

Riego: “La tecnología de mayor impacto en la producción agrícola”



Foto: Gastón Sebben

Gastón Sebben

Técnico proyecto RUU-ANDE
gaston.sebben@gmail.com

Hernán Masoller

Presidente RUU, asesor agrícola
hmasoller@yahoo.com

Santiago Arana

Coordinador proyecto RUU-ANDE, asesor agrícola
santiago.arana@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Si bien el riego de cultivos cereales y oleaginosos en Uruguay no es una práctica muy extendida, desde el año 2009-10 se verifica un incremento en la adopción de la tecnología principalmente a través del riego por aspersión con pivote central. Según DIEA en 2011 se regaban 8.580 ha (DIEA, MGAP, 2011), mientras que el relevamiento del área regada de cultivos y pasturas con pivote central realizado a la fecha totalizan 24.236 ha regadas, con un total de 411 equipos de riego (DIEA, MGAP, 2018b). Dentro de esa área, Regadores Unidos del Uruguay (RUU) nuclea 18.599 ha regadas, ubicándose las mismas en distintas localidades y tipos de suelo, con distinto manejo agronómico de los cultivos regados y rotación de cultivos, por lo que cuenta con una amplia base de información de manejo y rendimiento de los distintos cultivos a escala comercial. El análisis de esta base de datos, puede ser un aporte relevante para mejorar el diagnóstico de los rendimientos obtenidos actualmente, y para poder identificar factores de manejo de cada cultivo asociados a mayores rendimientos.

Dicha información es de interés tanto para proyectos de riego que actualmente se encuentran en funcionamiento, dando el soporte de información de manejo de cultivos necesario para maximizar los rendimientos, como para la formulación de nuevos proyectos de riego, donde el nivel de rendimiento alcanzable es un factor clave para la viabilidad económica.

2. EVOLUCIÓN DE CULTIVOS REGADOS EN URUGUAY

En la última década se dio la mayor tasa de incremento de la superficie de cultivos regados en Uruguay —sin contar el cultivo de arroz—, pero aun así representa solo el 2 % en la zafra 2017-18 (DIEA. MGAP, 2018a).

La mayor evolución de dicha área regada se ha dado a través de pivotes centrales móviles (126), los que superan en número y área afectada a los pivotes fijos (61). Esto adquiere importancia a nivel predial a la hora de definir la secuencia de cultivos sembrados en las áreas con riego, ya que los equipos con más de una posición deben satisfacer la demanda atmosférica que no es aportada por precipitaciones, de más de un cultivo por zafra.

El área regada de cultivos agrícolas en las últimas tres zafras, se encuentra equilibrada entre los cultivos de maíz (10.242, 7.784 y 10.100 ha en las zafras 2015-16, 2016-17 y 2017-18, respectivamente) y soja (7.910, 8.999 y 13.700 ha en las zafras 2015-16, 2016-17 y 2017-18, respectivamente), mientras el sorgo en la zafra 2017-18 ocupó solamente 400 ha (DIEA, MGAP, 2018a). Desde la zafra 2016-17 el cultivo de soja es el que mantiene la mayor proporción del área de cultivos bajo riego.

En la figura 1 se ve como dentro del área relevada por RUU, la soja en la presente zafra sigue manteniendo la dominancia en cuanto al área sembrada bajo riego, seguida por el maíz, en donde no se tienen registros en la base de RUU de sorgo con destino a grano seco sembrado bajo riego. Además, se observa un área de 1.017 ha de festuca, siendo la mayor parte de la misma con destino a producción de semilla.



3. ALTOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ Y SOJA CON RIEGO

En las últimas tres zafras de cultivos de verano, según las encuestas realizadas por DIEA los rendimientos de maíz con riego en promedio se ubican entre 8.416 y 9.711 kg ha⁻¹, y los de soja entre los 2.824 y 3.492 kg ha⁻¹ (Cuadro 1), sin diferenciar entre cultivos de primera y de segunda. La variabilidad entre años en los rendimientos promedios de ambos cultivos regados a escala nacional, siguen el mismo patrón que los rendimientos obtenidos en secano, lo que estaría indicando que la principal limitante del rendimiento con riego entre zafras siguió siendo la disponibilidad hídrica, asociado a patrón de lluvias contrastante. Esto también se puede observar en el cuadro 2, donde se ve que las últimas dos zafras de cultivos de varano fueron muy contrastantes en el nivel de lluvias, obteniendo rendimientos medios mayores en la zafra 2016-17 con el doble de lluvias que en la zafra 2017-18.

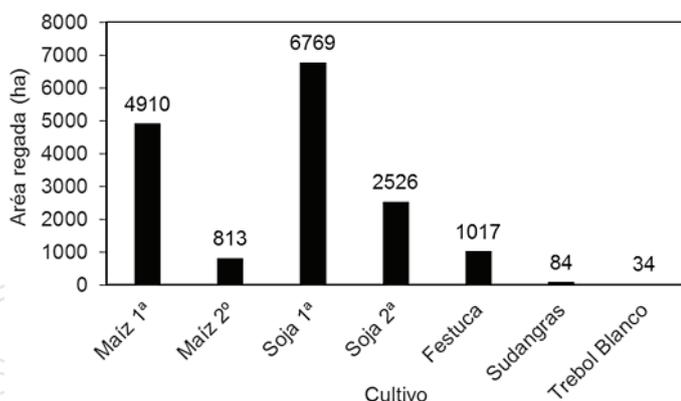


Figura 1. Áreas de cultivos y pasturas regadas de RUU en la zafra 2018-19.

Zafra	Rendimiento Riego (kg ha ⁻¹)		Rendimiento Secano (kg ha ⁻¹)	
	Maíz	Soja	Maíz 1ª (2ª)	Soja 1ª (2ª)
2015-16	8546	2828	6286 (4550)	1932 (1947)
2016-17	9711	3493	7500 (6300)	3020 (2808)
2017-18	8416	2824	4427 (1782)	1209 (1162)

Cuadro 1. Rendimientos promedios con riego y en secano en las últimas tres zafras. Fuente: Adaptado de DIEA-MGAP, Encuesta Agrícola “Invierno” 2016, 2017 y 2018.

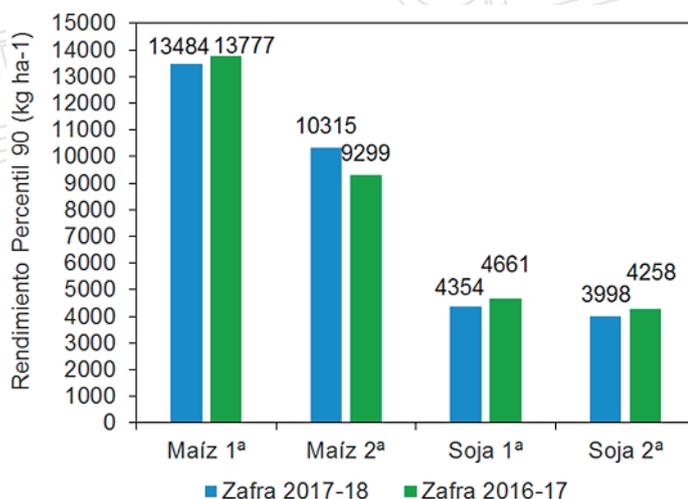


Figura 2. Percentil 90 de rendimientos de maíz y soja de primera y segunda con riego en las zafras 2016-17 y 2017-18.

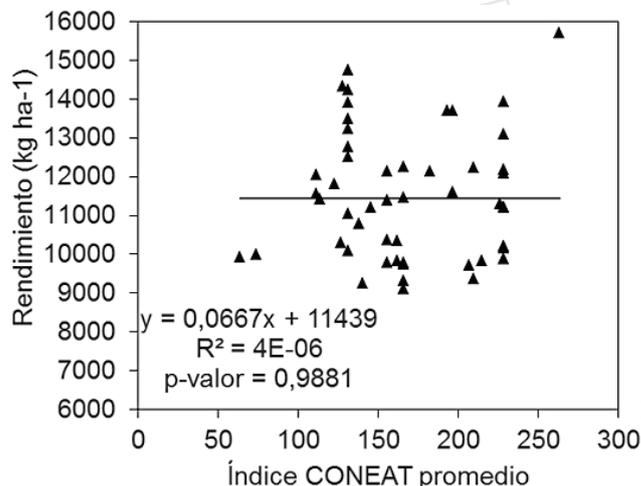


Figura 3. Relación del rendimiento con el índice CONEAT promedio (ponderado según el área de cada grupo CONEAT en cada círculo de riego).

Los rendimientos obtenidos en las últimas dos zafras en las chacras de RUU con riego en maíz y soja muestran una importante brecha entre chacras, principalmente explicado por una brecha tecnológica en el manejo de los cultivos.

En la figura 2 se muestra el percentil 90 de rendimiento corregido a 14% de humedad, cuantificando solamente el área cosechada con riego dentro de cada chacra, siendo que el área con rendimiento superior al percentil 90 en maíz de primera y soja de primera es de 689 y 639 ha, respectivamente.

A nivel experimental, en Paysandú, se han obtenido rendimientos de maíz de primera que varían entre los 13.500 y 15.300 kg ha⁻¹ (Giménez, 2017). En una serie continuada de ensayos de maíz y soja con bienestar hídrico (más de 40 y 60 % de agua disponible en etapas no críticas y en etapas críticas respectivamente, siendo estas últimas las comprendidas entre R4 y R6) en todo el ciclo desde 2009 hasta el 2017 se ha obtenido un promedio de rendimientos de 13.628 kg ha⁻¹ en maíz y de 5.611 kg ha⁻¹ en soja (Giménez, s.p.). Según Giménez (2014) los rendimientos de maíz y soja con riego son variables entre zafras, según la oferta de radiación solar (Giménez, 2014).

El rendimiento máximo obtenido en chacras de maíz de primera con riego fue de 15.695 y 14.739 kg ha⁻¹ para las zafras 2016-17 y 2017-18 (Cuadro 2), similares a los reportados por la investigación nacional y sin relación con el Grupo de suelo

CONEAT en el que se produjo (Figura 3). Esto podría deberse a la respuesta del maíz a distintas prácticas de manejo, en situaciones productivas en que las deficiencias hídricas no se presentan como la principal limitante para el rendimiento.

En soja de primera con bienestar hídrico durante todo el ciclo, a nivel experimental se han reportado rendimientos que varían entre 4.900 y 7.300 kg ha⁻¹, variando de forma importante debido a la disponibilidad de radiación solar durante el periodo crítico de definición del rendimiento del cultivo entre zafras (Giménez, 2017).

El rendimiento máximo de soja de primera obtenido en chacras con riego fue de 5.164 y 5.077 kg ha⁻¹ en las zafras 2016-17 y 2017-18, respectivamente. Por tanto, existe una brecha con los rendimientos obtenidos en condiciones experimentales y comerciales mayor que la cuantificada para maíz.

Los mayores rendimientos obtenidos de maíz y soja con riego se han logrado regando para satisfacer la demanda atmosférica incluso en el año con mayor nivel de precipitaciones del cuadro 2 (2016-17), por lo que, el riego en cultivos que tradicionalmente se realizan en secano como el maíz y la soja, no solamente impiden la pérdida de rendimientos en años con deficiencias hídricas marcadas como el 2017-18, si no que permitieron aumentar los rendimientos complementando las lluvias en años catalogados como "lluviosos" como el 2016-17.

Rendimiento a 14 % de humedad (kg ha ⁻¹)					
Zafra 2017-18	Promedio Secano	Promedio Riego	Maximo Riego	Riego (mm)	Lluvia (mm)
Maíz 1ª	5519	10366	14739	255	403
Maíz 2ª	4808	9582	11212	275	249
Soja 1ª	1247	3363	5077	187	357
Soja 2ª	854	3348	4561	136	203
Zafra 2016-17	Promedio Secano	Promedio Riego	Maximo Riego	Riego (mm)	Lluvia (mm)
Maíz 1ª	7945	11600	15695	197	806
Maíz 2ª	6025	8124	9450	140	512
Soja 1ª	3838	4131	5164	72	677
Soja 2ª	3489	3835	4400	49	693

Cuadro 2. Rendimiento máximo y promedio con riego y en secano de maíz y soja, riego y lluvia, de las últimas dos zafras de Regadores Unidos del Uruguay.

4. MANEJO DE MAÍZ CON RIEGO

En maíz el manejo de la fecha de siembra, la población, la uniformidad temporal y espacial de plantas, la fertilización nitrogenada y el riego se han identificado como las prácticas de manejo que presentan mayor importancia para alcanzar altos rendimientos.

En maíz de primera se identificó la primera quincena de octubre como la época de siembra que permitió obtener los mayores rendimientos con riego (Figura 4a).

En cuanto al manejo de la fertilización nitrogenada, se identificó una tendencia a aumentar los rendimientos en maíz de primera con el aumento de la dosis de N (Figura 4b). Las chacras con rendimientos mayores al percentil 90 (13.777 kg ha⁻¹) se fertilizaron en promedio con 201 kg ha⁻¹ de nitrógeno. En este grupo de chacras existieron variaciones en el número de veces en que se fraccionó esa dosis, el método de fertilización (terrestre vs. fertirriego) y en la fuente de N aplicada, por lo que solo se presentan como valores descriptivos de los niveles de fertilización con los que se han obtenido los rendimientos más altos de maíz a escala comercial. La respuesta a la dosis total de N es concordante con resultados experimentales (INIA, s,p).

Existe una tendencia general a aumentar los rendimientos a medida que aumenta la población lograda en maíz con riego. Además, los rendimientos máximos van disminuyendo a medida que la población decrece, por lo que, si bien se han obtenido altos rendimientos con poblaciones medias (75 a 80 mil plantas ha⁻¹), los techos de rendimiento que hasta el momento se alcanzan en chacras comerciales, tienden a ser menores a medida que la población disminuye (Figura 5). Al analizar la distribución de rendimientos, las chacras que lograron rendimientos dentro del percentil 90, tuvieron en promedio una población de 91.667 plantas ha⁻¹, y las chacras ubicadas entre el percentil 50 y 90 de rendimientos, tuvieron en promedio de 76.927 plantas ha⁻¹.

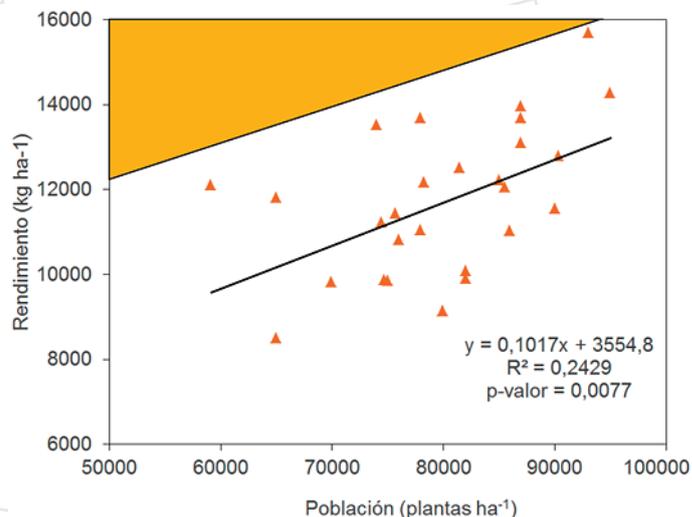


Figura 5. Relación entre la población de plantas y el rendimiento de maíz con riego.

La población lograda en maíz es la práctica de manejo que explica la mayor proporción del rendimiento en condiciones de agua no limitante, llegando a explicar el 53 % del rendimiento (Fassio *et al.*, 2018). Al aumentar la población en esquemas de alta productividad, la uniformidad temporal y espacial adquieren una importancia adicional, pudiendo alcanzar a disminuir el rendimiento un 19-33 % por una alta desuniformidad temporal (desfase fenológico de 4 hojas en el 33 % de las plantas sobre la hilera) (Giuliano *et al.*, 2006), y un 10-15 % por una alta desuniformidad espacial (Tollenaar y Wu, 1999).

El manejo de la fecha de siembra, la población y la fertilización nitrogenada no fueron condiciones suficientes para alcanzar el P90 de rendimiento. Dividiendo en dos grupos de chacras por rendimientos mayores y menores a 12.000 kg ha⁻¹ (valor cercano a la media de maíz con riego de RUU de la zafra 2016-17), las de mayores rendimientos fueron aquellas en las que lograron cubrir de manera más completa la demanda atmosférica de los meses de diciembre y enero

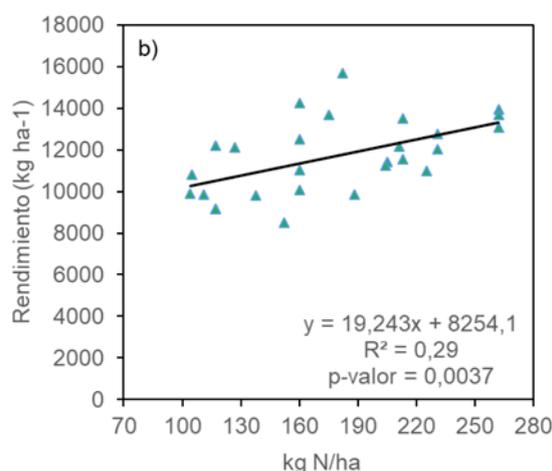
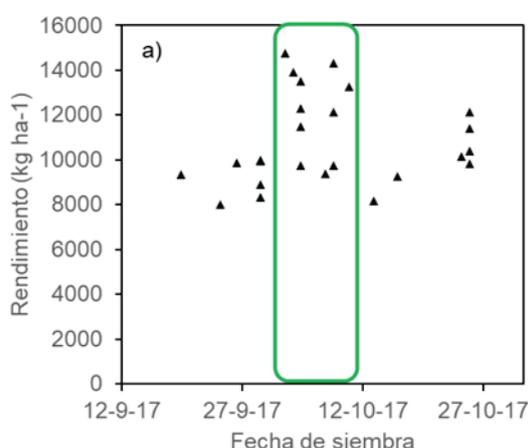


Figura 4. a) Relación entre rendimiento y fecha de siembra de maíz de primera 2017-18. b) Relación entre el rendimiento de maíz con riego y la fertilización nitrogenada.

(Figura 6), meses en los que se ubica el período crítico de definición del rendimiento de la mayor proporción de maíz de primera. En tanto, en las chacras con rendimientos por debajo de los 12.000 kg ha⁻¹ en promedio no se logró satisfacer la demanda durante el mes de enero. La disponibilidad de agua durante enero y febrero en los cultivos sembrados de primera es importante para tener un adecuado llenado de granos, ya que Rovegno Arbiza y Giménez (2017) encontraron disminuciones del rendimiento del entorno del 30 % por deficiencias hídricas severas durante esta etapa.

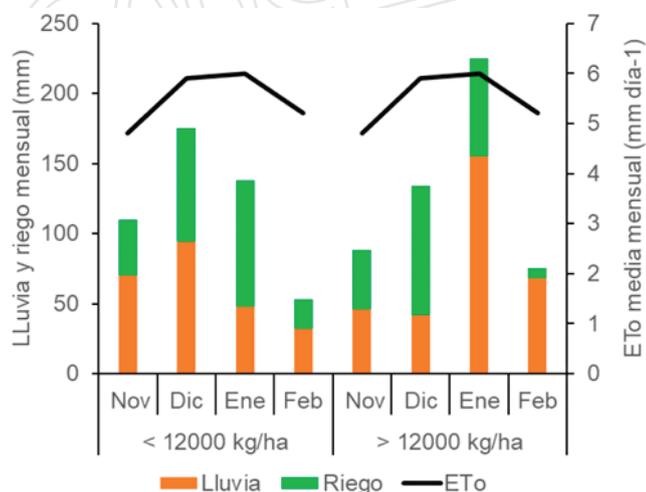


Figura 6. Riego y precipitaciones en chacras con rendimientos mayores y menores a 12.000 kg ha⁻¹ en la zafra 2017-18.

5. MANEJO DE SOJA CON RIEGO

En el caso de soja, las prácticas de manejo identificadas como de mayor relevancia para el logro de altos rendimientos, fueron la fecha de siembra, el grupo de madurez, la interacción fecha de siembra por grupo de madurez, y el riego.

La fecha de siembra en que obtuvo el mayor rendimiento en soja de primera fue la última década de octubre y primera de noviembre, con una tendencia clara a disminuir el rendimiento en siembras más tardías (Figura 7).

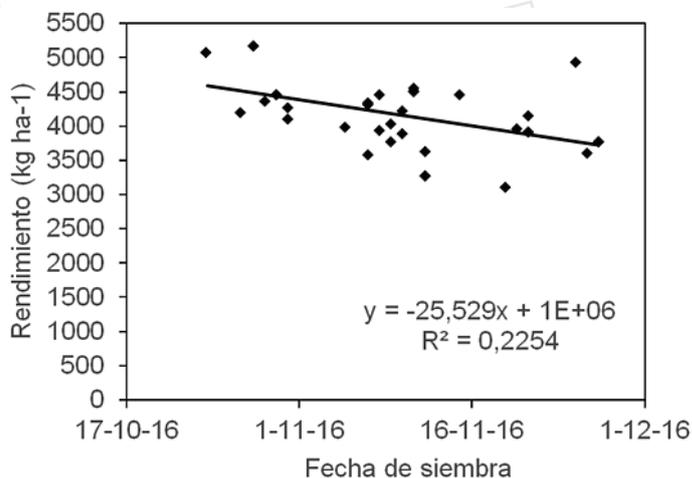


Figura 7. Relación entre el rendimiento y la fecha de siembra en soja con riego en la zafra 2016-17.

Considerando las tres chacras con mayores rendimientos para cada fecha de siembra y grupo de madurez, de manera de tratar de filtrar situaciones productivas con otras limitantes al rendimiento, los más elevados estuvieron asociados a siembras con grupos de madurez cortos —entre 3.8 y 5— (Figura 8).

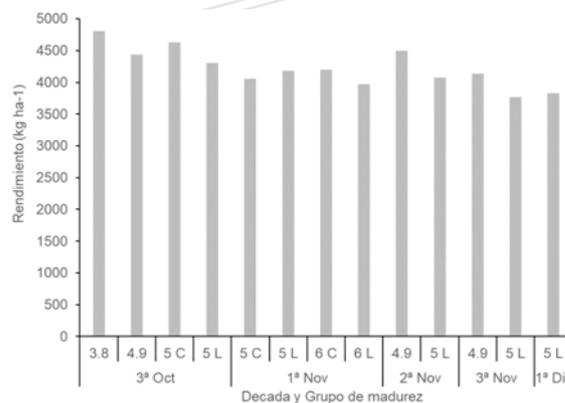


Figura 8. Relación entre el rendimiento y el grupo de madurez por fecha de siembra en la zafra 2016-17.

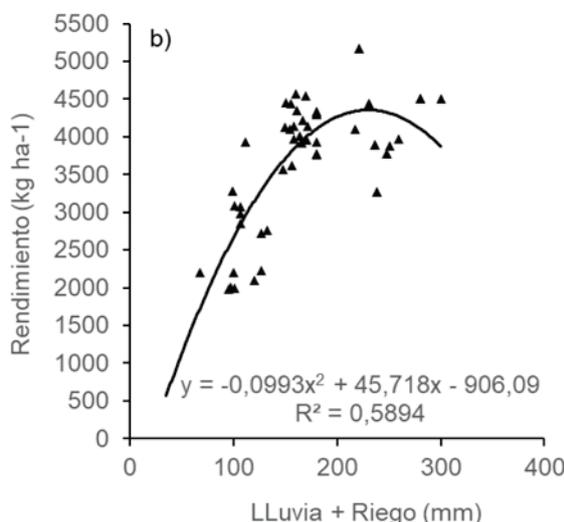
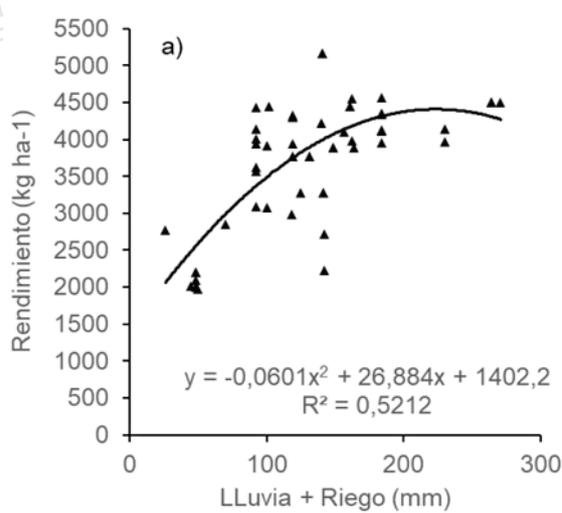


Figura 9. a) Relación entre rendimiento de soja y riego + lluvias en enero de 2017-18. b) Relación entre rendimiento de soja y riego + lluvias en febrero de 2017-18.

La disponibilidad hídrica durante los meses donde se ubican las etapas más críticas para la determinación del rendimiento de soja, fue el factor de mayor correlación con el rendimiento en la base de datos de RUU, ya que las precipitaciones más los riegos de los meses de enero y febrero explicaron más del 50 % del rendimiento del cultivo (Figura 9), obteniéndose coeficientes de correlación muy elevados para situaciones muy variadas en tipo de suelo y manejo de cultivos.

6. COMENTARIOS FINALES

En el caso de maíz, a escala comercial ha sido posible obtener rendimientos con riego tan elevados como los obtenidos por la investigación a nivel nacional. Se han identificado un grupo relativamente amplio de situaciones productivas en que los rendimientos se encuentran muy por encima de los rendimientos promedio de maíz con riego a escala nacional. Para alcanzar esos altos rendimientos es necesario ajustar todos los factores que lo determinan como fecha de siembra, población, fertilización y disponibilidad hídrica, ya que son los que explican la mayor variación en los rendimientos entre chacras. Este grupo de chacras que componen el percentil 90-100 de rendimientos, en promedio en las últimas dos campañas, han experimentado productividades del 202 % respecto al rendimiento promedio en seco en el caso de maíz de primera y de 181 % en maíz de segunda, siendo este último caso representado por siembras de segunda tempranas

de fines de noviembre a primeros días de diciembre.

En soja, el percentil 90 de rendimientos en las últimas dos zafras se ubicó con productividades de 177 y 190 % respecto a los rendimientos promedio en seco, siendo al igual que en el caso de maíz, obtenidos con variables de manejo distintas a las que generalmente aparecen como primera opción para manejar un cultivo de seco. A pesar de lo anterior, este cultivo a escala comercial en las últimas dos zafras no ha podido alcanzar los rendimientos máximos obtenidos en condiciones experimentales en Uruguay, por lo que es probable que el potencial de mejora de los rendimientos de soja con riego no haya encontrado aún un techo biológico y se pueda seguir mejorando los resultados del mismo.

AGRADECIMIENTOS

La información presentada fue recopilada en el marco del proyecto denominado *Diagnóstico de Limitantes y Herramientas para la Mejora de la Productividad de Sistemas Regados de Cereales, Oleaginosos y Pasturas*. Este proyecto está impulsado por la Agencia Nacional de Desarrollo en el marco del apoyo recibido por el instrumento Bienes Públicos Sectoriales ANDE 2017, y ejecutado por Regadores Unidos del Uruguay, por lo que se agradece especialmente a la ANDE y a los productores y empresas socias de RUU quienes aportaron toda la información para la confección de este trabajo. ♦

BIBLIOGRAFÍA

Giménez, L.; Canosa, G.; Prieto, C.; Grasso, J. P.; Montero, A.; Rameau, M.; Rosa, A.; Arévalo, R. 2014c. Respuesta al riego suplementario en cultivos de verano y evaluación de pérdidas de rendimiento por deficiencias hídricas. Riego suplementario en cultivos y pasturas. Montevideo, INIA. 66 p. (Serie FPTA-INIA no. 55).

Giménez, L., 2017. Deficiencias hídricas en distintas etapas fenológicas de maíz y soja y evaluación del modelo Aquacrop. Tesis Doctor en Ciencias Agrarias. Paysandú, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 234 p.

Giménez, L., 2018. Soja, ambiente y agua. 2018. Presentación Jornada Asociación Rural de Soriano. Mercedes, Uruguay. s.p. 2018.

Giuliano, D.; Cirilo, A.G.; Otegui, M.E. 2006. AIANBA. Desuniformidad espacial y temporal de plantas en el cultivo de maíz: influencia de la densidad y la distancia entre surcos. (en línea). Buenos Aires. Consultado 01 febrero de 2019. Disponible en <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=181>

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2017. Pasado, Presente, Futuro. INIA La Estanzuela. Grupo de riego. Colonia, Uruguay. s.p. 2017. p 2.

MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo General Agropecuario 2011. Montevideo. 142 p.

MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Encuesta Agrícola "Invierno 2016". (en línea). Montevideo. 21 p. Consultado 01 feb.

2019. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_agricola_invierno_2016.pdf

MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Encuesta Agrícola "Invierno 2017". (en línea). Montevideo. 26 p. Consultado 01 feb. 2019. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/enc_agricola_inv2017.pdf

MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018a. Encuesta Agrícola "Invierno 2018". (en línea). Montevideo. 5 p. Consultado 01 feb. 2019. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/comunicado_prensa_inv_2018_vf_002.pdf

MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018b. Informe sobre riego en Uruguay. (en línea). Montevideo. 17 p. Consultado 01 feb. 2019. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/informe_riego_en_uruguay.pdf

Rovegno Arviza, F.C.; Giménez, L. 2017. Brechas de rendimiento por disponibilidad hídrica en diferentes etapas de desarrollo de maíz y soja. In: Simposio Nacional de Agricultura (5°. , 2017 Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 81-90.

Tollenaar, M.; Wu, J. 1999. *Yield Improvement in Temperate Maize is Attributable to Greater Stress Tolerance*. Crop Science. 39 (6): 1597-1604.