos) ocurrió cuatro días antes que en las parcelas de secano, manteniéndose esta diferencia hasta madurez. Como resultado, las parcelas con riego presentaron un ciclo de 109 días, mientras que el ciclo del cultivo en secano fue de 113 días. El aporte total de riego fue de casi 170 mm, aplicados principalmente en los meses de diciembre, febrero y marzo, distribuidos en tres momentos en cada mes. Durante enero solo fue necesario un riego de aproximadamente un 7% del total. El rendimiento promedio más alto se obtuvo por el tratamiento DCR: 130 (Figura 10), sin presentar diferencias significativas con el tratamiento DCR: 105 (-3,5%), pero sí con el tratamiento en secano (-14,5%).

En cuanto a los componentes del rendimiento, no hubo diferencias significativas en cuanto al número de semillas por metro, a pesar de que la diferencia entre el valor promedio mayor (secano) con respecto al menor valor (R: 130) fue del 10% aproximadamente. Donde sí hubo diferencias significativas, explicando en parte los datos de rendimiento ya que presenta igual tendencia, fue en el peso de mil semillas, con valores de 168 g para el tratamiento R: 130; 163 g para R: 105 y 154 g para el caso del secano.

Del resto de los parámetros (Tabla 3) ninguno presentó diferencias significativas con respecto al testigo de secano. De todas maneras, se destaca que el tratamiento R: 130 logró mantener una mayor cantidad de plantas a cosecha, casi 2 pl/m más que en el secano.

En el caso de la altura se observa que es inversamente proporcional a la cantidad de nudos, a pesar de

las pequeñas diferencias entre los tratamientos. Incluso el índice de cosecha, de cual se esperaba que fuera mayor en los tratamientos con riego, se mantuvo constante con respecto al testigo.

El promedio de milímetros aplicados a las parcelas de riego en ambos DCR fue de 167mm a lo largo de todo el ciclo del cultivo, los cuales fueron distribuidos según lo exhibido en la Tabla 4, en base al umbral de riego previamente citado. Estos se dieron en un total de 10 pulsos de riego, de los cuales uno fue en enero, y tres pulsos en cada uno de los meses de diciembre, febrero y marzo.

A la siembra hubo pocos milímetros útiles almacenados en el perfil. A partir de ese registro, los riegos aportados generaron un balance hídrico más favorable para los tratamientos con riego durante prácticamente toda la campaña (Figura 10).

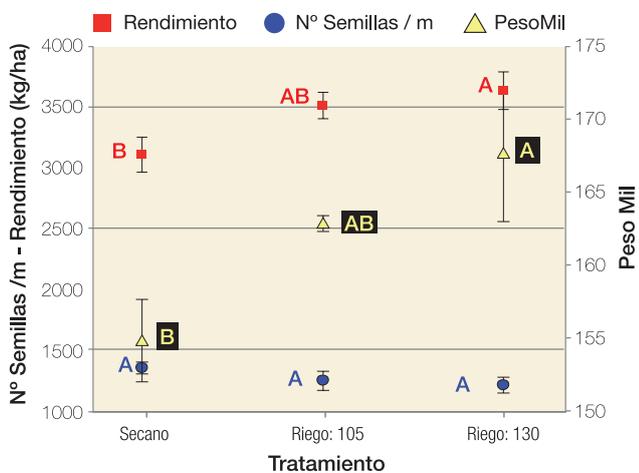
La aplicación del riego en soja generó en promedio para ambos DCR un incremento del rendimiento 462 kg/ha, lo que se traduce en un incremento de 2,77 kg por cada milímetro de agua utilizado.

**Tabla 3.** Valores promedio de plantas por metro lineal (pl/m), altura, número de nudos e índice de cosecha (IC) y su significancia estadística (Test LSD, p<0,05), para tratamientos del ensayo de riego por goteo subterráneo en soja, de la campaña 2019/2020. San Agustín, Monte Redondo.

Tratamiento	pl/m	Altura (cm)	Nº nudos	IC
Riego:130	17,9 A	91 A	16,7 A	47% A
Riego:105	16,5 A	88 A	17,2 A	48% A
Secano	16,0 A	86 A	17,3 A	47% A

**Tabla 4.** Distribución de los volúmenes de riego por goteo para dos distanciamientos de mangueras subterránea, en un ensayo de soja en San Agustín, Tucumán, durante la campaña 2019/2020.

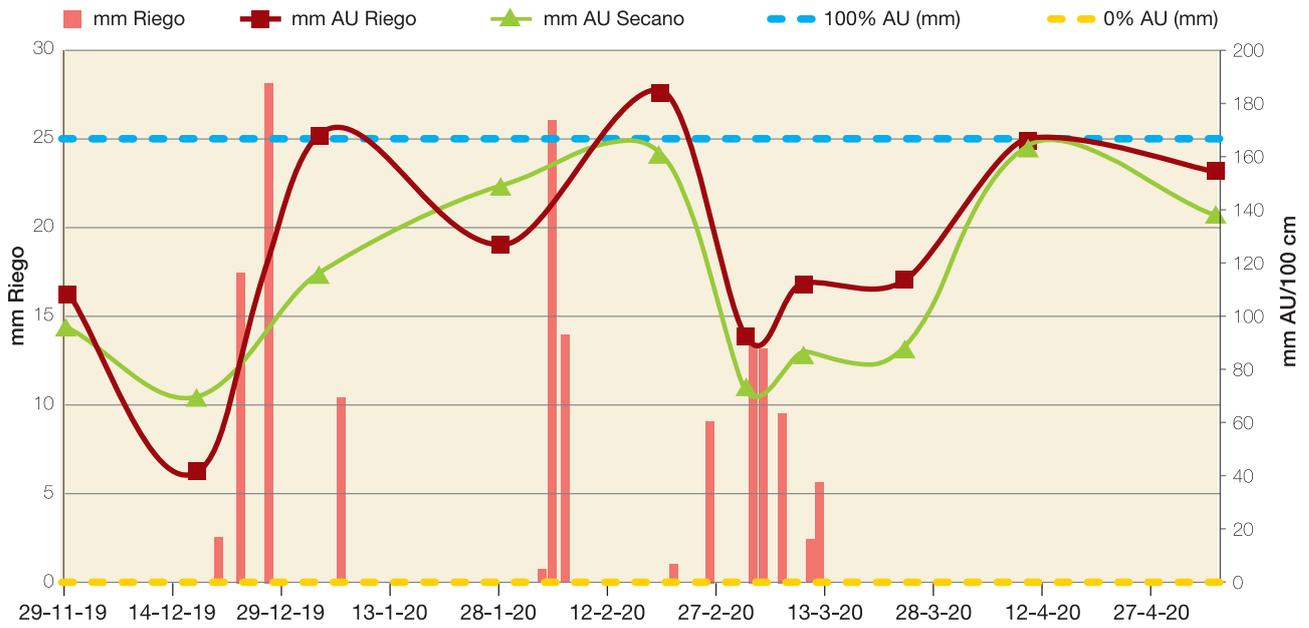
Tratamiento	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	Mar 2020	Total (mm)
<b>R:105</b>	32%	6%	31%	30%	<b>162</b>
<b>R:130</b>	37%	7%	35%	21%	<b>171</b>



**Figura 10.** Valores promedio de rendimiento de soja y sus componentes del ensayo de riego por goteo subterráneo. Letras distintas indican diferencias significativas (Test LSD, p<0,05) para cada parámetro. San Agustín, Tucumán. Campaña 2019/2020.

**Maíz 2019/2020**

Las parcelas con maíz fueron sembradas en fecha de estación para nuestra región con un híbrido templado con tecnología Leptra, con una densidad aproximada de 58.000 pl/ha. El total de riego aplicado en ambos DCR fue en promedio de 148mm, en 10 pulsos para el tratamiento R: 130 y en 11 pulsos para las parcelas con R: 105 (Tabla 5). Además de la fertilización de base al voleo para todo el ensayo, se aplicó Nitrógeno a través de fertirriego (85 kg/N<sub>2</sub>/ha en total) en tres de estos pulsos a las parcelas regadas, distribuyéndose un 14% cercano a la siembra, un 41% a fines de febrero y un 45% a mediados de marzo. Tanto los tratamientos regados como el de secano presentaron fenología similar entre sí, y en cuanto a rendimientos no mostraron diferencias significativas. El tratamiento de secano y R: 130 lograron aproximadamente 8500 kg/ha, mientras que el DCR a R: 105 tuvo un rinde promedio cercano a los 8000 kg. Se observó una amplia dispersión de



**Figura 11.** Milímetros (mm) de riego aplicados y mm de agua útil (AU) almacenados en los 100 cm superficiales en tratamientos con riego y en secano, en cultivo de soja. Campaña 2019/2020. San Agustín, Tucumán.

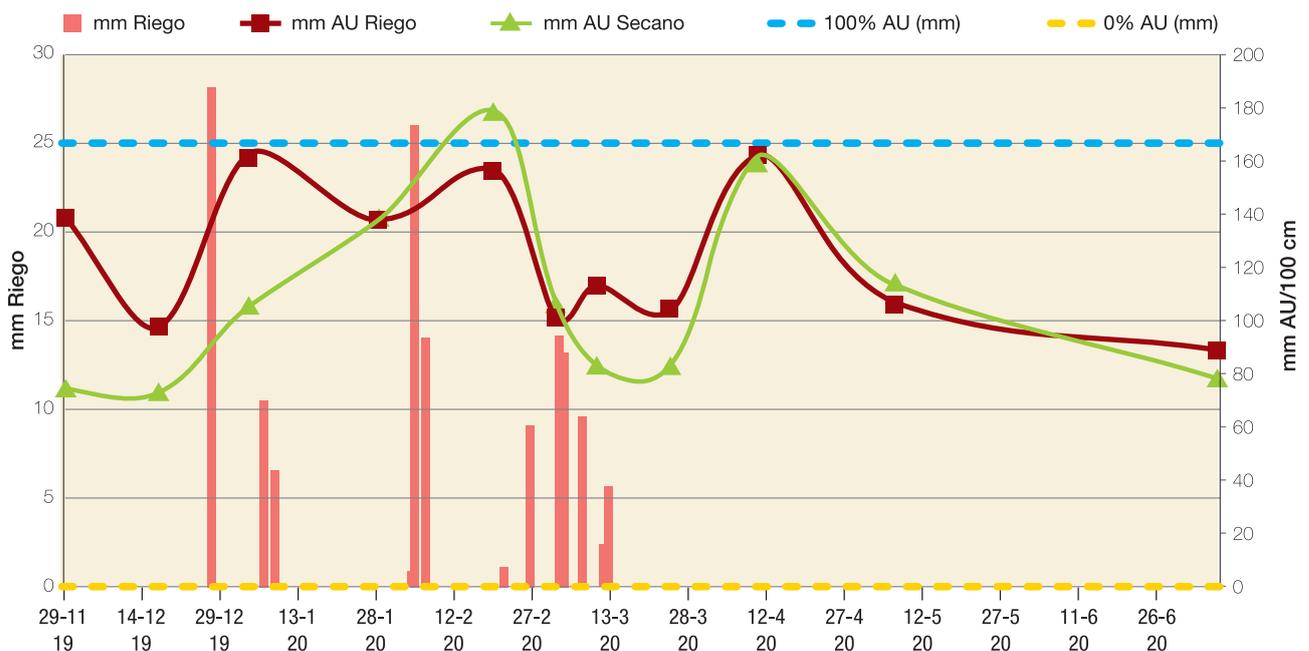
**Tabla 5.** Distribución de los volúmenes de riego por goteo para dos distanciamientos de mangueras subterráneas, en un ensayo de maíz en San Agustín, Tucumán, durante la campaña 2019/2020.

Tratamiento	Dic 2019	Ene 2020	Feb 2020	Mar 2020	Total (mm)
R:105	19%	12%	35%	34%	150
R:130	23%	14%	40%	24%	145

rio que presentó el cultivo a partir de etapas reproductivas, por su marcada sensibilidad a enfermedades de caña y micoplasmas. Estos patógenos afectaron la translocación de agua y foto asimilados, lo que se tradujo en espigas que no terminaron el crecimiento y por ende, menores rendimientos que los potenciales.

Los tratamientos con maíz bajo riego recibieron en promedio 147 mm. A la siembra (07/1/20) hubo una buena cantidad de agua útil almacenada en el perfil, tanto en los tratamientos regados como en secano. Los milímetros aportados con el riego generaron un perfil hídrico más favorable durante toda la campaña al compararlo con secano (Figura 12).

estos datos (C.V.= 16,1%), desde valores de 7000 hasta 10500 kg/ha, lo cual podría deberse al débil estado sanita-



**Figura 12.** Milímetros (mm) de riego aplicado y mm de agua útil (AU) almacenados en los 100 cm superficiales en tratamientos con riego y en secano, en cultivo de maíz 2019-2020. San Agustín, Tucumán.

Debe mencionarse que si bien no hubo diferencias a favor del riego debido a la presión de enfermedades, estos rindes son muy buenos para la región; pero al afectar en mayor medida a las parcelas regadas, estimamos que si la enfermedad no se hubiera presentado con tan alta intensidad, el rendimiento de las parcelas con riego hubiera sido mayor que el de secano.

## CONCLUSIONES

En cuanto a soja y maíz sembrados en fecha convencional para secano en la campaña 2018/2019, no fue necesario el riego. Sin embargo se debe continuar con las evaluaciones con fechas de siembra más tempranas (posibles con riego) para favorecer el potencial de rendimiento y permitir que la secuencia de los cultivos invernales siguientes sea implantada en fecha óptima.

El riego en el cultivo del trigo generó, en su primer ciclo de evaluación, un aumento de rendimiento del 145%, valor similar a lo logrado en evaluaciones en la zona núcleo, descriptas en el inicio de este artículo. Es importante mencionar que este incremento se logró en una fecha de siembra tardía para la zona, lo que demostraría la flexibilidad en este aspecto que otorga el riego para este cultivo, e incluso la capacidad del cultivo de lograr rindes aún más altos que los de lotes de trigo sembrados en fecha óptima en secano. Tomando los valores absolutos de rendimiento en trigo con riego (desde 1500 a 3000 kg/ha) en una campaña marcada por fechas tardías y heladas, y comparándolos con los picos de rindes promedios para Tucumán de trigo en secano (cerca a las 2 t/ha), se estima que en una campaña con mejores condiciones (fechas de siembra óptima y sin heladas), el trigo bajo riego podría duplicar la producción del trigo en secano.

Continuando con el ensayo de trigo, no se observaron diferencias en los rendimientos entre ambos DCR, lo que indicaría que podría disminuirse la inversión inicial del sistema de riego, con un mayor DCR. Sí hubo una gran diferencia entre las muestras extraídas de sobre las mangueras y de entre las mangueras, en ambos DCR.

En garbanzo, el riego también generó incrementos de rendimientos del orden del 26%, lo cual representa un valor interesante ya que también fue obtenido en una fecha de siembra tardía para este cultivo. Este incremento se explica por el aumento del número de granos por superficie, lo que debería redireccionarse a futuro en búsqueda de un mayor calibre de granos (por fertilización, momento de regado, etc.), el cual sí tiene un precio diferencial. Dentro de las parcelas regadas no se observaron diferencias de rendimientos entre ambos DCR ni entre las muestras tomadas sobre y entre las mangueras. El valor de la ganancia de kg/ha por milímetro de riego aplicado es alentador, ya que podría estimarse que con pocos milímetros podrían duplicarse los rendimientos promedio de la provincia.

En la siguiente campaña estival la soja sí precisó del riego, y las parcelas regadas obtuvieron un mejor rendimiento con respecto al secano, diferenciándose el DCR a 130 cm. Esto podría indicar alguna disminución del rendimiento en el DCR a 105 cm por saturación del perfil. Este incremento del rendimiento podría en parte ser explicado por un aumento en el peso de mil granos, ya

que los demás componentes y subcomponentes del rendimiento analizados, si bien tuvieron alguna tendencia, no presentaron diferencias significativas. En el caso del maíz de la campaña 2019/2020, los datos no son útiles para ser analizados, al haber sido el cultivo fuertemente afectado por problemas sanitarios que afectaron la translocación. La cuestión sanitaria en general, en este y en los demás cultivos, debe ser analizada campaña tras campaña a fin de disminuir al mínimo este factor negativo.

En cuanto a los cultivos estivales, deben continuarse las evaluaciones con fechas de siembra más tempranas (posibles con riego), para favorecer el máximo potencial de rendimiento. Se debe también permitir que la secuencia de los cultivos invernales siguientes sea implantada en fecha óptima, y continuar en la búsqueda de materiales mejor adaptados al riego.

Un análisis importante que debería realizarse a futuro sobre este sistema de cultivos de granos es el de la rentabilidad, a mediano y largo plazo (más de tres campañas), tanto de la instalación como del posterior uso del sistema de riego por goteo subterráneo (rentabilidad del milímetro aplicado).

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agritotal. 2012.** Los cultivos se asoman al riego subterráneo. [En línea] Disponible en [https://www.agritotal.com/nota/los-cultivos-se-asoman-al-riego-subterráneo/\(consultado: 15 de diciembre de 2020\)](https://www.agritotal.com/nota/los-cultivos-se-asoman-al-riego-subterráneo/(consultado: 15 de diciembre de 2020)).
- Camp, C. R. 1998.** Subsurface drip irrigation: A review. *Trans. ASAE* 41(5):1353-1367.
- Devani, M. R.; F. Ledesma; J. R. Sánchez; M. Escobar; D. Gamboa; A. Casmuz; G. Robledo; C. Rocha; V. González y D. Pérez. 2019.** Red de evaluación de cultivares de soja para el noroeste argentino: Resultados de la campaña 2018/2019. En: *El cultivo de la soja en el noroeste Argentino. Campaña 2018/2019. Publicación Especial EEAOC 60*, pp. 1-19. ISSN 2250-7906.
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. González; M. Tablada M y C. W. Robledo. 2009.** InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Espeche, C. M.; O. N. Vizgarra; S. Y. Mamaní Gonzáles y L. D. Ploper. 2014.** Efecto de la fecha de siembra en el comportamiento del cultivo de garbanzo en la provincia de Tucumán. En: *El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Publicación Especial EEAOC 48*. ISSN: 0328-7300.
- Espíndola, C. y M. Paytas. 2014.** Rendimiento y calidad sacarina en dos variedades de caña de azúcar con variaciones en la disponibilidad hídrica del suelo. *EEA INTA Reconquista. Santa Fe*. [En línea] Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_rendimiento\\_calidad\\_sacarina\\_variedades\\_de\\_caa\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_rendimiento_calidad_sacarina_variedades_de_caa_.pdf) (consultado: 15 de diciembre de 2020).
- Infocampo, 2017.** El riego por goteo subterráneo sorprende por sus altos rendimientos en Córdoba. [En línea] Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/el-riego-por-goteo-subterráneo-sorprende-por-sus-altos-rendimientos-en-cordoba/> (consultado: 25 de noviembre de 2020).

- Lamelas, C. M.; J. D. Forciniti y C. Funes. 2006.** Enfoque agroclimático del cultivo de la soja en el noroeste Argentino. En: Producción de soja en el noroeste Argentino. pp. 25-48. ISBN: 987-21283-1-6.
- Lamm, F. 2014.** Fundamental SDI design characteristics dripline selection. En: 4ª Reunión Internacional de Riego. Uso eficiente del agua para riego. EEA INTA Manfredi. Córdoba. [En línea] Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_dripline\\_inside\\_diameter.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_dripline_inside_diameter.pdf) (consultado: 10 de diciembre 2020).
- Lamm, F.; P. D. Colaizzi; J. P. Bordovsky; T. P. Trooien; J. E. Medina; D. O. Porter; D. H. Rogers and D. M. O'Brien. 2014.** Can Subsurface Drip Irrigation (SDI) be a Competitive Irrigation System in the Great Plains Region for Commodity Crops. En: 4ª Reunión Internacional de Riego. Uso eficiente del agua para riego. EEA INTA Manfredi. Córdoba. [En línea] Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_can\\_subsurface\\_drip\\_irrigation\\_be\\_a\\_competitive\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_can_subsurface_drip_irrigation_be_a_competitive_.pdf) (consultado: 10 de Diciembre 2020).
- Lamm, F. & D. Rogers. 2017.** Longevity and Performance of a Subsurface Drip Irrigation System. Transactions of the ASABE. 60. 931-939. 10.13031/trans.12237.
- Ledesma, F.; J. R. Sánchez; D. Moa; J. P. Nemeć y M.R. Devani. 2011.** Análisis de datos de rendimientos obtenidos de la red de macroparcels de soja de la campaña 2010/2011. En: El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. Campaña 2010/2011. Publicación Especial EEAOC 43, pp. 55-69. ISSN: 0328-7300.
- Ledesma, F.; J. R. Sánchez; D. Moa; J. P. Nemeć y M. R. Devani. 2012.** Análisis de datos de rendimientos obtenidos de la red de macroparcels de soja de la campaña 2011/2012. En: El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. Campaña 2011/2012. Publicación Especial EEAOC N° 45, pp. 45-99. ISSN: 0328-7300.
- Ledesma, F.; J. R. Sánchez; J.P. Nemeć; M. R. Devani y L. López. 2013.** Análisis de datos de rendimientos obtenidos de la red de macroparcels de soja de la campaña 2012/2013. En: El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. Publicación Especial EEAOC 47, pp. 49-63. ISSN: 0328-7300.
- Montpellier, J. C. M. I. 2014.** Subsurface Drip Irrigation: A French evaluation based on field experiments and on farmer's point views. En: 4ª Reunión Internacional de Riego. Uso eficiente del agua para riego. EEA INTA Manfredi. Córdoba. [En Línea] Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_a\\_french\\_evaluation\\_based\\_on\\_field\\_experiments\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_a_french_evaluation_based_on_field_experiments_.pdf) (consultado: 25 de noviembre de 2020).
- Pérez, D.; V. Paredes; G. Rodríguez; M. Devani y F. Ledesma. 2019.** Resultado productivo y económico del cultivo de la soja en Tucumán en la campaña 2018/2019. Reporte agroindustrial EEAOC. Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. Las Talitas. Tucumán. ISSN: 2346-9102. [En Línea] Disponible en: <https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=resultados-productivos-y-economicos-del-cultivo-de-soja-en-tucuman-en-la-campana-2018-19> (consultado: 22 de diciembre de 2020).
- Reginatto, J.; M. Toscano; R. Castro y J.J. Carreras. 2016.** En: El cultivo de garbanzo en Argentina. Carreras, J.; V. Mazzuferi y M. Karlin (eds.). 1ª Ed. Córdoba. Universidad Nacional de Córdoba, 2016.
- Rovati, A.; C. Prado; E. Escobar, C. M. Espeche y O. N. Vizgarra. 2014.** Efecto de la fecha de siembra sobre el calibre y peso de grano en el cultivo de garbanzo. En: El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Publicación Especial EEAOC 48. Marzo 2014. ISSN: 0328-7300.
- Salinas, A. I.; I. Severina; J. P. Giubergia; M. N. Boccardo y F. Aimar. 2014.** Distancia de laterales de riego por goteo subterráneo en el cultivo de trigo. Informe técnico. EEA INTA Manfredi. Córdoba. [En Línea] Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_trigo\\_-\\_riego\\_por\\_goteo\\_subterraneo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trigo_-_riego_por_goteo_subterraneo.pdf). (consultado: 15 de noviembre de 2020).
- Severina, I. 2014.** El riego por goteo subterráneo y sus primeras experiencias en siembra directa para la región central de Córdoba. Dinámica del agua en el suelo y productividad de los cultivos. 4ª Reunión internacional de riego. Uso eficiente del agua para riego. EEA INTA Manfredi. Córdoba. [En línea] Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_uso\\_efeiciente\\_del\\_agua\\_para\\_riego\\_-\\_severina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_uso_efeiciente_del_agua_para_riego_-_severina.pdf) (consultado: 15 de diciembre de 2020).
- Severina, I.; M. N. Boccardo; F. Aimar; J. P. Giubergia; R. J. Haro Juárez y A. I. Salinas. 2018.** Distanciamiento entre líneas de riego por goteo subterráneo: efecto sobre el crecimiento del cultivo de trigo en la región centro de Córdoba. Cartilla digital. EEA INTA Manfredi. Córdoba. ISSN 1851-7994. [En Línea] Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_biblioteca\\_cartilla\\_digital\\_18\\_07\\_distanciamiento\\_entre\\_lineas\\_de\\_riego\\_por\\_goteo\\_subterraneo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_biblioteca_cartilla_digital_18_07_distanciamiento_entre_lineas_de_riego_por_goteo_subterraneo.pdf) (consultado: 29 de noviembre de 2020).
- Sosa, F. A.; R. Correa; A. Sanzano y E. Romero. 2018.** Manejo del riego por goteo y la fertirrigación nitrogenada en caña de azúcar. En: 6º Reunión Internacional de Riego. Uso eficiente del agua para riego. EEA INTA Manfredi. Córdoba. En [Línea] Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_libro\\_6\\_reunion\\_internacional\\_de\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_libro_6_reunion_internacional_de_riego.pdf) (consultado: 23 de noviembre de 2020).
- Toledo, R. E. 2016.** Ecofisiología del garbanzo. En: El cultivo de garbanzo en Argentina. J. Carreras; V. Mazzuferi y M. Karlin (eds.) 1ª Ed.-Córdoba. Universidad Nacional de Córdoba, 2016.
- Varela, P. 2017.** Análisis del impacto del riego por goteo subterráneo para maíz en el Valle Bonaerense del Río Colorado. Informe técnico (53). EEA INTA Hilario Ascasubi. Buenos Aires. ISSN 0328-3399. [En Línea] Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/analisis-del-impacto-del-riego-por-goteo-subterraneo-para-maiz-en-el-valle-bonaerense-del-rio-colorado> (consultado: 15 de diciembre de 2020).
- Zadoks, J. C.; T. T. Chang & C. F. Konzak. 1974.** A decimal code for the growth stages of cereals. Weeds Res. 14: 415.
- Zuccardi, R. B. & G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. Publ. Misc. FAZ-UNT 86.