

Ing. Agr. (M Sc.) Luque S.¹;
Ing. Agr. (M Sc.) Cantarero M.¹;
Ing. Agr. Visentini S.².

1- Facultad Ciencias
Agropecuarias, UNC,
2- Establecimiento El Taco,
Grupo Río Seco.

“Este trabajo se realizó en el marco
del convenio de cooperación
y desarrollo suscripto entre la
Facultad de Ciencias Agropecuarias
UNC y el Grupo Río Seco”.

Palabras Claves:

Garbanzo; Momentos
de aplicación del riego;
Productividad.

Productividad y rendimiento de garbanzo en el norte de Córdoba en respuesta a diferentes estrategias de manejo del agua de riego

¿Cómo aprovechar al maximizar la eficiencia en el uso del
agua en este cultivo a través del diseño de estrategias de
aplicación de riego en momentos específicos?

Introducción

La región centro y norte de la provincia de Córdoba posee un clima semiárido y altamente estacional, con precipitaciones de entre 400 y 900 milímetros anuales, concentradas principalmente en verano. Los cultivos invernales, tienen como principal característica que crecen y maduran en un ambiente donde la deficiencia de agua avanza progresivamente en la estación de crecimiento - debido a la escasez e irregularidad de las precipitaciones en época invernal -, por lo que el rendimiento dependerá casi con exclusividad del agua almacenada en el perfil del suelo al momento de la siembra (Abbate y Cantarero, 2001; Martellotto et al., 2005). Esta situación hace del riego suplementario una tecnología de gran interés para muchos productores.

Según Dardanelli *et al.* (1997), durante los períodos de sequía, la capacidad de un cultivo para absorber agua del suelo depende de la uniformidad y profundidad del sistema radical, mientras que la magnitud del estrés depende del balance entre el suministro de agua desde el perfil explorado por las raíces y la demanda atmosférica. La profundidad que pueda ser explorada por las raíces estará condicionada tanto por las características del perfil a explorar por las raíces como por la especie en cuestión. En este sentido, los suelos de la región norte de Córdoba en general no presentan limitantes en profundidad que restrinjan la exploración radical, por lo que la profundidad que alcancen las raíces dependerá en gran medida de la especie y de las condiciones de crecimiento durante el ciclo. Reportes previos muestran que el cultivo de garbanzo posee una alta velocidad de avance del frente radical y una alta capacidad de profundización en el perfil. Ambas propiedades son similares en trigo pero, a diferencia de éste, la tasa de extracción diaria de agua del garbanzo es menor (Cantarero *et al.*, 2012), lo que constituye una estrategia de diferimiento del consumo de este recurso hacia los estadios fenológicos más sensibles.

Estas características le permiten al garbanzo hacer un uso más eficiente del agua a lo largo del ciclo del cultivo y podrían ser empleadas para diseñar estrategias de manejo del agua que, basadas en la aplicación de riego en momentos específicos, permitan alcanzar la mayor productividad del recurso. Para evaluar este objetivo, se diseñó un experimento en el que los tratamientos analizados consistieron en modificar los momentos de aplicación del agua de riego, mientras que la cantidad de agua aplicada en cada tratamiento, se ajustó de modo de obtener condiciones hídricas no limitantes para el cultivo. El experimento

se realizó a campo y fue conducido con la tecnología habitualmente empleada por el productor. Bajo las diferentes estrategias de suministro de agua de riego, se realizaron evaluaciones para: i) evaluar la eficiencia de captura de recursos, agua y luz; ii) evaluar la dinámica de generación de raíces y iii) caracterizar la producción de biomasa y su partición a estructuras reproductivas.

Material y Métodos

El experimento se realizó en el establecimiento El Taco (30° 31' 40,21" S y 63° 49' 1,47" O), situado 105 km al norte de la ciudad de Córdoba sobre un suelo Haplustol Entico, de textura franco-arenosa. El cultivar *Norteño* se sembró el 28 de mayo de 2013 con sembradora neumática. El cultivo antecesor fue soja. El experimento se mantuvo libre de malezas, plagas y enfermedades mediante la aplicación de los tratamientos fitosanitarios que habitualmente se emplean en el establecimiento. Los cinco tratamientos se describen en Tabla 1.

Los riegos se aplicaron con un sistema de pivot central. Cada tratamiento ocupó la superficie de un arco de círculo, con un perímetro externo de 150 m. En cada tratamiento se establecieron dos parcelas para realizar todas las determinaciones y muestreos.

El contenido inicial de agua se obtuvo por gravimetría hasta los dos metros de profundidad al momento de la siembra. Posteriormente, cada ± 20 días, se midió la variación del contenido de agua útil en el perfil del suelo hasta 1,8 metros de profundidad con sonda de neutrones. La profundidad de enraizamiento (PE) quedó establecida por la profundidad de la última capa de suelo que mostró un agotamiento de agua entre dos muestreos.

En el mismo momento de las determinaciones con sonda, se tomaron muestras de plantas de una superficie de 0,8 m² para determinar la producción de materia seca vegetativa y reproductiva durante el ciclo del cultivo.

Se estimó asimismo la evolución de la fracción de radiación interceptada durante el ciclo del cultivo a partir de mediciones de interceptación de luz, efectuadas en los mismos momentos de muestreo, empleando un sensor lineal. El valor de radiación interceptada en cada momento de medición se definió como $f_i = 1 - (R_0/R_i)$, donde f_i es la fracción de luz interceptada por el cultivo, R_0 es la cantidad de radiación que llega al

Descripción de los tratamientos evaluados, momentos de aplicación del riego y condición hídrica de cada tratamiento.

Trat.	Momento de aplicación de riego	Condición hídrica
Vegetativo	Período vegetativo (desde siembra hasta inicio de floración)	150 mm de agua útil en pre siembra \pm 150 mm de riego.
Floración	Desde inicio de floración hasta inicio de crecimiento lineal de cascabullos (R3, 120 días desde emergencia)	150 mm de agua útil en pre siembra \pm 150 mm de riego.
Llenado	Desde inicio de crecimiento del grano hasta madurez fisiológica	150 mm de agua útil en pre siembra \pm 150 mm de riego.
A demanda	Durante todo el ciclo	Riegos según demanda del cultivo establecida por balance.
CC	Pre-siembra	Capacidad de campo (297 mm) sin riego posterior.

Tabla 1

suelo después de pasar por la canopia del cultivo y *Ries* la cantidad de luz que llega a la superficie del cultivo.

El rendimiento en grano se determinó mediante la cosecha manual de todas las plantas en una superficie de 1 m² en cada parcela. El material cosechado se secó en estufa hasta peso constante, se trilló a mano y se pesó.

Resultados y discusión

Duración del ciclo del cultivo.

La duración del ciclo del cultivo varió entre tratamientos y fue notablemente menor en los tratamientos "CC" y "Vegetativo" que en el resto de los tratamientos (Tabla 2).

Duración del ciclo desde emergencia (DDE) para un cultivo de garbanzo sembrado en diferentes condiciones hídricas iniciales y diferentes estrategias de riego.

Tratamiento	DDE (días)
CC	147
Vegetativo	147
Floración	159
Llenado	159
A demanda	158

Tabla 2

Durante el transcurso de la experiencia se produjo sólo un evento de lluvia de 20 mm, a los 148 días desde la siembra. La falta de precipitaciones en el tratamiento "CC" generó una condición de sequía progresiva en la estación, que determinó el acortamiento de la duración del ciclo, independientemente del buen perfil hídrico que este

tratamiento presentaba a la siembra. Por otra parte, la aplicación agua a través de riegos tempranos (tratamiento "Vegetativo") tampoco mostró ser una alternativa que impida el acortamiento del ciclo. Una buena oferta hídrica al inicio del cultivo pudo favorecer el consumo temprano de agua agotando las reservas para estados más avanzados. En la región, son frecuentes los largos períodos invernales sin el aporte de agua de lluvia, y es además poco probable que los barbechos otoñales logren una significativa recarga del perfil. Por lo tanto, aún bajo muy buenas condiciones iniciales, la dependencia de lluvias posteriores es muy alta, lo que implicaría un fuerte nivel de incertidumbre para los cultivos conducidos en seco.

Captura de radiación

La intercepción de radiación durante el ciclo del cultivo se modificó tanto por la condición hídrica inicial como por la estrategia de riego (Figura 1). La mayor disponibilidad de agua inicial en los tratamientos "CC" y "Vegetativo" favoreció la rápida expansión foliar, permitiendo al cultivo alcanzar niveles óptimos de cobertura. Sin embargo, la ausencia de aportes de agua posteriores provocó una senescencia anticipada de las hojas. Los tratamientos con alta disponibilidad de agua en estados avanzados del ciclo, pudieron sostener mayores niveles de intercepción, hasta la madurez. Por su parte, los riegos tardíos no producen altos niveles de cobertura debido a que durante el llenado de los granos no hay generación de nueva área foliar, por lo que si este componente se compromete al inicio del ciclo ya no podrá recuperarse, aún con aportes de agua posteriores.

Captura de agua desde el suelo

El crecimiento de los órganos y el mantenimiento de su actividad fotosintética dependen de la cantidad de agua disponible para las plantas y la capacidad de estas para capturarla, lo que está condicionado, entre otras cosas, por la exploración del suelo a través de las raíces. En esta experiencia se observó que el crecimiento radical estuvo limitado según la disponibilidad de agua al inicio del cultivo. A modo de ejemplo, y para resaltar las diferencias, en la Figura 2 se muestra el patrón de enraizamiento de los tratamientos "CC" y de "Riego en Llenado". Cada

Evolución de la intercepción de la radiación durante el ciclo para un cultivo de garbanzo.

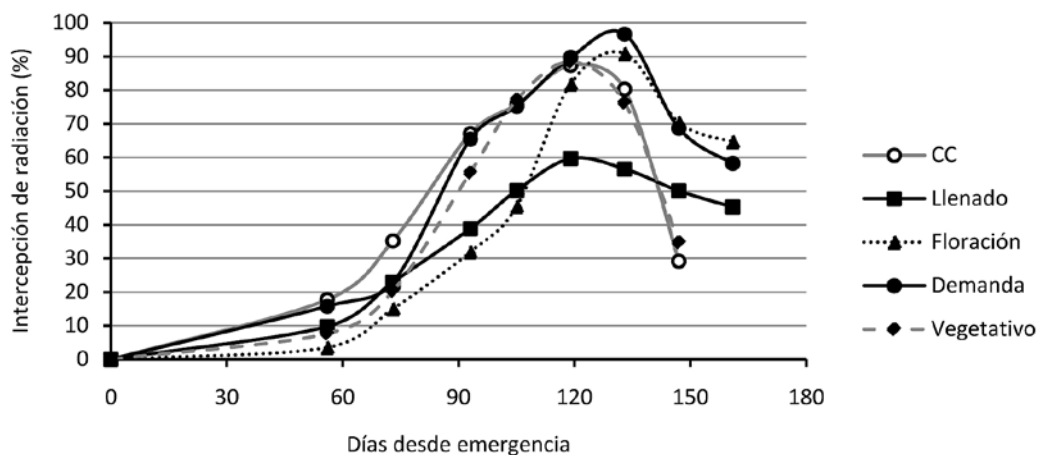


Figura 1

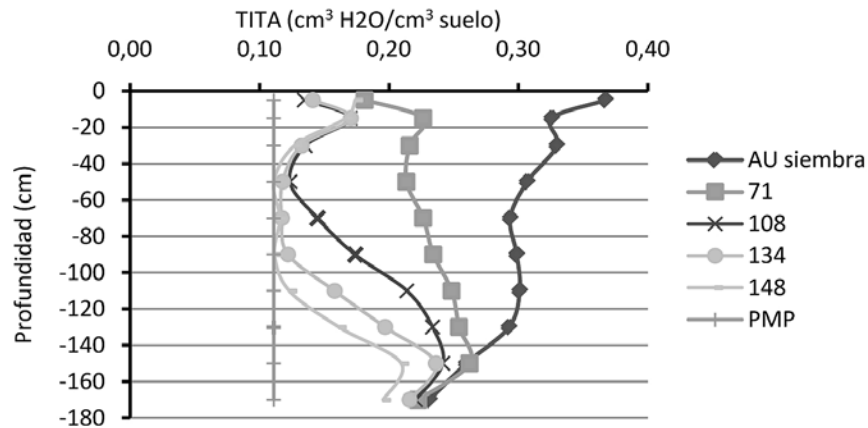
curva indica el contenido de agua del perfil para cada momento de muestreo, desde la emergencia del cultivo. La diferencia entre dos puntos de igual profundidad indica el consumo de agua en esa capa, entre una fecha y la siguiente. El cultivo sembrado en muy buenas condiciones hídricas iniciales (tratamiento "CC"), pudo desarrollar rápidamente un sistema radical profundo (+150 cm de profundidad). Esto significa que el cultivo tiene una gran capacidad para profundizar y absorber el agua almacenada en el suelo. En cambio, un cultivo sembrado con el 50% del agua útil máxima almacenada en el perfil ("Riego en llenado"), ve limitada su capacidad de profundizar – con su sistema radical - en el mismo, atravesándolo muy lentamente. De esta forma, disminuye la cantidad de agua que el cultivo es capaz de absorber, debido a un gran volumen de suelo no explorado. Esto aumenta su dependencia de los riegos o las precipitaciones y lo vuelve más susceptible a la sequía. Contar con una óptima recarga del perfil antes de la siembra permite una mayor exploración radical, y en consecuencia, una mayor posibilidad de capturar agua y de tolerar por más tiempo la falta de precipitaciones.

Producción de materia seca y rendimiento

La producción de biomasa mostró patrones diferentes en cada tratamiento y reflejó de forma clara el impacto de cada uno de ellos. Los tratamientos de "Riego en floración" y "A demanda" produjeron los mayores valores de biomasa, mientras que el tratamiento de "Riego en llenado" fue aquel que menos biomasa produjo (Figura 3). El estrés hídrico sobre las plantas limita la expansión de los órganos. Así, para el tratamiento de "Riego en llenado", la baja disponibilidad de agua al inicio del ciclo del cultivo limitó la expansión de hojas y raíces, lo que provocó bajos niveles de interceptación de luz y de crecimiento radical, que no pudieron revertirse con la aplicación de riegos posteriores (durante el llenado de los granos). Esta situación es frecuente en la región norte de Córdoba. Ante una escasa acumulación de agua en el perfil durante el barbecho otoñal, el cultivo no desarrolla una cobertura que le permita capitalizar las precipitaciones que pudieran ocurrir en la primavera. Sin embargo, es importante aclarar que la adecuada

Patrón de profundización radical en los tratamientos: a- CC (secano) y b- Riego en llenado.

2. a



2. b

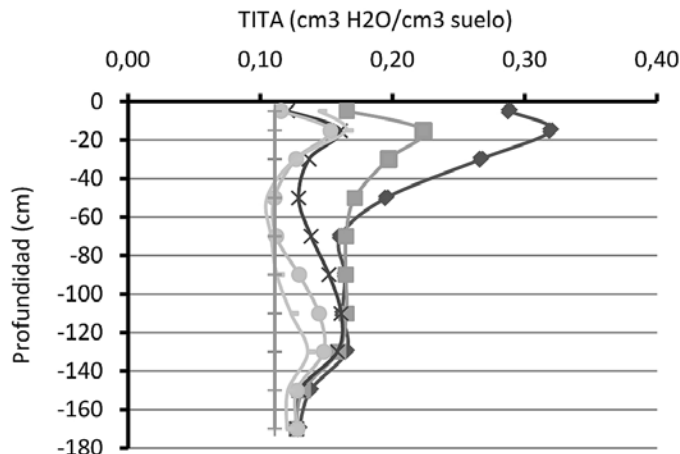


Figura 2

recarga del perfil durante el barbecho tampoco garantiza altas producciones de biomasa, cuando por falta de lluvias tardías no se logran sostener altos niveles de intercepción de luz durante las etapas finales del cultivo (Figuras 1 y 3).

El incremento en la producción de biomasa, como consecuencia de una mejor condición hídrica, no sólo se asoció positivamente con un mayor rendimiento (Figura 4) sino también, con un aumento en la

partición de materia seca a grano, es decir con un mayor índice de cosecha. El índice de cosecha es la relación entre el rendimiento en grano y la materia seca total producida. En este experimento, dicho índice aumentó de 0,39 a 0,47, lo que significó un incremento del 17%. Por lo tanto, la obtención de altos rendimientos se asociará con la posibilidad de aumentar la producción de biomasa del cultivo y esto su vez, dependerá del mantenimiento de altos niveles de captura de luz y de agua, durante todo el ciclo.

Producción de materia seca total.

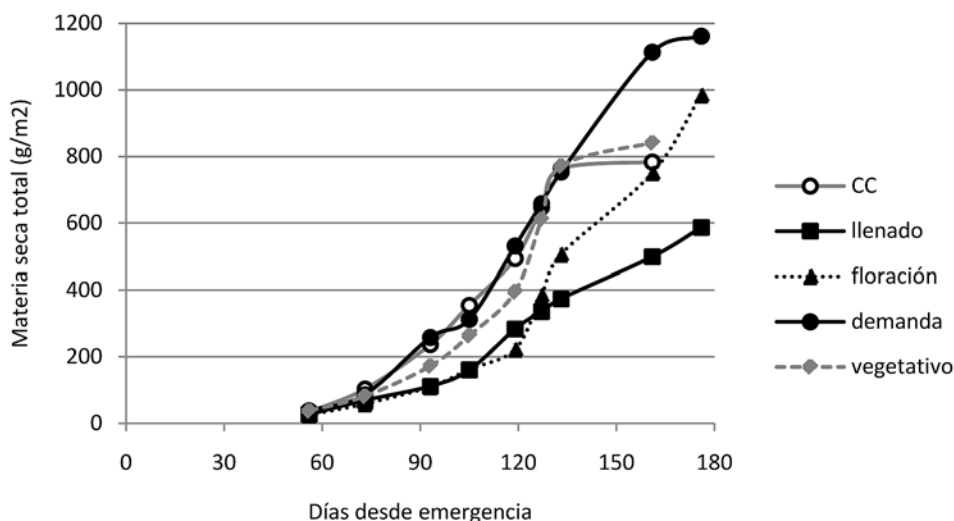


Figura 3

Rendimiento en función de la materia seca total producida en cada tratamiento.

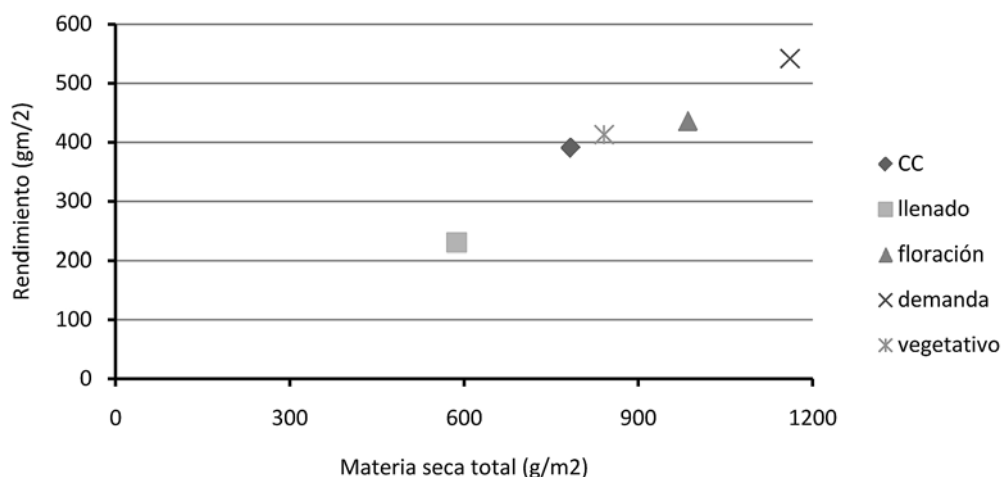


Figura 4

Conclusiones

Para las condiciones de este ensayo, podemos concluir:

- El limitado aporte de agua durante la estación de crecimiento, acortó el ciclo del cultivo.
- El nivel de intercepción de luz que alcance el cultivo estará condicionado por la cantidad de agua disponible. Un déficit hídrico al inicio del ciclo limitará de forma irreversible la captura de luz.
- La cantidad de agua disponible para el cultivo al inicio del ciclo afectará la capacidad de exploración del perfil del suelo por parte de las raíces. La eficiencia del barbecho junto a la correcta planificación de los riegos, serán fundamentales para optimizar el rendimiento.
- La cantidad de materia seca producida dependerá de la capacidad del cultivo para alcanzar altos niveles de intercepción de luz y para mantener dicho nivel por el mayor tiempo posible.
- El aumento del rendimiento estará asociado a aumentos en la producción de materia seca.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a los productores integrantes del Grupo Río Seco, a los propietarios del establecimiento El Taco, y especialmente a los ingenieros agrónomos Cintia Valenta y Pablo Solfanelli por el apoyo, participación y compromiso durante las experiencias.

Bibliografía

Abbate, P. y Cantarero, M. (2001). Efectos del estrés hídrico en trigo. Conferencia. Actas V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Carlos Paz, Córdoba.

Cantarero, M.; Tula, A.; Luque, S.; Ovando, G y Dardanelli, J. (2012). Patrones de absorción y eficiencia de uso del agua de cultivos invernales en el centro de Córdoba. Tercera Reunión Internacional de Riego INTA, EEA Manfredi, Córdoba. Pp 20-30. ISBN: 978-987-679-172-4.

Dardanelli, J., Bachmeier, O., Sereno, R. y Gil, R. (1997). Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in silty loam Haplustoll. Field Crops Res. 54: 29-38.

Martellotto, E.; Salinas, A.; Salas, P.H.; Lovera, E.; Giubergia, J.P.; Capuccino, V.; Lopez, C.; Signorile, O.; Lingua, S.; Alvarez, C.; M. Cantarero y Viotti, G. (2005). Un aporte a la sustentabilidad de los sistemas productivos. Evaluación de cultivares y estrategias de manejo en 8 localidades de la Provincia de Córdoba. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Boletín N° 9. E.E.A. INTA Manfredi – Area Recursos Naturales y Agronomía. Proyectos Regionales de Agricultura Sustentable