Rendimientos de maíz y soja: un desafío que provoca...
La información experimental y la producción comercial

Foto: Leticia Capó

Luis Giménez
Ing. Agr. (Dr.) Prof. Agr. G. D. Ecofisiología y manejo de cultivos anuales. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC) - Facultad de Agronomía, Universidad de la República. kapoexe@fagro.edu.uy

1. INTRODUCCIÓN

Los cultivos de verano presentan relevancia en la economía nacional debido a que mayoritariamente son granos de exportación y la superficie sembrada actualmente supera a 1.300.000 ha (DIEA-MGAP, 2018). Sin embargo, en los últimos 15 años, se han obtenido resultados económicos variables en la producción comercial, básicamente por dos aspectos: i) variabilidad de los precios internacionales de los granos y ii) limitantes en los ambientes de producción.

En relación a los precios internacionales de los granos existe poco por hacer, ya que el país es tomador de precios y prácticamente no tiene injerencia en la determinación de los mismos. No obstante, sí es posible trabajar en mejorar los acuerdos de ventas e incrementar los mercados a través de acciones de política exterior. Por tanto, el foco principal de estudio debe estar en la principal limitante ambiental para la agricultura estival, que es la disponibilidad hídrica de los ambientes de producción (Sawchik *et al*., 2010).

Los cultivos de verano, exceptuando al arroz, se siembran mayoritariamente en condiciones de secano, lo que provoca limitaciones notorias en la productividad y en la estabilidad de los rendimientos. Si bien es posible producir económicamente maíz y soja en secano, la variabilidad productiva y económica se genera por no controlar la oferta de agua. En estas condiciones, la rentabilidad está sujeta al precio de los granos y al volumen y distribución de las precipitaciones (PP) de cada temporada. Por tanto, los factores que determinan mayoritariamente la ecuación económica de los cultivos de verano realizados en secano, no dependen de las decisiones tomadas por los productores durante el proceso productivo.

La oferta hídrica para los cultivos estivales está determinada por varios aspectos, entre los que se destaca la capacidad de almacenar agua de los suelos. Esta resulta en una limitante real, ya que en los suelos del litoral en los que se desarrolla la agricultura, solo es posible almacenar entre el 20 y 30 % del consumo de agua que determinan los ambientes de producción. Esto provoca una baja autonomía hídrica de los suelos y, por tanto, para cubrir las necesidades de agua se requiere que el volumen y la distribución de las PP durante el ciclo, acompañen relativamente bien al consumo, aspecto que, en general no ocurre. Además, las PP efectivas, es decir las que llegan al sistema radicular de los cultivos, son sustancialmente menores que las PP totales.

Las características edafoclimáticas mencionadas, determinan que los cultivos realizados en secano presenten deficiencias hídricas en la mayoría de los años. Sin embargo, la radiación solar (RS) incidente, las temperaturas medias, la fertilidad de los suelos y los conocimientos tecnológicos existentes, permiten lograr rendimientos de soja y maíz, considerados elevados a nivel mundial, en la medida que se levanten las restricciones hídricas (Larrama, 2019; Camps y Canela, 2018; Capurro *et al*., 2017; García y Santos y Lemos, 2016; Foster y Rovegno, 2015; Giménez *et al*., 2014; Canosa y Prieto, 2013). Sin embargo, la superficie regada de ambos cultivos ocupa solo el 0,8 % del conjunto del área de siembra total (DIEA, MGAP, 2018).

Los cultivos de verano se realizan básicamente en condiciones de secano, por varios aspectos, no solo por factores económicos. Un aspecto significativo a destacar, y a nuestro entender a modificar, es el cultural. La mayoría de los productores y técnicos que trabajan en agricultura en el litoral presentan una diferencia notoria con los que trabajan en el arroz, en el este y norte del país. En arroz, la superficie de siembra de cada temporada se determina por varios factores, pero un aspecto clave es el volumen de agua almacenado en la represa o el volumen de agua autorizado para extraer de una fuente superficial. Esto se debe, a que en la producción arrocera el agua se concibe como una limitante principal para el cultivo y por tanto se considera como factor determinante del área a sembrar. En cambio, en maíz y soja el área de siembra se define principalmente por el precio de los granos y las limitantes del ambiente de producción quedan fuera de la determinación de la superficie de siembra. Bajo esta consideración, la tecnología de producción se ajusta para reducir el riesgo de pérdidas de rendimiento y no para maximizar la producción.

En este artículo se pretende analizar y cuantificar en términos productivos, qué implica integrar al riego como componente de la tecnología de producción en maíz y soja. Esta alternativa supone, además, ajustar el resto de la tecnología de manejo de cultivos al ambiente ofrecido.

2. RENDIMIENTO Y BRECHA TECNOLÓGICA RELATIVA

El término "brecha de rendimiento" es utilizado ampliamente en la bibliografía y refiere a cuantificar la diferencia entre el rendimiento potencial de un cultivo y el rendimiento medio obtenido por los productores (Lobell *et al*., 2009). Esta brecha de rendimiento se descompone en la generada por factores limitantes del rendimiento (disponibilidad hídrica, de nutrientes o ambos), y la atribuida a factores reductores del rendimiento (malezas, plagas, enfermedades). Bajo este esquema, Rizzo (2018) en soja, estimó a través del modelo CROPGRO-Soybean que la brecha atribuible al agua como factor limitante era de 3,6 Mg ha^{-1} en cultivos de primera, a su vez en condiciones de secano, se suma la brecha atribuible al manejo de cultivos de 1,1 Mg ha^{-1}.

En esta nota, el riego suplementario se concibió como integrante de las prácticas tecnológicas que permiten lograr los máximos rendimientos, integrando lo que se definió "brecha tecnológica relativa" (BTR). La BTR es el cociente entre los rendimientos máximos logrados por la investigación y los rendimientos medios obtenidos por los productores comerciales. Expresa la distancia que separa la aplicación de las prácticas tecnológicas que logran los mayores rendimientos y la tecnología aplicada en la producción comercial. La BTR fue calculada como el cociente entre el rendimiento de los experimentos de riego en maíz y soja realizados en la EEMAC entre 2009 y 2017 y el rendimiento promedio de los productores comerciales para la misma serie de años.

En la Figura 1, se muestra el rendimiento de maíz logrado en las investigaciones con riego, el rendimiento promedio comercial y la BTR, para la serie comprendida entre 2009 y 2017.

El rendimiento experimental varió entre 11,5 y 15,5 Mg ha^{-1} y el de los productores entre 3,5 y 7,1 Mg ha^{-1}. Se concluye que existe evidencia científica suficiente que permite aseverar que, al levantar las restricciones hídricas en maíz a través del riego, es posible lograr mejoras significativas del rendimiento. En la información analizada el incremento del rendimiento promedio, para los nueve años, entre los ensayos de riego y la producción comercial fue cuantificado en 8,5 Mg ha^{-1}, variando entre 6,5 y 11,7 Mg ha^{-1}.

El segundo aspecto a destacar es que la variabilidad interanual del rendimiento lograda a nivel experimental fue relativamente baja, cuantificada a través del coeficiente de variación (CV) en 8 %. En cambio, en la producción comercial el CV fue de 21 %. La variabilidad en el rendimiento experimental se

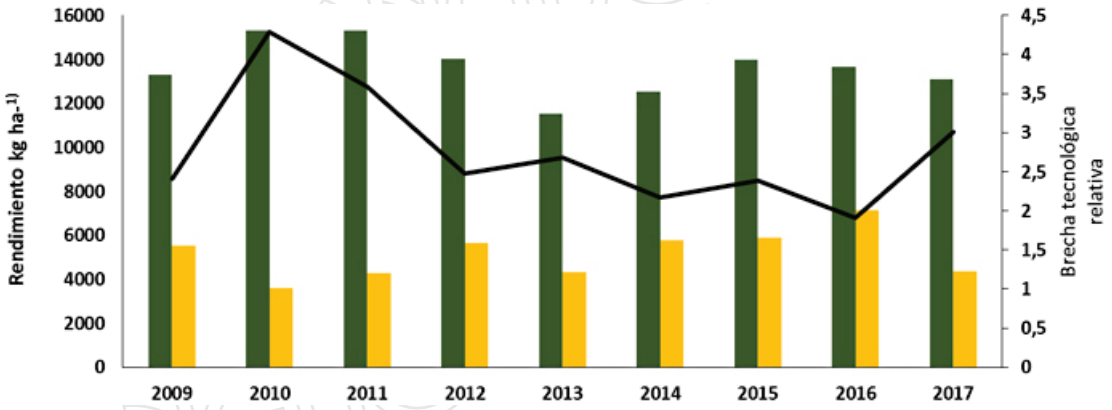

Figura Nº 1. Rendimiento (Mg ha-1) de maíz en experimentos de riego de la EEMAC (columnas verdes), promedio comercial (columnas amarillas) y brecha tecnológica (línea negra), entre 2009 y 2017.

justifica por los cambios que se producen en la RS incidente y por las temperaturas entre temporadas, causadas por la variabilidad de las PP. En años lluviosos, la RS incidente disminuye debido al incremento de días nublados; en cambio, en años con bajas PP, la RS incidente es mayor. Por tanto, controlar el agua disponible a través del riego no asegura la obtención de rendimientos absolutamente estables. No obstante, cabe resaltar que la variabilidad en el rendimiento provocada por la variación de la RS es sustancialmente menor que la generada por la inestabilidad de las PP.

En la figura 1, además se aprecia la evolución de la BTR para la serie analizada, la cual varió entre 2 y 4 aproximadamente, con un valor medio de 2,8. La BTR superior a 2 sugiere que la aplicación de riego suplementario en conjunto con diferentes prácticas de manejo, acordes a un ambiente de producción sin deficiencias hídricas, permitiría por lo menos duplicar el rendimiento de maíz.

Cabe destacar que el valor de la BTR más elevado se alcanzó en 2010. Mientras que en los experimentos se logró un rendimiento máximo de 15,5 Mg ha^{-1}, en el caso de la producción comercial el rendimiento promedio fue de 3,5 Mg ha^{-1}, es decir el menor de la serie considerada. Esta temporada fue un año "Niña", con PP inferiores al promedio, acompañadas de valores de RS elevados. En los experimentos, el ajuste de la disponibilidad hídrica a través del riego permitió capitalizar la RS incidente en una producción de MS elevada y a su vez transformar una parte significativa de la misma en grano (Giménez *et al*., 2014). La producción comercial de maíz en 2010 presentó una etapa del ciclo con deficiencias hídricas severas, las que provocaron bajas tasas de crecimiento del cultivo que afectaron en forma determinante el número de granos fijado y, por ende, el rendimiento.

En la temporada 2016, por el contrario, las PP durante el ciclo prácticamente duplicaron al promedio de la zona y además se produjeron escasos eventos de lluvia, con una distribución medianamente ajustada a los requerimientos del cultivo y con valores de RS elevados. Esta combinación de factores climáticos permitió obtener los rendimientos comerciales mayores de la serie considerada y consecuentemente la BTR menor.

En la Figura 2, se muestran los resultados en soja, los rendimientos de los experimentos con riego variaron entre 3,9 y 7,5 Mg ha^{-1} y en la producción comercial la variación se ubicó entre 1,2 y 2,9 Mg ha^{-1}. Las BTR estimadas fueron similares a las de maíz, es decir variaron entre 2 y 4 con un promedio de 2,7. La diferencia de rendimiento promedio entre los ensayos de riego y la producción comercial fue de 3,7 Mg ha^{-1}, variando entre 2,3 y 5,5 Mg ha^{-1}.

Si bien en maíz era esperable que el rendimiento experimental fuera claramente superior al comercial por la aplicación de riego, en soja, existía un menor grado de certeza porque la especie posee como característica morfo-fisiológica principal, una elevada plasticidad para tolerar períodos con deficiencias hídricas. Asimismo, la información nacional del rendimiento potencial de soja, al inicio de la serie, era escasa, ya que prácticamente no se registraba información experimental del cultivo con riego publicada y a nivel mundial la soja se realiza mayoritariamente en secano.

La variabilidad interanual del rendimiento medida a través del CV fue similar en los experimentos y en la producción comercial con valores de 20 y 22 %, respectivamente. Se interpreta que una parte significativa de la variabilidad, en ambos escenarios, estuvo influenciada por dos temporadas muy contrastantes. En la temporada 2017, en los experimentos se obtuvieron rendimientos bajos para condiciones de riego, que no superaron las 4 Mg ha^{-1}. La interpretación es que las temperaturas máximas ocurridas durante varios días del período crítico de determinación del rendimiento, superiores a 32 ºC (García y Veiga, 2019), fueron responsables de la disminución significativa del número de granos y esto redujo el rendimiento potencial. Por otra parte, en la producción comercial el rendimiento fue el más bajo de la serie, básicamente por las deficiencias hídricas ocurridas en las etapas reproductivas del cultivo. En síntesis, en la temporada 2017, tanto a nivel experimental como comercial, se obtuvo el menor rendimiento. En cambio, en 2016 el rendimiento fue el más alto en los experimentos y en la producción comercial 7,5 y 2,9 Mg ha^{-1}, respectivamente. En este caso, ocurrió una situación ambiental similar a la que se detalló en maíz, se combinaron PP elevadas conjuntamente con valores de RS altos.

Importa destacar un aspecto que se constató en los experimentos de soja y que fue la respuesta en rendimiento al incremento de la RS. En las temporadas en que la RS incidente total fue elevada y superior a 3.200 MJ m^{-2} durante el ciclo como en 2010, 2011 y 2016, los rendimientos experimentales fueron los mayores de la serie y variaron entre 6,2 y 7,5 Mg ha^{-1} (Larrama, 2019).

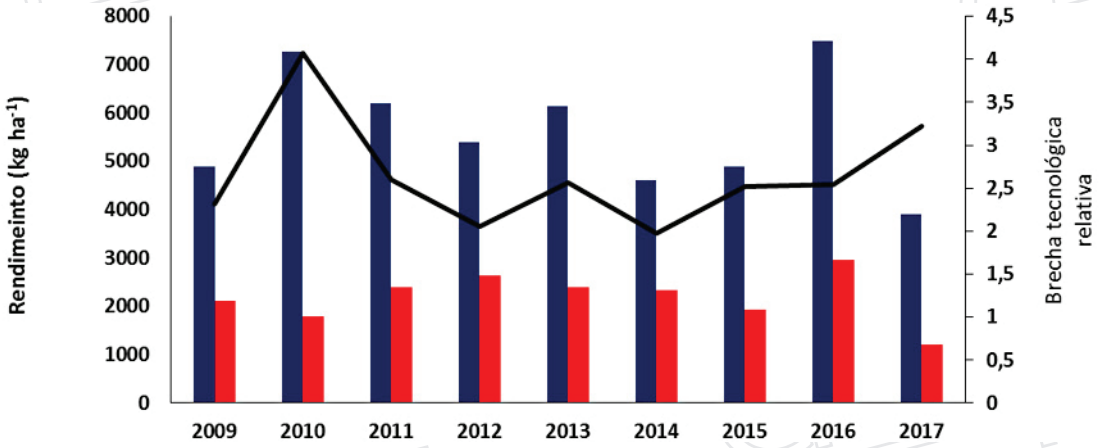

Figura Nº 2. Rendimiento (Mg ha-1) de soja en experimentos de riego de la EEMAC (columnas azules), promedio comercial (columnas rojas) y brecha tecnológica (línea negra), entre 2009 y 2017.

3. EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVOS

En las figuras 3 y 4, se muestra la evapotranspiración de cultivo (ETc), es decir la evapotranspiración de los cultivos que se produce sin deficiencias hídricas y la evapotranspiración real (ETr) o sea la evapotranspiración en condiciones de secano, para maíz y soja respectivamente, en la serie comprendida entre 2009 y 2017. En ambas figuras, se puede constatar que excepto en 2009, la ETr fue menor que la ETc, lo indica que en general, los cultivos realizados en secano evapotranspiran menos que la demanda evaporativa atmosférica. En la temporada agrícola estival 2009, las PP totales sumaron 1.500 mm entre noviembre y marzo, es decir cuatro veces superior al promedio; solo bajo esa situación la ETr pudo igualar a la ETc. Los resultados de evapotranspiración obtenidos en la serie analizada concuerdan con trabajos de modelización anteriores, que concluyeron que los cultivos de verano realizados en secano en el litoral del país presentan deficiencias hídricas promedio de 35 % valoradas a través de la diferencia entre la ETc y la ETr (Giménez y García Petillo, 2011).

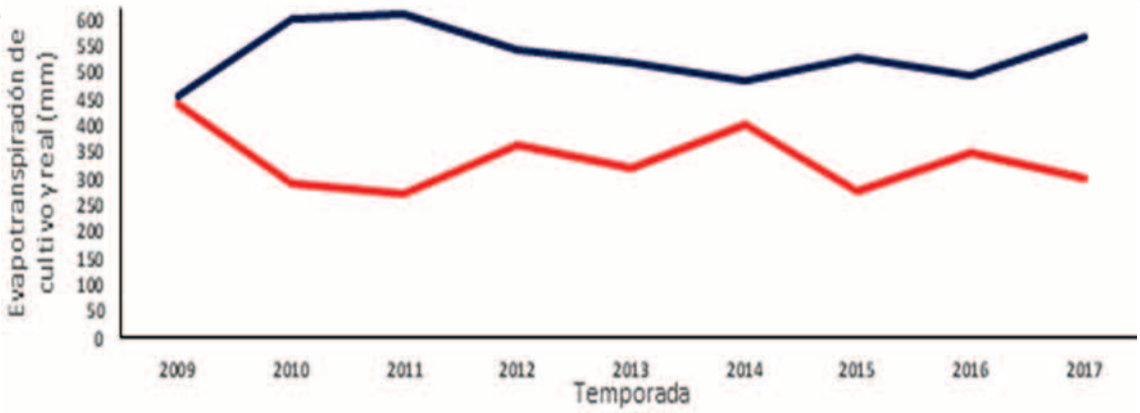

Figura Nº 3. Evapotranspiración (mm) de cultivo (línea azul) y evapotranspiración (mm) real (línea roja) de maíz, entre 2009 y 2017.

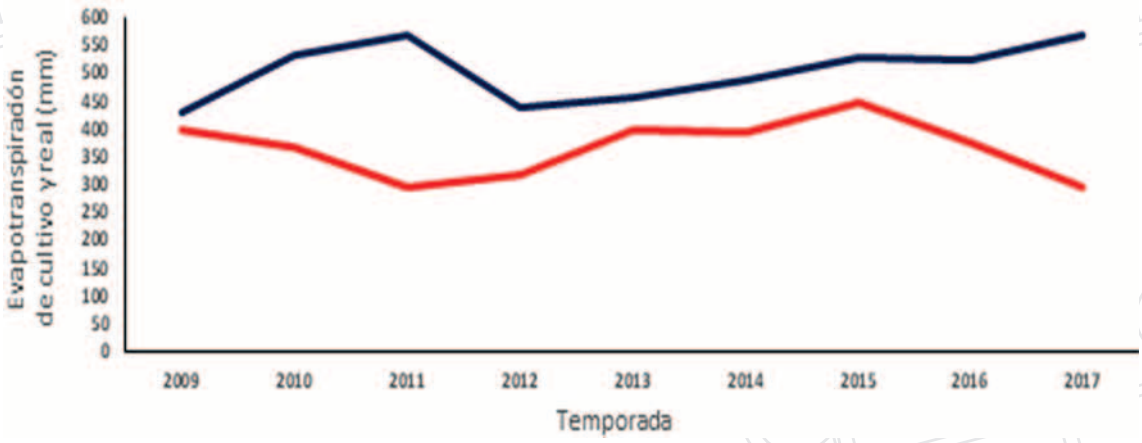

Figura Nº 4. Evapotranspiración (mm) de cultivo (línea azul) y evapotranspiración (mm) real (línea roja) de soja, entre 2009 y 2017.

4. COMPONENTES TECNOLÓGICOS PARA LOGRAR RENDIMIENTOS POTENCIALES

4.1. MANEJO DEL RIEGO: REGAR vs AGREGAR AGUA

El riego agrícola es la práctica tecnológica de aportar agua a un cultivo con determinados criterios que permitan satisfacer las necesidades hídricas provocadas por las demandas evaporativas atmosféricas. En las regiones de climas áridos y semiáridos, el riego ocupa un lugar determinante en la tecnología de producción, ya que es la fuente principal de agua que tienen los cultivos para crecer. Por tanto, se debe realizar en base a las necesidades totales de los cultivos y la planificación no presenta mayores complicaciones.

En cambio, en climas templados, las PP realizan un aporte significativo al consumo de agua y en general contribuyen con la mayor proporción de las necesidades hídricas. En esta situación, las decisiones de riego requieren un compromiso mayor, la planificación se debe realizar en base a información objetiva de corto plazo y las decisiones difieren en cada temporada y cultivo. Se debe conocer el funcionamiento fisiológico del cultivo a regar, principalmente la sensibilidad de las distintas etapas de desarrollo a las deficiencias hídricas y las respuestas productivas a disponibilidades hídricas diferentes. Asimismo, se requiere caracterizar las propiedades hidrológicas del suelo y las demandas evaporativas. Este conjunto de parámetros debe permitir estimar la evolución del agua en el suelo para cortos períodos. En base a esta información y a los criterios de manejo del riego definidos, se debe decidir cuándo y cuánto regar.

Los criterios de manejo del riego pueden considerar umbrales fijos de agua disponible en el suelo o variables de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo. La estrategia de riego mayormente utilizada pretende satisfacer la demanda hídrica total, y es denominada riego suplementario, es decir el riego suplementa al aporte que realizan las PP hasta llegar a cubrir la demanda evaporativa total.

Otras alternativas de manejo del riego surgen a partir de la escasez de agua que ocurre en varias regiones del mundo y que ha llevado a estudiar estrategias de riego que aportan menos agua que el total requerido, intentando así disminuir el uso de agua en la agricultura, ya que a nivel mundial y también nacional, se utiliza en riego de cultivos el 70 % del agua dulce disponible (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Se intenta disminuir el aporte de agua sin que ocurran pérdidas significativas de rendimiento, esta estrategia se denomina riego deficitario (Fereres y Soriano, 2007). Una alternativa que requiere mayor profundidad de conocimientos es el riego deficitario controlado, en que además de concebir una disminución del riego, se considera la sensibilidad diferencial a la disponibilidad hídrica de las diferentes etapas de desarrollo de cada cultivo. Por tanto, el aporte del riego disminuye en las etapas con sensibilidad menor (Girona *et al*., 2014); en este caso, se debe determinar cuándo y cuánto es posible disminuir el riego sin que ocurran pérdidas de rendimiento significativas.

4.2. MANEJO DE CULTIVOS SIN RESTRICCIONES HÍDRICAS

El manejo agronómico de los cultivos de verano realizados en secano, en general, se direcciona a estrategias defensivas que permitan disminuir el riesgo productivo. Estas decisiones se basan en que, bajo condiciones de secano, no se controla el factor de mayor determinación del rendimiento. Como se indicó, los ambientes de producción agrícolas estivales en general muestran disponibilidades de agua deficitarias y variables. Por consiguiente, aumentar la disponibilidad hídrica a través del riego y aplicar estrategias de manejo de cultivos defensivo, es contradictorio.

En ese entendido, el manejo agronómico de los cultivos de verano con riego debe aplicar las prácticas tecnológicas de procesos y de insumos que permitan obtener el mayor rendimiento en cada ambiente de producción. Las principales prácticas de manejo que en situaciones de riego deben ser modificadas, se deben definir considerando las características de cada cultivo y las posibilidades de adaptación a ambientes sin restricciones hídricas.

El maíz es una especie de crecimiento determinado con escasa capacidad plástica, tanto en las etapas vegetativas como en las reproductivas. Por consiguiente, el incremento de la población es una práctica de manejo relevante para aprove-

char un ambiente sin deficiencias hídricas y con ello interceptar mayor RS. La investigación demostró que en maíz con riego el rango de población que se adapta mejor varía entre 85.000 y 120.000 pl. ha^{-1} y el ajuste final depende de las características del híbrido a utilizar (Rameau y Van Den Dorpel, 2016; Carter y Petrella, 2014; Giménez, 2000).

Por otra parte, se debe mejorar la situación nutritiva del cultivo realizado con riego en relación a secano, a través del incremento de la fertilización principalmente nitrogenada, ya que la producción de grano es superior con riego y por tanto aumenta el consumo de nutrientes. Los requerimientos de nitrógeno en maíz varían entre 20 y 22 kg por tonelada de grano producida (Correndo y García, 2014). El ajuste de la fertilización dependerá del aporte que realice el suelo, las expectativas de rendimiento y la estrategia utilizada de aplicación de fertilizantes.

Un factor de manejo que se debe modificar en maíz con riego es la fecha de siembra. En secano, se utilizan fechas de siembra que permitan escapar a las demandas atmosféricas mayores durante el período crítico, las que ocurren en el mes de enero, por tanto, las siembras mayoritarias se realizan temprano en setiembre, o tarde en diciembre. En condiciones sin estrés hídrico, el objetivo debe ser ubicar el período crítico en situaciones de máximas demandas atmosféricas para fijar la mayor cantidad de C atmosférico posible. Las fechas de siembra ubicadas entre octubre y noviembre son las que permiten expresar los mejores rendimientos de maíz sin deficiencias hídricas (Giménez y Rovegno, sp.).

En soja, las prácticas de manejo de mayor significancia en la determinación del rendimiento son la fecha de siembra y la elección del GM, la combinación de estos dos factores de manejo es determinante en secano y también bajo condiciones de riego. En este cultivo, existe una gran amplitud de materiales genéticos disponibles, en relación a la duración del ciclo, y esto a su vez modifica el ambiente de producción al que están sometidas las diferentes etapas del cultivo. Las variedades de ciclo corto pertenecientes a los GM III largo a V corto, son las que presentan mayor potencial de rendimiento y menor plasticidad vegetativa y reproductiva. Además, ubican temporalmente las etapas reproductivas antes que las variedades de ciclo medio y largo, y por tanto presentan durante estas etapas, mejores condiciones de RS y temperaturas.

En la producción comercial de soja en secano, se utilizan mayoritariamente variedades de ciclo medio y largo de los GM V largo a VII debido a que este tipo de material presenta mayor plasticidad y adaptación a situaciones hídricas variables (Baigorri, 2004). En soja con riego se deben utilizar variedades de ciclo corto de alto potencial de rendimiento, esto difiere con la estrategia frecuentemente planteada para secano.

La fecha de siembra permite ubicar las etapas de desarrollo más importantes en diferentes condiciones ambientales. En el caso de soja con riego, se debe intentar ubicar el período crítico en situaciones de mayor demanda atmosférica (Giménez, 2007), por ese motivo las siembras tempranas ubicadas desde mediados de octubre a principios de noviembre son las que logran mejores rendimientos (Larrama, 2019).

5. CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados logrados en la experimentación con riego suplementario en maíz y soja permiten asegurar que existe un potencial de producción de granos escasamente aprovechado en el país. Para lograr concretar los rendimientos potenciales es necesario manejar el riego con información edafoclimática objetiva y aplicar un conjunto de prácticas de manejo a los cultivos de acuerdo a ambientes de producción sin restricciones hídricas.

La información experimental provoca desafíos económicos, culturales y técnicos. El riego permite disminuir una parte significativa de la incertidumbre productiva y económica que presenta la agricultura estival, incrementar la fijación de C, mejorar la productividad de los cultivos y, de esa manera, aportar a que la agricultura colabore en la construcción de la intensificación sostenible de los sistemas de producción extensivos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Baigorri, H. 2004. Criterios para la elección y el manejo de cultivares en el Cono sur. En: Díaz Zorita M. y Duarte G. A. (Eds.). Manual Práctico para la producción de soja. Buenos. Aires, Hemisferio Sur, 2004. pp 53-54.

Camps, G. y Canela, M. 2018. Evaluación del efecto productivo de diferentes estrategias de riego en maíz. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

Canosa, G. y Prieto, C. 2013. Estudio del efecto de las deficiencias hídricas sobre el rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

Capurro, M.; Beretta, A.; García, C.; Sawchik, J.; Puppo, L. 2017. Rendimiento de la soja en respuesta a distintas dosis y momentos de riego. Agrociencia (Uruguay). 21(2): 65-76.

Carter, G. y Petrella. P. 2014. Estudio de distintas poblaciones y dosis de nitrógeno en maíz bajo riego. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

Correndo, A. y García, F. 2014. Bases de la nutrición del cultivo de maíz. IPNI Cono Sur. 6. En: Maíz: Técnicas probadas para una producción rentable. 1ra Ed. marzo 2014. AACREA. Buenos Aires: 37-44.

Díaz, R. y Abadie, T. 1997. Rendimiento potencial y brechas tecnológicas de trigo en el Uruguay y en el Cono Sur. En: Kohli y Martino (Eds.). Explorando altos rendimientos de trigo. INIA La Estanzuela. CIMMYT.

DIEA-MGAP. 2018. Anuario Estadístico Agropecuario. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay.

DIEA. 2018. Encuesta agrícola Invierno 2018. Serie de encestas Nº 353. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay.

Fereres, E. y Soriano, M. 2007. *Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany*, 58, 147 - 159.

Foster, P. y Rovegno, F. 2015. Efectos de diferentes disponibilidades hídricas en distintas etapas fisiológicas de soja sobre el rendimiento. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

García y Santos, F. y Lemos, S. 2016. Riego deficitario en maíz. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

García, P. y Veiga, L. 2019. Efecto del grupo de madurez, la población y la distancia entre hileras sobre el rendimiento de soja en siembras tardías con riego. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

Giménez, L.; Canosa, G.; Prieto, C.; Grasso, J.P.; Montero, A.; Rameau, M.; Rosa, A.; Arévalo, R. 2014. Respuesta al riego suplementario en cultivos de verano y evaluación de pérdidas de rendimiento por deficiencias hídricas. En: Riego Suplementario en Cultivos y Pasturas. Serie FPTA 55. INIA Uruguay.

Giménez, L. y García Petillo, M. 2011. Evapotranspiración de cultivos de verano para dos regiones climáticamente contrastantes de Uruguay. Agrociencia (Uruguay). 15 (2): 100-108.

Giménez, L. 2007. Comportamiento fenológico de diferentes grupos de madurez de soja (Glicine max) en Uruguay. Ubicación temporal del periodo crítico. Agrociencia (Uruguay). 11 (2):1-9.

Giménez, L. 2000. Efecto del riego sobre el rendimiento y calidad de algodón y maíz. Seminario de Investigación aplicada. PRENADER. INIA. Las Brujas.

Giménez, L. y Rovegno, F. sp. Efectos sobre el rendimiento de diferentes fechas de siembra en maíz.

Girona, J.; Bonastri, N. y Marsal, J. 2014. Estrategias de gestión del riego eficiente y sostenible: Riego Deficitario Controlado o una oportunidad inteligente en el uso de recursos naturales. En Riego de Cultivos y Pasturas 3er Seminario Internacional Grupo de Desarrollo del Riego. Facultad de Agronomía - INIA.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC. 137 pp.

Larrama, J. 2019. Efecto de la fecha de siembra, el grupo de madurez y la interacción sobre el rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

Lobell, D.B.; Cassman, K.G.; Field, C.B. 2009. *Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes*. Ann. Rev. Environ. Resour. 34, 179–204.

Rameau, D. y Van Den Dorpel, M. 2016. Respuesta del maíz a la población y a dos dosis de nitrógeno en condiciones de riego. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Udelar.

Rizzo G. 2018. Cuantificando las brechas de producción de soja en Uruguay y variables que la determinan. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Udelar.

Sawchik, J.; Mas, C.; Pérez Gomar, E.; Bermúdez, R.; Pravia, V.; Giorello, D.; Ayala, W. 2010. Riego suplementario en pasturas; antecedentes de investigación nacional. In: Seminario Internacional de Riego en Cultivos y Pasturas (1°., 2010 Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp 141-153.