



SOJA: RENDIMIENTO CON Y SIN RIEGO A DIFERENTES POBLACIONES DE SIEMBRA

Ing. Agr. Alberto Fassio, Ing. Agr. (Mag.) Osvaldo Pérez
Tec. Agr. Wilfredo Ibáñez*, Carlos Rabaza,
Glenda Vergara, Ing. Agr. (PhD) Jorge Sawchik,
Téc. Agr. Marcelo Schusselin, Leonardo Silva

Programa Nacional de Cultivos de Secano
* Consultor en Bioestadística

INTRODUCCIÓN

Dos de los factores más importantes para el manejo de los cultivos son la aplicación del riego suplementario y la modificación de la población de plantas. Estos tienen una importancia relativa mayor para la producción de cultivos estivales en regiones como las de Uruguay, debido a la aleatoriedad del régimen pluviométrico en cantidad y oportunidad, a lo relativamente poco profundo de los suelos y a sus problemas de infiltración (Durán, 1997). De este modo, sobre todo en los meses de mayor demanda atmosférica, es normal que casi siempre ocurran deficiencias hídricas.

La población y distribución de plantas no sólo tiene que ver con la eficiencia de captura de luz, sino también con la eficiencia de uso del agua, entre otros aspectos.

Esta interdependencia entre ambos factores conduce a la hipótesis de que la población óptima de siembra puede variar según se trate de cultivos de secano o de cultivos regados. Dada la importancia del cultivo de soja en Uruguay, el objetivo de este trabajo fue estudiar cómo se afecta su rendimiento, con y sin riego, según el número de plantas cosechadas.

CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

La siembra se realizó el 16 de noviembre en la estación experimental INIA La Estanzuela. El diseño experimental fue de dos experimentos con y sin riego (secano y riego), dispuestos en tres repeticiones (bloques). A su vez, en cada experimento se sortearon dos factores (población y cultivar). Se estudiaron cuatro poblaciones objetivo: 220, 330, 440 y 550 mil plantas/ha, y cuatro

cultivares tolerantes a glifosato de dos grupos de madurez (GM): NIDERA A 5009 RG y RM 5500 (GM V); y NIDERA A 6126 RG y DON MARIO 6.8 i (GM VI).

La siembra se realizó con una sembradora experimental regulada a 0,40 m de distancia entre hileras y utilizando semilla inoculada de acuerdo a lo recomendado por el fabricante. Considerando el nivel de fósforo disponible, los experimentos se fertilizaron con una cantidad que excediera el umbral de respuesta. Se realizaron aplicaciones químicas de rutina para el control de malezas e insectos. Al experimento de riego se le aplicaron cinco riegos que sumaron 102 mm de agua (Figura 1). La cosecha de los cuatro cultivares fue realizada el 8 de mayo de forma manual, eligiendo tramos con competencia de plantas en la hilera y entre hileras. Las variables medidas fueron número de plantas implantadas, número de plantas a cosecha y rendimiento de grano corregido a 13% de humedad.

ALGUNOS CONCEPTOS

Población de siembra: Es el número de semillas por unidad de superficie (m², ha, etc.), o por unidad de distancia en la línea; en el último caso debe considerarse cuál es la distancia entre hileras. Otra forma de expresión equivalente es “densidad de siembra”, como normalmente se expresa en kg/ha es necesario conocer el peso del grano (peso de mil semillas).

Población de plantas: Es el número de plantas objetivo por unidad de superficie que se estima se implantarán luego de la emergencia; aunque, también puede indicar cuál fue la población efectivamente implantada (debe tenerse cuidado con la diferencia). Otras expresiones sinónimo o equivalentes son: densidad de plantas o porcentaje de plantas recuperadas y porcentaje de implantación.

Distribución de plantas: Refiere al espacio que ocupa cada planta y a la forma del espacio que ocupa; esto es, cuál es la distancia entre las hileras (DEH) y cuál es la distancia entre plantas dentro de la hilera (DEP). La distribución de plantas también puede caracterizarse a través del índice DEH/DEP, un índice de equidistancia que indica la forma de la superficie que ocupa cada planta.

Población óptima: Es aquella que para una región o localidad dada (ambiente), logra interceptar la cantidad de luz necesaria para producir el mayor rendimiento del producto deseado en un ambiente ausente de plagas, enfermedades y sin restricciones de agua y nutrientes. A su vez, la población óptima variará según la especie y las características genotípicas de cada cultivar.

Población recomendada: Es la población óptima corregida por fecha de siembra, restricciones de cada ambiente (agua, cama de siembra, etc.) y resultado económico (relación costo de semilla/producto).

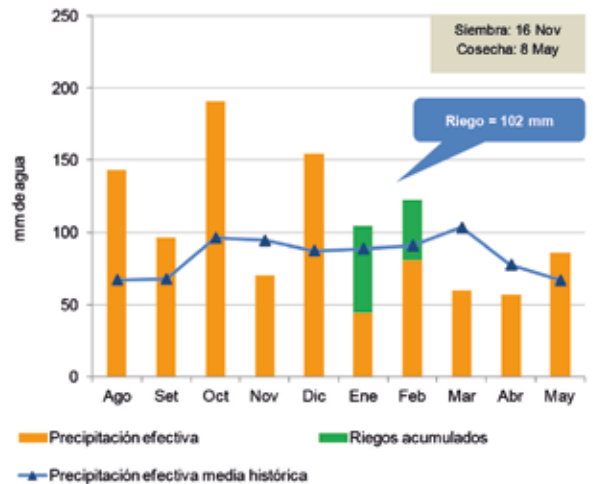


Figura 1 - Precipitación efectiva acumulada mensual y mm de agua aplicados (período 2012-2013, INIA La Estanzuela). La línea muestra la precipitación efectiva media histórica (período 1986-2015) en base a GRAS, INIA.

RESULTADOS OBTENIDOS

El período 2012-2013 puede caracterizarse como un año de déficit hídrico moderado para cultivos estivales, dado el volumen de precipitaciones efectivas entre agosto y diciembre (Figura 1). No obstante, los meses de enero a abril presentaron precipitaciones por debajo de la media histórica para esa localidad (La Estanzuela, Uruguay), coincidiendo con el final del período vegetativo y con el período reproductivo de la soja.

La población de plantas cosechadas tuvo una respuesta de tipo cuadrática en función del número de plantas implantadas (Figura 2). Esto significa que los incrementos fueron decreciendo por cada planta adicional implantada/m². En otras palabras, en la medida que se implantaron más de 45 plantas/m², el número de plantas cosechadas prácticamente no se incrementó debido a la competencia de las plantas en la hilera.

Esa competencia intra-específica entre las plantas de la hilera siempre se tornará relevante con el incremento del número de plantas por metro lineal; aunque, ese umbral será diferente para cada “población recomendada”. El ajuste de una población óptima a una población recomendada es una valoración subjetiva. Esto es porque además de ponderar por la germinación y el vigor de la semilla, también se pondera por la época de siembra, el tipo de suelo, la historia de la chacra, el tipo de sembradora, la presencia de insectos y, en el caso de la soja, también por el daño de palomas.

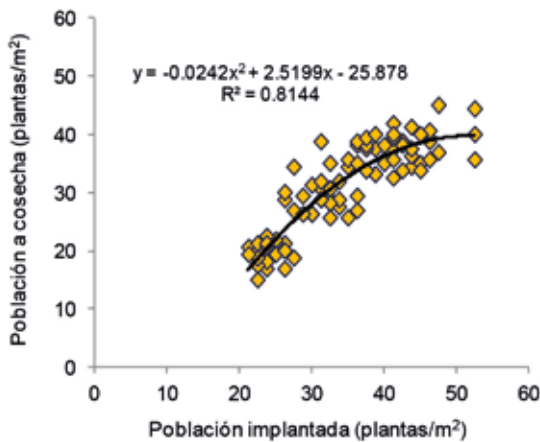


Figura 2 - Relación entre la población de plantas implantadas y la de plantas cosechadas. Los datos corresponden a cuatro poblaciones objetivo (22, 33, 44 y 55 plantas/m²) de cuatro cultivares de soja en condiciones de secano y riego.

Cabe mencionar que en los últimos años el daño de palomas se ha tornado en un gravísimo problema para los lotes de producción, dado que cuando las plantas mueren, al perder sus cotiledones y su punto de crecimiento, no sólo disminuye el stand de plantas, sino que también se genera una distribución deficiente que no puede corregirse agregando semillas a la “población óptima”.

En el experimento de riego se observó un rendimiento medio de soja 48,8% superior al del experimento de secano: 4474 vs 3007 kg/ha (Figura 3). Dicho incremento fue equivalente a una ganancia de 14,4 kg de soja por cada mm de agua, altamente significativo considerando que el déficit hídrico fue moderado. En buena medida la respuesta se relacionó a que los cinco riegos (102 mm), fueron aplicados estratégicamente entre el período V9-R4 y V10-R5 (escala de Fehr y Caviness, 1977), según el GM de los cultivares.

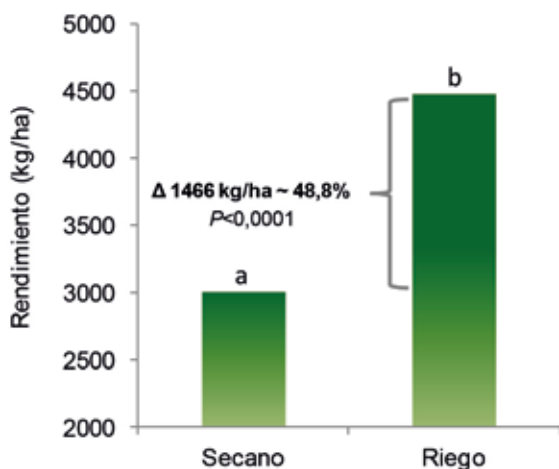


Figura 3 - Rendimiento medio de soja de dos experimentos (secano y riego), con cuatro cultivares y cuatro diferentes poblaciones de plantas objetivo. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$).

El incremento observado (48,8%), se asemeja a los resultados presentados en la reciente encuesta de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2016a), en la que se registra que el área de cultivo de soja bajo riego (0,7% del total) tuvo un rendimiento medio 46% superior al área de secano. Debe considerarse que el área de siembra bajo riego de Uruguay podría tener sesgos de localización geográfica y/o de manejo.

Los resultados del presente trabajo aportan información de que para un mismo ambiente de producción, decidir implementar riegos suplementarios puede significar un incremento del rendimiento de soja de al menos 50%.

Por otra parte, en nuestro país se han reportado incrementos de rendimiento sustancialmente mayores por efecto del riego (Giménez, 2014). No obstante, ello fue observado contrastando tratamientos de riego de mayor volumen de agua con tratamientos que fueron protegidos de la lluvia durante el periodo crítico del cultivo. Esto significa que dada la aleatoriedad de las lluvias de Uruguay, la respuesta al riego puede ser muy diferente entre años.

Además de diferencias entre los tratamientos de riego, se identificaron también diferencias entre cultivares e interacción riego x cultivar. Básicamente, las diferencias radican en que tres de los cultivares tuvieron una respuesta mayor al riego (Figura 4; Cuadro 1). Es importante mencionar que en el experimento de secano no se observaron diferencias entre cultivares.

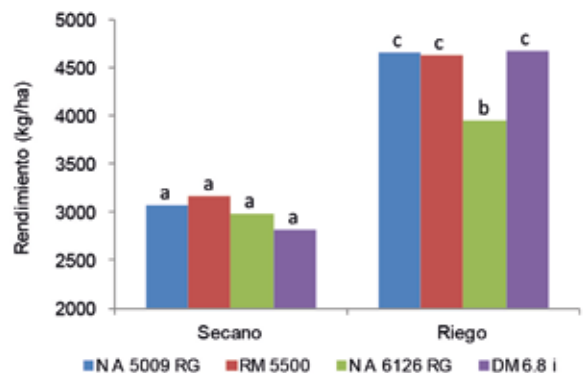


Figura 4 - Rendimiento de soja de dos experimentos (secano y riego), evaluando cuatro cultivares y cuatro diferentes poblaciones de plantas objetivo. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test de Tukey ($P < 0,05$).

Al contrario de lo que sucede con la interacción riego x cultivar, las interacciones riego x población y cultivar x población no fueron estadísticamente significativas. No obstante, en ambos experimentos se identificó una

disminución lineal del rendimiento al incrementarse la población a cosecha. En el experimento de secano el rendimiento disminuyó 19,2 kg por cada planta adicional cosechada/m², mientras que en el de riego disminuyó 21,7 kg. Ambos valores de respuesta son válidos solo para un rango de plantas a cosecha de 20 a 40 plantas/m².

Una disminución de la población a cosecha de 40 a 20 plantas/m², significó una ganancia de 400 kg de soja y un ahorro considerable de semilla (Figura 5).

Cuadro 1 - Contraste entre experimentos (secano vs. riego) y contrastes entre riego x cultivar.

Efecto	Δ (riego - secano) (kg/ha)	Incremento sobre secano
Riego	1466	48,8%
Cultivar		
N A 5009 RG	1584	51,5%
RM 5500	1468	46,4%
N A 6126 RG	958	32,1%
DM 6.8 i	1856	66,1%

Nota: El efecto del riego respecto a condiciones de secano se muestra como la diferencia de rendimiento de grano (kg/ha) y como el porcentaje (%) de incremento. Los incrementos por efecto del riego fueron estadísticamente significativos ($P < 0,0001$).

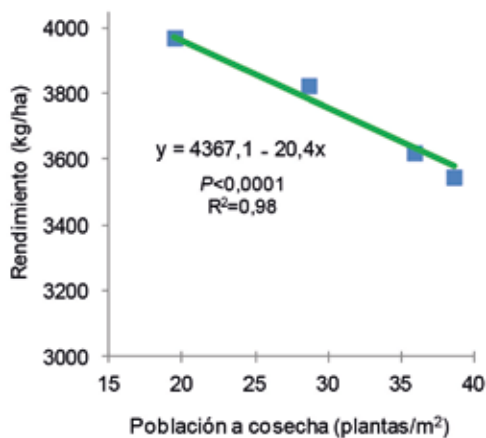


Figura 5 - Relación entre el número de plantas cosechadas y el rendimiento medio de soja de cuatro cultivares. Las figuras señalan los valores medios de dos experimentos (secano y riego) y la línea sólida indica el modelo de ajuste a dichas medias. El ajuste solo es válido para un rango de población a cosecha de 20 a 40 plantas/m².

Por otra parte, dado que se observa una relación entre la población a cosecha y la población implantada (Figura 2), puede estimarse que para una población a cosecha de 20 plantas/m², se habría requerido sembrar una población objetivo de 25 plantas/m². Dicha población llevada al gran cultivo (250 mil plantas/ha), dista de las prácticas habituales realizadas por la media de los productores de soja de Uruguay. La encuesta de primavera 2015 de DIEA (DIEA, 2016b) indica que los productores de soja utilizan una media de 72 kg/ha para siembras de primera y de 77 kg/ha para siembras de segunda (período 2015-2016). Asumiendo un peso de grano medio de 160 mg y una implantación de 80%, ello implicaría que la población de plantas objetivo de los productores de Uruguay es de aproximadamente 360 mil plantas/ha para siembras de primera y de 385 mil plantas/ha para siembras de segunda.

También en los países de mayor producción de soja (EE.UU., Brasil y Argentina), ocurre una brecha entre las poblaciones objetivo recomendadas por la investigación y las que efectivamente siembran los productores. Por ejemplo, los productores del estado de Indiana en EE.UU. han tenido como objetivo poblaciones medias de 350 mil plantas/ha (Robinson y Conley, 2007); los de Brasil 300 a 400 mil plantas/ha (Prado y Hamawaki, 2008); y los de Concepción del Uruguay (Argentina), 320 a 360 mil plantas/ha (Rodríguez *et al.*, 2015).

Mientras que para los mismos países mencionados, los resultados de investigación recomiendan poblaciones objetivo menores para maximizar el resultado económico. Por ejemplo, en el estado de Arkansas (EE.UU.), latitud similar a la de Uruguay, se recomiendan poblaciones objetivo de 200 a 250 mil plantas/ha (Ashlock *et al.*, 2006), aunque las recomendaciones suelen ser mayores hacia el norte del mismo país. En el caso de Brasil, para algunas regiones recomiendan, aunque también ya se siembran, poblaciones de 200 a 300 mil plantas/ha (Prado y Hamawaki, 2008; Balbinot *et al.*, 2015). Por último, las poblaciones óptimas que se han recomendado en Argentina son de 240 a 360 mil plantas/ha, según las diferentes regiones (Baigorri *et al.*, citado por Rodríguez *et al.*, 2015).

En el Cuadro 2 se presenta la descomposición de la varianza del rendimiento expresada en porcentaje, de forma ponderada e individual para ambos experimentos (secano y riego). En la primera columna se aprecia que el efecto del riego (84,3%), es absolutamente determinante frente a todos los otros efectos.

En la segunda columna, considerando solo el experimento de secano, el efecto de la población a cosecha (17,3%) es más importante que el efecto cultivar (6,5%). Mientras que considerando el experimento de riego, se mantiene la importancia del efecto población a cosecha (16,7%), pero se incrementa la importancia de elegir el cultivar o el GM (46,6%).

Cuadro 2 - Efecto de los componentes estudiados que explican la variación (en %) del rendimiento. Los resultados se muestran para dos experimentos (secano y riego) y para el promedio de ambos.

Componentes de la varianza del rendimiento	Secano y Riego	Secano	Riego
	----- % -----		
Bloq (Riego)	1,0	16,9	0,6
Riego	84,3	-	-
Cultivar	0,0	6,5	46,6
Riego × Cultivar	5,0	-	-
Población	2,7	17,3	16,7
Riego × Población	0,0	-	-
Cultivar × Población	0,0	0,0	0,0
Riego × Cultivar × Población	0,0	-	-
Residual	7,0	59,3	36,1
Total	100,0	100,0	100,0

CONCLUSIONES

Riegos suplementarios aplicados durante el período reproductivo, pueden significar incrementos de rendimiento de aproximadamente 50% o más respecto a los logrados en condiciones de secano. En orden de importancia al momento de determinar el rendimiento, la disponibilidad de agua fue el efecto más importante; en segundo lugar, el número de plantas cosechadas; y en tercer lugar, el GM y/o el cultivar, aunque este último aspecto cobraría importancia como medida de manejo sólo si hubiera disponibilidad suficiente de agua.

Para el rango de población a cosecha estudiado no se observó respuesta al ajustar la población según se riegue o no. Esto es indicativo de la plasticidad del cultivo de soja para ajustar su crecimiento y desarrollo según el agua disponible, sea por compensación del número de chauchas, ramificación, etc. No obstante, un cultivo con déficit hídrico más severo contrastado con uno regado podría originar diferentes resultados.

Finalmente, los resultados indican que respecto a la población objetivo promedio de Uruguay para cultivos de soja de primera (actualmente 360 mil plantas/ha), la población podría ajustarse a 250 mil plantas/ha para ahorrar semilla y ganar rendimiento. Por tanto, para cada situación particular el productor o técnico responsable debe resolver cuál es la población de siembra que logre optimizar la mencionada población objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

Ashlock L, Klerk R, Huintink G, Keisling T, Vories E. 2006. Planting Practices. In: Arkansas Soybean Handbook. University of Arkansas, Little Rock. p. 1-7.

Balbinot AA, de Oliveira S, Debiassi H, Franchini JC. 2015. Densidade de Plantas na Cultura da Soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Londrina, Paraná.

DIEA. 2016a. Resultados de la Encuesta Agrícola "Invierno 2016". MGAP. En línea: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-pub-agricultura,O,es,0>,

DIEA. 2016b. Encuesta Agrícola "Primavera 2015". Serie Encuestas No. 335. MGAP. En línea: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-pub-agricultura,O,es,0>,

Durán A. 1997. Clasificación Hidrológica de los Suelos del Uruguay. Agrociencia Uruguay, 1 (1):15-29.

Fehr WR, Caviness CE. 1977. Stages of Soybean Development. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa.

Giménez L. 2014. Efecto de las Deficiencias Hídricas en Diferentes Etapas de Desarrollo sobre el Rendimiento de Soja. Agrociencia Uruguay, 18 (1): 53-64.

Prado R, Hamawaki OT. 2008. Análise da Plasticidade da Cultura de Soja em Diferentes Arranjos Populacionais e Diferentes Espaçamentos entre Linhas. Horizonte Científico, 2 (1). En línea: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/issue/view/309>

Robinson AP, Conley SP. 2007. Plant Populations and Seeding Rates for Soybeans. West Lafayette, In: Purdue University Publication No. AY-217-W. Soybean Production Systems: Purdue Extension.

Rodríguez H, De Battista J, Arias N, García E, Sosa F, Alaluf C, Rochás M. 2015. Efectos de la Reducción de la Densidad de Siembra en Soja. Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay, INTA Argentina. En línea: <http://inta.gob.ar/documentos/efectos-de-la-reduccion-de-la-densidad-de-siembra-en-soja>

