

EL AGUA Y LA TEMPERATURA COMO LIMITANTES DEL RENDIMIENTO DE GIRASOL BAJO PLANTEOS DE ALTA TECNOLOGÍA EN EL NEA.

Evaluación basada en series climáticas y un modelo de simulación

Ing. Agr. MSc. Jorge L. Mercau
Grupo de Estudios Ambientales, UNSL.

EL AGUA Y LA TEMPERATURA COMO LIMITANTES DEL RENDIMIENTO DE GIRASOL BAJO PLANTEOS DE ALTA TECNOLOGÍA EN EL NEA.

Evaluación basada en series climáticas y un modelo de simulación

CONTENIDO

- 6. El rendimiento potencial, su variación estacional y las restricciones térmicas
- 8. El rendimiento alcanzable en seco y su dependencia del agua almacenada a la siembra
- 9. Ingeniería del sistema de producción
- 12. Un ejemplo de interacción compleja
- 14. Conclusiones
- 16. Agradecimientos
- 16. Bibliografía

Ing. Agr. MSc. Jorge L. Mercau
Grupo de Estudios Ambientales, UNSL.

Mercau, Jorge L.

El agua y la temperatura como limitantes del rendimiento de girasol bajo planteos de alta tecnología en el NEA : cuadernillo 17 . - 1a ed. - Buenos Aires : Asagir, 2010. 20 p. ; 27x19 cm.

ISBN 978-987-21423-2-2

1. Girasol. 2. Investigación Agropecuaria. I. Título
CDD 664.7

ASAGIR – Asociación Argentina de Girasol

Av. Corrientes 119

C1043AAB

Ciudad de Buenos Aires - Argentina

(54) 11 - 4312 - 7105

info@asagir.org.ar

www.asagir.org.ar

Cuadernillo Informativo N° 17

Julio /2010

Edición: 2000 ejemplares

Distribución gratuita

Realización y diseño:



www.saviacomunicacion.com.ar

ISBN 978-987-21423-2-2

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida bajo ningún medio, electrónico o mecánico, sin autorización escrita de los editores.

CONSEJO DIRECTIVO 2009-2010

Presidente

Ing. Ricardo Negri (El Mallín)

Vicepresidente Primero

Ing. Orlando Vellaz (Advanta Semillas)

Vicepresidente Segundo

Ing. Guillermo Pozzi

Tesorero

Ramiro Costa (Bolsa de Cereales)

Secretario

Ing. Juan Carlos Arana (Oleaginosa Moreno)

Prosecretario

Carlos Sosa (Pannar)

Protesorero

Ing. Jorge Domínguez (Molinos Río de la Plata)

Vocales Titulares

Norma Huguet

Ing. Fernando Negri (AACREA)

Alicia Ruppel (Bolsa de Cereales de Bahía Blanca)

Vocales Suplentes

Ing. Pablo Bergadá (Nidera Semillas)

Ing. Raúl Tomás (SRA)

Marcelo Morini (ArgenSun)

Armando Casalins (Federación de Acopiadores)

Ing. Antonio Hall

COMISIÓN REVISORA DE CUENTAS

Vocales Titulares

Ing. Ing. Fernando Cozzi (Cargill)

Ing. Horacio Urpi

Vocales Suplentes

Hernan Busch (Banco Galicia)

Ing. Luis Arias (Cazenave y Asoc.)

Coordinación Técnica: Ing. Carlos Feoli

Asistente Técnica: Valeria P. Zivec

Administración: Constanza Palacios

Auditoría Externa: AUREN

El agua y la temperatura como limitantes del rendimiento de girasol bajo planteos de alta tecnología en el NEA.

Evaluación basada en series climáticas y un modelo de simulación

Ing. Agr. MSc. Jorge L. Mercau

Grupo de Estudios Ambientales, UNSL.

Este trabajo es una versión expandida de la presentación efectuada por J. L. Mercau y Antonio Hall en la Jornada de Actualización Técnica organizada por ASAGIR en Charata el 1/10/09.

El cultivo de girasol constituye una alternativa de producción interesante en la región noreste (NEA), donde las restricciones a su producción han sido poco estudiadas. ASAGIR (2009) cuantificó una brecha de rendimiento entre valores medios de 1.6 tn/ha logrados en lotes comerciales y 2.2 tn/ha alcanzados en los ensayos comparativos de híbridos. Los efectos negativos de las restricciones regionales más importantes, las temperaturas extremas y la variabilidad y escasez de oferta hídrica en algunos períodos, podrían ser mitigados por diversas tecnologías de manejo. Sin embargo, hay poca información regional sobre el efecto de la fecha de siembra en el rendimiento, sobre los condicionantes para el establecimiento del cultivo, sobre el valor de producir rastrojos y mejorar la estructura superficial del suelo para el mejor aprovechamiento del agua, y

sobre las interacciones entre el girasol y los otros integrantes del sistema de producción. Avanzar hacia la formulación de reglas de decisión basadas en conocimientos sobre la variabilidad ambiental interanual y geográfica resulta importante aún bajo planteos regionales de alta tecnología, que evitan la monocultura, realizan fertilización y eventualmente protegen al cultivo de malezas, enfermedades y plagas.

Comprender cómo moderar los efectos de las restricciones hídricas y térmicas requiere de iniciar ensayos que pongan a prueba hipótesis sobre el funcionamiento del cultivo en la región. Como las condiciones climáticas son variables entre campañas y sitios, los ensayos a campo deben ser repetidos para cuantificar adecuadamente los efectos. La utilización de modelos funcionales complementa al trabajo experimental, aumenta

su eficiencia y la velocidad para obtener las primeras respuestas. La estructura de los modelos funcionales se basa en el conocimiento de la ecofisiología del cultivo y simplifica varios procesos a través de variables empíricas que han demostrado ser robustas en rangos ambientales amplios. Eso permite obtener estimaciones razonables de rendimiento bajo un gran número de escenarios climáticos, parámetros edáficos, de genética y de manejo.

En el presente trabajo se utilizó Oilcrop-Sun (**OS**, Villalobos et al. 1996), combinado con registros climáticos de 37 campañas (1971-2008) para simular cultivos creciendo sin restricciones nutricionales en dos ambientes diferentes representativos de la región NEA: Las Breñas (**LB**: -27.1 -61.1, Chaco, menor precipitación y un suelo con menos restricciones a la exploración radical) y Reconquista

(**RE**: -29.25, -59.75, Santa Fe, mayor precipitación y desde más temprano en primavera y un suelo donde gran parte del perfil es muy arcillosa y restringe la exploración radical). Éste trabajo apunta a ejemplificar el uso del modelo como herramienta para explorar el comportamiento del cultivo en relación a una serie de interrogantes (especialmente aquellos ligados a los efectos de la disponibilidad hídrica y la temperatura) potencialmente importantes para una adecuada comprensión de estos sistemas de cultivo que han recibido poca atención en materia de experimentación sistemática. Esa comprensión es necesaria para hacer una ingeniería que permita diseñar sistemas de producción más adecuados para la región.

El rendimiento potencial, su variación estacional y las restricciones térmicas

Un primer paso hacia la comprensión del ajuste entre el rendimiento de un cultivo y la oferta ambiental de una zona es examinar el patrón estacional de su rendimiento potencial (es decir, sin limitaciones hídricas, nutricionales o por adversidades bióticas). El rendimiento potencial simulado del girasol sembrado en agosto es de 3.2 y 3.5 tn/ha en LB y RE (promedio de 37 campañas, desvío interanual 0.37 tn/ha). Esos rendimientos casi duplican a los promedios regionales obtenidos por los productores en la última década y son similares a los obtenidos en ensayos comparativos de rendimiento con los híbridos más destacados (ASAGIR 2009) en años con patrones de lluvia muy favorables para el cultivo. Esa similitud, sin constituir una prueba definitiva, aumenta la confianza en el modelo como herramienta para examinar la respuesta del cultivo a las condiciones ambientales. Al evaluar la variación del rendimiento potencial con la fecha de siembra, la simulación mostró que las siembras de julio y agosto eran similares y que el potencial cae al sembrar a comienzos de octubre (datos no mostrados). Sin embargo, el modelo no simula los efectos de heladas y de las muy altas temperaturas, que tienen mayor incidencia en las siembras tempranas y tardías respectivamente.

Para evaluar el efecto de las heladas tardías sobre el cultivo de girasol se exploró en forma directa los registros climáticos. Las heladas (temperatura mínima menor a 2°C en abrigo) tienen un efec-

to que puede ser muy severo cuando el girasol ya diferenció el capítulo. Se calculó a partir de qué fecha de siembra el riesgo de heladas posteriores a la fecha en que el cultivo alcanza el estado de capítulo diferenciado es suficientemente bajo (menos de una vez cada cinco años). Suponiendo que con buena disponibilidad de agua a la siembra un cultivo emerge y llega a unas 10 hojas (ya habría diferenciado el capítulo), en 460 °Cd (Tb 4°C), ese nivel de riesgo aceptable se alcanzaría con siembras posteriores al 1/8 en RE y al 5/8 en LB. En ambas localidades las heladas tardías tienen una fecha media del 29/8 y uno de cada cinco años hay heladas después del 9/9. En LB el riesgo de daño por helada es mayor que en RE porque las temperaturas medias de agosto son 2°C más altas en LB que RE (15,5 y 17,5 °C), acelerando el desarrollo de los cultivos en LB.

El atraso de la siembra para evitar la exposición a heladas tardías aumenta la exposición del llenado de los granos a temperaturas altas que reducen el rendimiento. Se utilizó una ecuación que suma los efectos negativos de temperaturas medias diarias por sobre 18°C (-0.027/°Cd), y de horas con temperaturas por sobre 30°C (-0.0003°Ch) para todo el llenado efectivo de granos (en base a Rondanini 2006). En LB las temperaturas en llenado de los cultivos florecidos a mediados de noviembre (siembras de agosto), harían que el peso de los granos logre un 73% de su valor bajo un régimen térmico óptimo (**Figura 1**). Las condicio-

nes térmicas más moderadas de RE permitirían un 79% del peso. Para siembras de octubre, que florecen a mediados de diciembre, las altas temperaturas reducen los pesos a un 61% del óptimo en LB, y al 72% en RE (Figura 1). Como las muy

altas temperaturas en el llenado no solo reducen el peso de los granos sino también su % de grasa (Rondanini 2006), los efectos descriptos serían aún más graves al comercializar el grano.

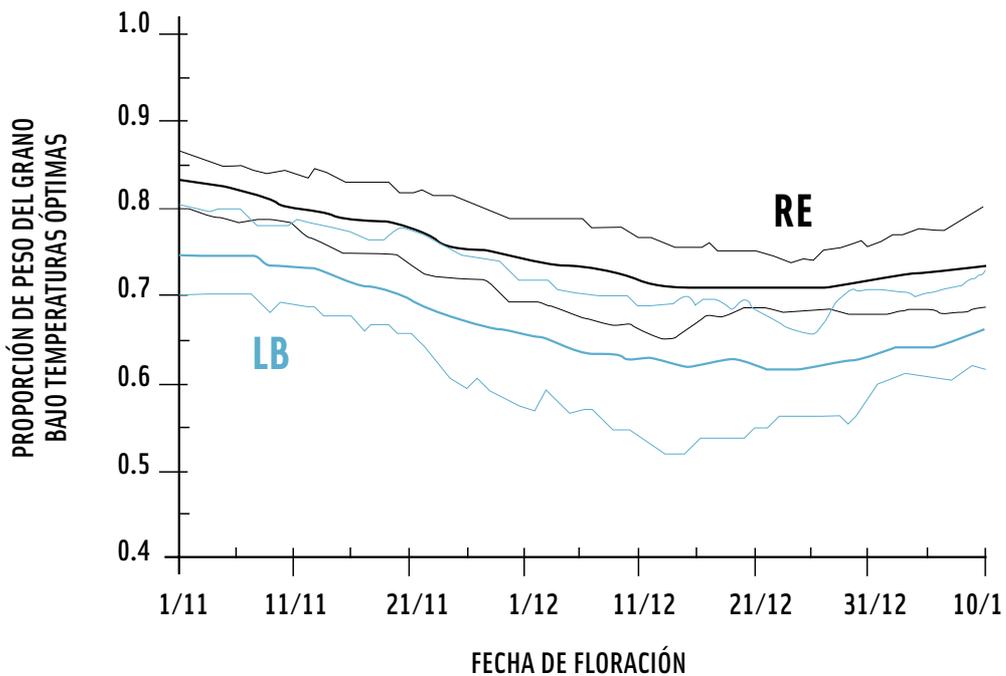


Figura 1. Efecto de la temperatura durante el llenado sobre el peso de los granos. Se muestra el peso relativo al de condiciones térmicas óptimas, para distintas fechas de floración en Reconquista (negro) y Las Breñas (azul). Las líneas gruesas son el promedio de 37 campañas y las finas el percentil 20 (inferior) y 80 (superior) de los pesos en las mismas.

El rendimiento alcanzable en seco y su dependencia del agua almacenada a la siembra

Como todos los cultivos de primavera en el NEA, el girasol está sujeto a episodios de déficit hídrico durante gran parte de su ciclo. En consecuencia, el agua almacenada en el suelo a la siembra juega un papel importante en la determinación del rendimiento. Para cultivos sembrados en agosto sobre un suelo a capacidad de campo y sujetos al régimen pluviométrico propio de cada año, el rendimiento medio simulado con OS fue de 2.2 ± 0.5 tn/ha en LB y 2.1 ± 0.6 tn/ha en RE. Aunque las lluvias de agosto a diciembre

son mayores en RE (506 ± 183 mm), que en LB (367 ± 132 mm), los suelos más pesados característicos de RE, con menor capacidad de infiltración y mayor impedancia a las raíces, dificultan tanto la captura de las lluvias como la capacidad del cultivo de utilizar agua en los estratos profundos. Los rendimientos simulados, que son similares al promedio registrado en los ensayos comparativos de rendimiento (ASAGIR 2009), muestran que aún sembrando temprano con el suelo a capacidad de campo, la disponibilidad

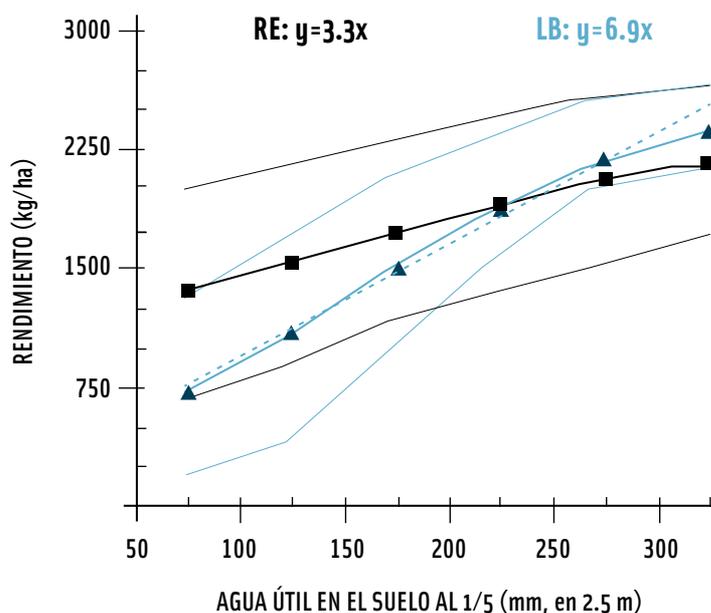


Figura 2. Efecto de la disponibilidad de agua útil almacenada en el suelo al 1/5 (mm, en 2.5 mts) sobre el rendimiento simulado (kg/ha) para siembras fijas del 10/8 en Reconquista (negro) y Las Breñas (azul). Las líneas gruesas son el promedio de 37 campañas y las finas el percentil 20 (inferior) y 80 (superior) de los rendimientos en las mismas. La línea punteada es un ajuste lineal a los niveles simulados y se muestran los valores de la pendiente de esas regresiones.

hídrica limita el rendimiento en más de 1 tn/ha respecto al potencial.

En los sistemas de producción del NEA pocos cultivos de girasol se siembran sobre un perfil completamente cargado de agua. La simulación del efecto de la reserva de agua en el suelo una vez que ha finalizado el cultivo precedente (se asumió el 1/5) pone de manifiesto la importancia de esa recarga (**Fig. 2**). Si solo se han almacenado 125 mm al 1/5, el rendimiento alcanzado en secano se reduce a 1.1 ± 0.7 tn/ha en LB y a 1.6 ± 0.7

tn/ha en RE. La caída del rendimiento medio (respecto del máximo de ca. 2.1 tn/ha) por una pobre recarga del perfil es de 6.9 kg/ha.mm en LB y de 3.3 kg/ha.mm en RE, reflejando la mayor dependencia del cultivo de la reserva de agua del suelo (menos lluvias) y un mejor uso del mismo (suelo menos restrictivo para las raíces) en LB. Estos resultados resaltan la necesidad de evaluar prácticas de manejo capaces de alterar la cantidad de agua que tendrá disponible en el suelo el cultivo de girasol.

Ingeniería del sistema de producción: cambios en el almacenamiento de agua, en la posibilidad de siembra y en las ventajas de la siembra temprana

El diseño del sistema de producción, del que el girasol es parte, tiene efectos sobre la economía del agua del cultivo que repercuten en los rendimientos. En un diseño, que es frecuente en la superficie de girasol sembrada en el Chaco, el cultivo se realiza bajo labranza convencional y, de ser necesario, siembras tipo “lister”. Una labranza oportuna, avanzado el otoño, permite reducir las pérdidas por evaporación del largo barbecho invernal y una siembra lister permite colocar la semilla en suelo húmedo y desplazar el suelo superficial seco para que no interfiera con la emergencia de la plántula. Esa estrategia, si bien logra alta seguridad de implantación, frecuentemente se asocia a un importante deterioro de la estructura del suelo y no es abordada en este trabajo. El sistema de producción de granos más frecuente en la región es una secuencia poco intensificada bajo siembra directa, donde la soja es el cultivo

dominante y la proporción de gramíneas, como cultivos o coberturas, es baja a nula. En este ambiente, que suele tener una pobre estructura superficial y escasa cobertura de rastrojos, el girasol participa como un cultivo de carácter oportunista, asociado a tener una buena recarga del perfil en otoño y a la ocurrencia de lluvias a la salida del invierno que permitan disponer de humedad para realizar una siembra en directa.

En el ensamble entre dos módulos de una secuencia, el manejo del antecesor del girasol tiene un efecto directo sobre la recarga de agua en el perfil del suelo. Frecuentemente se debe sembrar el cultivo sobre un antecesor soja. Sobre soja tardía, sembrada a principios de enero, el agua útil que se almacena al 1/5, simulando el sistema desde un año antes, es de 165 ± 56 mm en LB y de 165 ± 55 mm en RE (para efectuar estas estimaciones se utilizó el modelo funcional para soja

CROPGRO, ver Mercau 2003). Si la siembra de la soja se adelanta tanto como hasta noviembre, la leguminosa aprovecha una mayor proporción del agua de la estación y la recarga disponible al 1/5 para el girasol baja a 109 ± 46 mm en LB y a 129 ± 49 mm en RE. Sobre la base de las regresiones de la Figura 2, el costo del adelanto tan grande de la siembra de soja es de 0.4 tn/ha de girasol en LB y de 0.1 tn/ha en RE. Aunque no se explora aquí, existe además cierto margen para aumentar el agua para el girasol reduciendo el largo de ciclo en las siembras tardías.

Ya a escala del sistema de producción, y varias campañas, es posible mejorar la estabilidad estructural del primer horizonte del suelo y mantener cobertura de rastrojos con una secuencia de cultivos más intensificada, que tenga mayor participación de gramíneas bajo siembra directa y un manejo cuidadoso de las pendientes, el tránsito, el pastoreo, etc. Si se logra mejorar la condición ambiental respecto a la situación también en directa pero más dominada por el cultivo de soja, se reduce la escorrentía y la evaporación en el agro-sistema, lo que sube la recarga simulada al 1/5 sobre una soja tardía a 237 ± 67 mm en LB y a 244 ± 60 mm en RE. Por esa mayor recarga se cosecharían, en promedio, 0.5 tn/ha más de girasol en LB y 0.3 tn/ha más en RE. A ese beneficio se agrega el aumento del rendimiento por un mejor uso del agua caída durante el ciclo del girasol, que, para 175 mm de recarga inicial, es de 0.4 tn/ha en LB y 0.3 tn/ha en RE. Entonces, hacia el oeste de la región, el cambio de ambiente obrado por un sistema de producción aumentaría el rendimiento de girasol en casi 1 tn/ha.

La reducción en las pérdidas por escorrentía y evaporación bajo un sistema de producción intensificado y con más gramíneas también aumenta la

frecuencia de éxito en la implantación temprana del girasol. Se usó OS para evaluar la factibilidad de siembra entre el 20/7 y el 10/10 de cada año, asumiendo que para que una siembra efectuada en directa tenga éxito se requiere tener el 70% de agua útil en los primeros 45 cm del perfil y que al 1/5 la recarga esperable para este estrato es del 40% del agua útil. En un ambiente pobre en rastrojos y estructura, el patrón de lluvias en RE permite lograr siembras antes del 15 de septiembre en el 70% de los años, mientras que la frecuencia de éxito en LB baja al 30% (Figura 3). Cuando se mejora la estructura y hay cobertura de rastrojos, la probabilidad de siembra temprana llega al 80% en RE y al 58 % en LB. Duplicar la posibilidad de sembrar temprano en LB mejorará además el resultado de cultivos de "tercera", como se denomina en el norte a un cultivo de segunda sembrado sobre un cultivo de verano. Un módulo girasol/maíz en el sistema de producción podría tener un resultado muy positivo en el objetivo de conseguir y mantener cobertura de rastrojos y estabilidad estructural del suelo.

La factibilidad de siembra es uno de los condicionantes al crecimiento de la superficie de girasol en el NEA. La Figura 3 muestra lo variable que puede resultar la siembra en la región, llegando a no poder sembrar en varios años. Por contraste, en otras regiones, la siembra en una fecha objetivo es un proceso más seguro. Para un objetivo de siembra del 10/10 en Balcarce (región sudeste de Buenos Aires), el modelo simula que se logra sembrar en el 60% de los años ese día, en el 90% de los mismos hasta como máximo una semana después, y para fin de ese mes no hay años en los que no se haya podido sembrar. El hecho que resulta difícil o imposible sembrar girasol en directa en algunos años reduce el área de girasol. Ade-

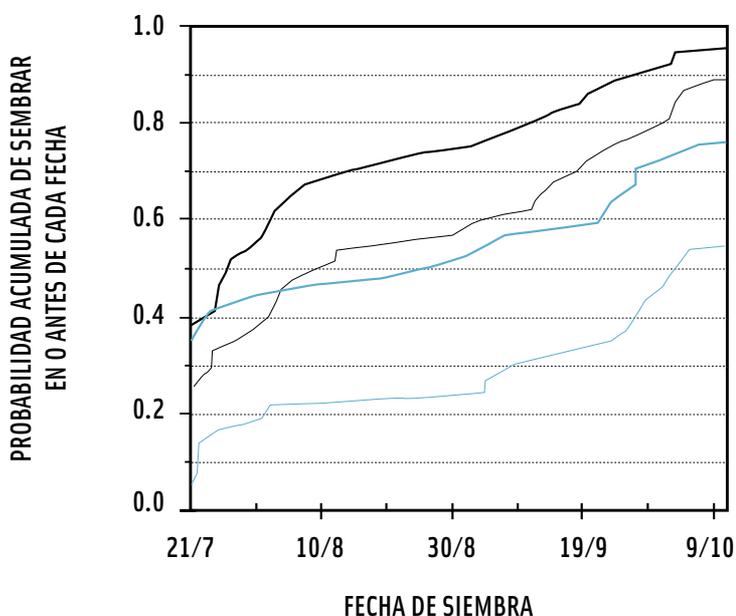


Figura 3. Efectos del patrón de precipitación y la condición del suelo sobre la posibilidad de siembra en Reconquista (negro) y Las Breñas (azul) entre el 20/7 al 10/10. Se muestra la probabilidad acumulada de sembrar en o antes de cada fecha indicada en abscisas. Se considera que una siembra es posible si la cantidad de agua útil en los primeros 45 cm supera el 70%, y se asume que esa parte del perfil contenía 40% de agua útil al 1/5. Las líneas gruesas y finas representan la condición buena y pobre del suelo respectivamente.

más, el retraso de la siembra desplaza la floración hacia el verano y aumenta el riesgo de una fuerte reducción del rendimiento por altas temperaturas (**Figura 1**), lo que también desalienta la siembra. La magnitud y forma del cambio de rendimiento con eol atraso de la siembra se modifica bajo distintas ofertas de agua. Con buena recarga otoñal del perfil, el rendimiento medio en siembras tempranas es mayor y más seguro (percentil 20) que en siembras tardías en RE y LB (**Figura 4**). En RE, bajo cualquier nivel de recarga inicial, la siembra del 10/8 rinde en promedio 0.2 tn/ha más que la siembra del 20/9 y son más seguras. En LB, en cambio, las siembras tempranas pierden su ventaja en la medida que el suelo está menos recargado. Según la simulación, la siembra del 20/9 bajo condiciones de mala recarga

se destaca respecto a la temprana por mejorar el techo de rendimiento al aprovechar mejor las primaveras húmedas. En base al promedio sería conveniente retrasar un poco la siembra si el perfil tiene menos del 200 mm el 1/5. Sin embargo, la siembra temprana mantiene una ventaja en el piso de rendimientos, define en condiciones de menor demanda aprovechando mejor la escasa recarga del suelo, hasta una recarga que supere los 150 mm aproximadamente. Los lotes insertos en un sistema de producción que les permita tener buena estabilidad estructural y cobertura de rastrojos no solo tendrán una mayor recarga y un mejor uso de las lluvias en la estación, sino que tendrán una ventaja adicional al poder con mayor frecuencia sembrar temprano para aprovechar esa condición.

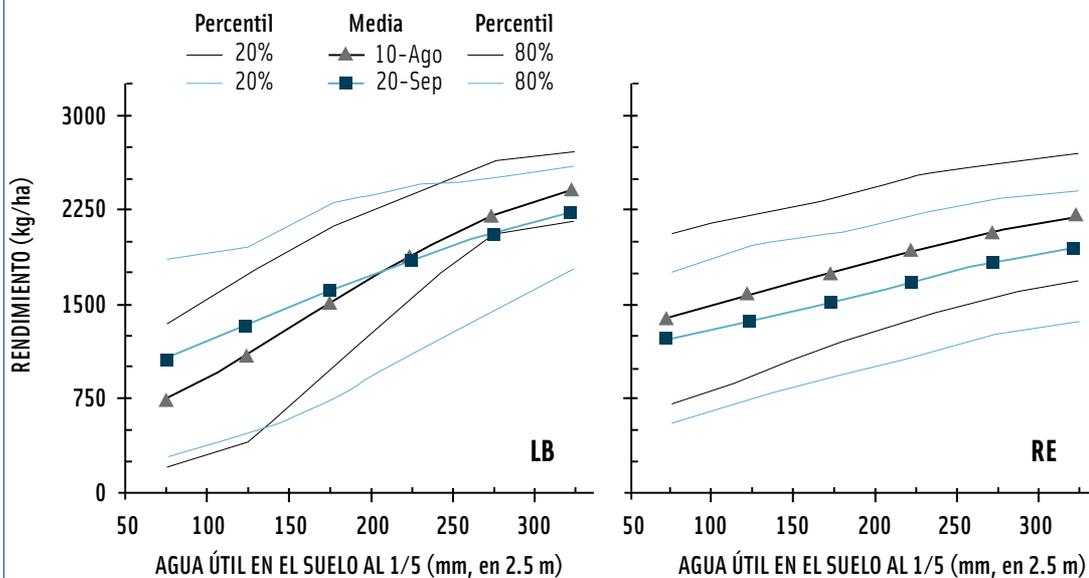


Figura 4. Efecto de la disponibilidad de agua útil almacenada en el suelo al 1/5 (mm, en 2.5 mts) sobre el rendimiento simulado (kg/ha) para Reconquista (derecha) y Las Breñas (izquierda) en siembras fijas del 10/8 (negro) y del 15/9 (azul). Las líneas gruesas son el promedio de 37 campañas y las finas el percentil 20 (inferior) y 80 (superior) de los rendimientos en las mismas.

Un ejemplo de interacción compleja: reserva de agua en el suelo/fecha de siembra/localidad/Fase del ENSO

La fase del ENSO (El Niño, Oscilación del Sur) tiene efectos sobre la variabilidad climática que pueden o no traducirse en diferencias de rendimientos. Los modelos de simulación permiten explorar los efectos sobre distintos planteos de producción y evaluar las decisiones más convenientes (Messina et al. 1999). El ENSO brinda una oportunidad de tomar decisiones porque al comienzo de la estación de cultivo se cuenta con un pronóstico confiable de la fase. Tomando dos

escenarios de recarga al 1/5, 250 y 125 mm se evaluó la ventaja de sembrar temprano en las distintas fases (**Figura 5**). En RE con ambas recargas es conveniente sembrar temprano independientemente de la fase. En LB con 250 mm de recarga es claro el aumento del promedio y la seguridad sembrando temprano en años Niña, y con menos claridad también en los Neutros. Aunque en los Niños la ventaja se pierde, estos escenarios más húmedos son proclives a otros problemas, como

las enfermedades y los anegamientos temporarios, que se agravan en siembras tardías (Chapman y de la Vega 2002). Si la recarga es de 125 mm, es clara la ventaja de sembrar más tarde en los Niños y también en los neutros, aprovechando la ventaja de los años húmedos. En RE

y especialmente en LB, los rendimientos simulados cuando el suelo está pobremente recargado y el año es Niña son muy bajos y hacen necesario evaluar la conveniencia de sembrar, o de pasar a un cultivo de verano.

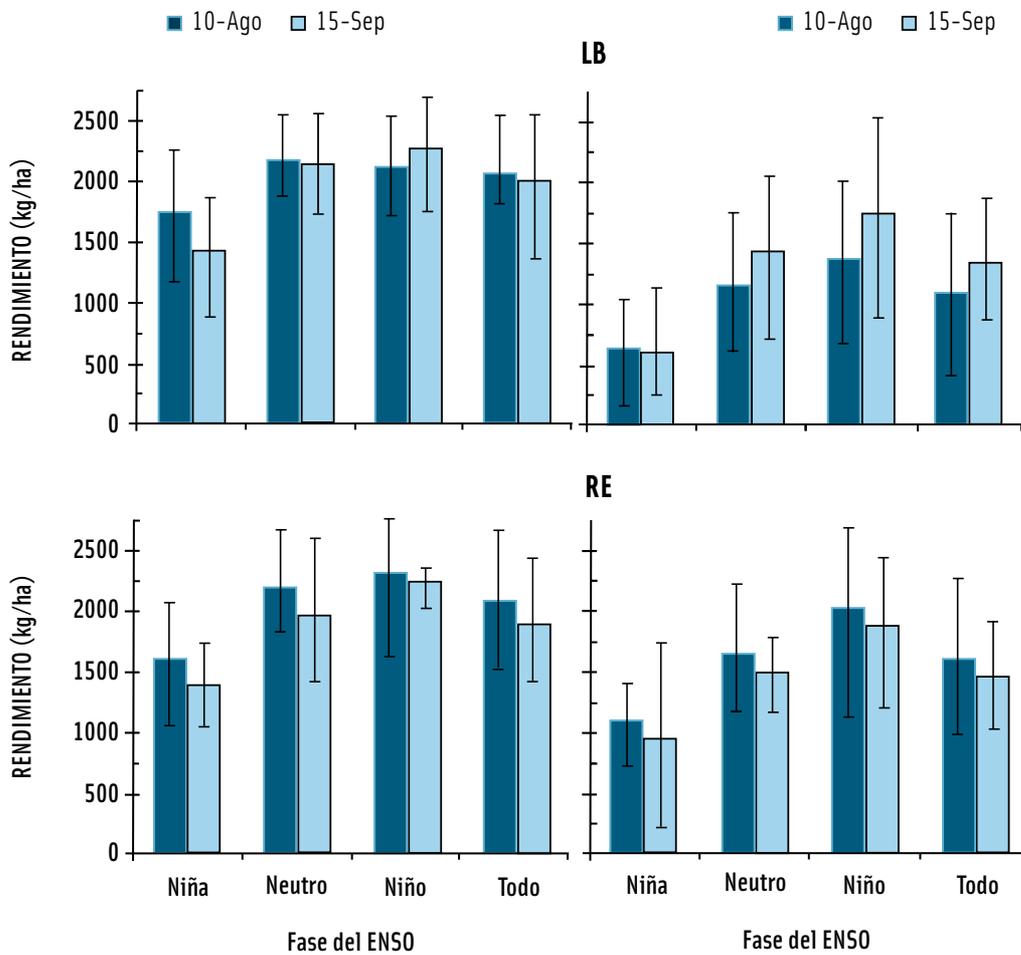


Figura 5. Efecto de las fases ENSO sobre el rendimiento simulado (kg/ha) para Reconquista (RE, abajo) y Las Breñas (LB, arriba) en siembras del 10/8 (columnas azules) y del 15/9 (columnas celestes) con una recarga inicial de 250 mm (izquierda) y de 125 mm (derecha) al 1/5. Las columnas indican el promedio de 8 campañas Niña, 21 neutras y 8 Niño, 37 en total y las barras negras van desde el percentil 20 (inferior) al 80 (superior) de los rendimientos en esas campañas.

CONCLUSIONES

Los ejemplos aquí presentados de uso de un modelo de simulación, alimentado con información climática y de suelos, para explorar interrogantes acerca del funcionamiento de los sistemas de producción del NEA sirven para ilustrar la potencia de este abordaje. El mismo mejora la apreciación de las múltiples interacciones que rigen el rendimiento, permite el diseño de hipótesis experimentales, y sirve de base para el diseño de reglas de decisión que pueden disminuir el riesgo de fracaso y aumentar el rendimiento promedio. Más allá de las eventuales debilidades e incertidumbres acerca del modelo y su funcionamiento, las hipótesis y apreciaciones surgidas de este estudio son casi imposibles de lograr a través de la experimentación sistemática por razones de envergadura, recursos y costos.

El valor de esta herramienta aumenta en condiciones de una pobre base experimental y rápidos cambios en tecnología de producción, situación imperante en el NEA. La evaluación realizada destaca a las siembras de agosto por su rendimiento potencial, aceptable riesgo de heladas y un régi-

men térmico no tan severo en el llenado. En seco, la disponibilidad de agua en el suelo previo a la siembra tiene un fuerte impacto en el rendimiento, especialmente cuando las lluvias de primavera son menores y el suelo no ofrece restricciones a la exploración radical. El diseño de sistemas de producción que aumenten la estabilidad del suelo en superficie y mantengan cobertura de rastrojos mejorará el resultado del girasol en el NEA. Respecto a una situación más pobre, con alta preponderancia del cultivo de soja en la rotación, esos cambios aumentan la cantidad de agua almacenada para hacer girasol, la posibilidad de siembras en fechas tempranas y la eficiencia del uso de agua de las lluvias durante el cultivo. Hacia el oeste de la región, estas prácticas podrían subir en 1tn/ha el rendimiento de girasol y duplicar la cantidad de años con siembras tempranas. Si el pronóstico del ENSO indica una fase Niña, podría ser conveniente no sembrar el cultivo en la región NEA en aquellos ambientes con muy mala recarga del perfil. Queda claro que los ejemplos presentados no agotan el cúmulo de importantes interrogantes



que se podrían abordar en relación con los sistemas de producción del NEA. Surge claramente que sería útil usar el mismo abordaje para evaluar los sistemas de producción “tradicional” (laboreo convencional, siembra con lister) del NEA. La aproximación podría servir también para ayudar a definir un manejo de la nutrición nitrogenada que reconozca la variación de la oferta hídrica. Pero tal vez, la mayor potencia y valor diferencial del uso de modelos funcionales se logre al avanzar sobre el estudio integral de todos los elementos del sistema de producción (p.ej., secuencias adaptables basadas en Girasol/Maíz-Soja), permitiendo una apreciación más acabada del conjunto, en vez de focalizar un cultivo o las interacciones entre cultivos precedente/subsiguiente.

Todo modelo es una simplificación de la realidad y resulta, por lo tanto, limitado en sus alcances. Para una mejor exploración de los condicionantes del girasol en el NEA sería conveniente incorporar al modelo respuestas del cultivo a las muy altas temperaturas (que entre otras cosas reducen el rendimiento vía la reducción del tama-

ño del grano) y a los anegamientos transitorios (más frecuentes en suelos pesados y en años Niño). Este trabajo procuró avanzar en ese sentido, cuantificando el efecto que la todavía escasa información fisiológica de base permite sugerir. Otra tarea que debe ser abordada es poner a prueba el modelo contra casos de observación concretos en el NEA, cosa que permitiría avanzar desde la actual prueba de concepto a la adopción, con mucha mayor confianza de lo que se puede tener ahora, basados en alentadoras, pero no concluyentes, comparaciones entre los resultados simulados y los datos surgidos del análisis de brechas efectuado por ASAGIR. El trabajo experimental y la evaluación de las decisiones tomadas por quienes manejan los cultivos, debe complementar la aproximación para que al potenciarse permitan mejorar los rendimientos del cultivo del girasol en el NEA.

AGRADECIMIENTOS

A ASAGIR por la invitación a escribir este trabajo y por haber generado un espacio donde discutirlo con tomadores de decisión en el NEA. A Antonio J. Hall, que es la brújula que señaló el norte a este trabajo desde sus orígenes para realizar una presentación en Charata. Antonio es además una de las personas fundamentales para que hoy me apasione indagar integralmente el funcionamiento de los sistemas de producción.

BIBLIOGRAFÍA

ASAGIR 2009. Proyecto Brechas de rendimiento en Girasol.

Chapman, S.C. y A.J. de la Vega. 2002. Spatial and seasonal effects confounding interpretation of sunflower yields in Argentina. *Field Crop Research*, 73:107-120.

Mercau, J.L. 2003. Modelos de simulación y aplicación de herramientas informáticas para el manejo del cultivo. En "El Libro de la Soja". Cuaderno de actualización técnica 66. AACREA. E.H. Satorre (ed.).

Messina, C.D., Hansen, J.W., Hall, A.J., 1999. Land allocation conditioned on El Niño-Southern Oscillation phases in the Pampas of Argentina. *Agricultural System*, 60: 197-212.

Rondanini, D., A. Mantese, R. Savín y A.J. Hall. 2006. Responses of sunflower yield and grain quality to alternating day/night high temperature regimes during grain filling: Effects of timing, duration and intensity of exposure to stress. *Field Crop Research* 96: 48-62.

Villalobos F.J., A.J. Hall, J.T. Ritchie, F. Orgaz. 1996. OILCROP-SUN: a development, growth and yield model of the sunflower crop. *Agronomy Journal*, 88: 403-415.