



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

UNLP

Trabajo final de carrera

“ATRASAR LA SIEMBRA Y MODIFICAR LA DISTANCIA ENTRE HILERAS: ¿CÓMO IMPACTA EN EL RINDE DE SOJA?”

Alumna: Vicente, Consuelo

Carrera: Ingeniería Agronómica

N° de legajo: 27149/7

Email: consuelo.vicente@hotmail.com

DNI: 37.275.300

Tel.: (02314) - 15445492

Directora: Ing. Agr. Chamorro, Adriana (FCAyF-UNLP).

Co directora: Ing. Agr. Girón, Paula (EEA INTA General Villegas).

Lugar de realización: Estación Experimental Agropecuaria INTA General Villegas.

Fecha de entrega: 29 de Noviembre de 2019.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
La soja en el partido de General Villegas. Principales decisiones asociadas a la siembra del cultivo.....	7
Hipótesis:	12
Objetivo principal:.....	12
Objetivos particulares:	12
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Tratamientos y diseño experimental del ensayo	13
Registro de datos y cálculo de variables	14
Datos Meteorológicos	14
Fenología	14
Intercepción de la Radiación	14
Eficiencia en el Uso de la Radiación	15
Humedad del suelo, Consumo de agua (UC) y Eficiencia en el Uso de Agua	15
Rendimiento, Biomasa, Índice de cosecha	16
Análisis estadístico.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
Desarrollo del ensayo. Fenología	17
Condiciones de crecimiento, producción de biomasa y rendimientos en las distintas fechas de siembra.	21
Intercepción de la radiación, radiación acumulada y eficiencia en el uso de la radiación.	27
EUA para biomasa y rendimiento.	32

DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41
APÉNDICE	47

RESUMEN

En el cultivo de soja, la elección de la fecha de siembra (FS), el cultivar y el distanciamiento entre hileras (DEH), son decisiones que, en conjunto, impactan fuertemente sobre el rendimiento. Se entiende que la combinación de estos factores, permite ubicar el período crítico para la determinación del rendimiento en ambientes más favorables, maximizar la intercepción de radiación y la tasa de crecimiento. La hipótesis de esta tesis plantea que al retrasar la FS, el impacto en el rendimiento por reducción de DEH en cultivares de soja de grupo de maduración (GM) de ciclo largo, es menor que en GM de ciclo corto. El ensayo se condujo en la EEA INTA General Villegas, ubicada en el noroeste bonaerense, con el objetivo de analizar el comportamiento fenológico, ecofisiológico y productivo de distintos cultivares de soja de diferente GM, (IIIC, IIIL, IVC y IVL); en cinco FS, distribuidas desde octubre hasta enero) y tres DEH, (0,20 m, 0,40 m y 0,52 m). Se estudiaron las condiciones ambientales en el desarrollo fenológico del cultivo para todas las FS, la eficiencia en el uso de la radiación y del agua; y el rendimiento. Los tratamientos se analizaron por combinación factorial y los resultados mediante ANOVA. Se encontró un rendimiento similar en las primeras cuatro FS con un promedio de 4438 kg ha^{-1} , sólo en la FS4 se registró una merma de 106 kg ha^{-1} por día de retraso en la FS. Asimismo, a medida que se retrasó la FS comenzó a tener impacto la variable DEH, explicado principalmente por la eficiencia de intercepción de la radiación. Puesto que, a partir de la FS4 se observó que surcos más estrechos, permitieron obtener mayores rendimientos, sobre todo en cultivares de ciclo más corto, lo cual permitió verificar la hipótesis.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja (*Glycine max (L.) Merr.*) reviste un valor singular para la economía de nuestro país, no sólo por ser uno de los productos que provee mayores ingresos de divisas ligado a la producción y exportación de granos, sino principalmente por el agregado de valor que implica la industria aceitera. A nivel mundial, USA, Brasil, Argentina y China integran los cuatro primeros productores, siendo el gigante asiático el mayor consumidor (FAO, 2019).

En Argentina y, principalmente, en la región Pampeana, durante los últimos 30 años se ha experimentado un proceso de agriculturización, caracterizado por una intensificación agrícola. Este proceso ha avanzado hacia la simplificación de los esquemas de producción, en los que preponderan las especies primavero-estivales como la soja y el maíz (*Zea mays (L.)*) (Manuel-Navarrete et al., 2009; Restovich et al., 2012).

En este contexto actual, la soja en Argentina representa el principal cultivo tanto por el nivel de producción, como también por la superficie ocupada. En los últimos 5 años, la superficie sembrada fue, en promedio de 19,6 millones de hectáreas lográndose una producción promedio de 55,6 millones de toneladas (Figura 1.a) (MAGyP, 2019). El crecimiento del área sembrada de esta oleaginosa se inició en el país a mediados de los años '70 y desde entonces ha manifestado una tendencia continua y progresiva, alcanzando en la actualidad una cobertura del 60% de la superficie sembrada (Ybran y Lacelli, 2016), con un incremento aún más notable a partir de 1996 cuando se incorporaron cultivares genéticamente modificados, con resistencia al herbicida glifosato (Bert y Satorre, 2013). Los motivos de la gran expansión sojera en el agro argentino se vinculan tanto a su buena adaptación a los suelos y la incorporación de tecnología como a la evolución de los precios del mercado internacional, debido a que gran parte de la producción se exporta. Argentina

es el 3º exportador de soja a nivel mundial, el 84% de la producción se exporta como grano, harina, aceite y biodiesel (BCR, 2016). Desde otra perspectiva, el proceso creciente de “sojización” implicó que se hayan incorporado nuevas áreas al cultivo, y/o se hayan desplazado áreas destinadas a otros cultivos o producciones (Strada y Vila, 2015), generando distintos efectos de orden ecológico, productivo, económico y social (Mengo, 2008).

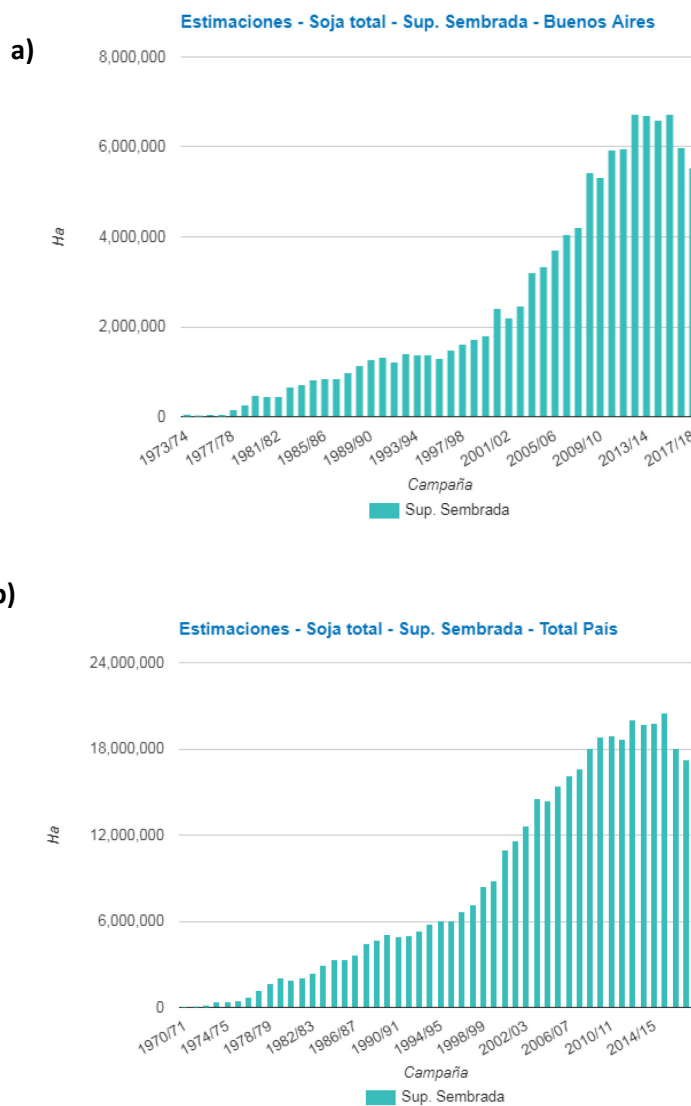


Figura 1. a) Superficie sembrada de soja (en hectáreas) en Argentina, período 1970-2019 y **b)** En Buenos Aires, período 1973-2014 (Fuente: MAGyP, 2019).

En la provincia de Buenos Aires, el cultivo de soja también tuvo una expansión muy marcada hacia finales de los '90 ocupando, en 2017/2018 el 18%, (5,55 millones de hectáreas), del total de la superficie agrícola del país (31 millones de ha) (MAGyP, 2019) (Figura 1.b). Actualmente, su frecuencia en las rotaciones es de dos cada tres años, lo que refleja una proporción importante de sistemas basados en un único cultivo anual (Caviglia et al., 2013).

La soja en el partido de General Villegas. Principales decisiones asociadas a la siembra del cultivo.

El partido de General Villegas, se encuentra ubicado en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, en la tradicional región de Invernada, que en años recientes adicionó otras producciones (leche, cereales y oleaginosos). Integra una llanura de escasa pendiente, dentro de la región subhúmeda pampeana, donde predominan los suelos con aptitud de uso agrícola-ganadero y ganadero-agrícola clasificados como Hapludoles (Caimi et al., 2011). Los sistemas de producción predominantes (mixtos) han cambiado fuertemente en los últimos años debido al avance de la agricultura. En la producción de granos oleaginosos, la soja ha desplazado al girasol entre los cultivos para aceite. El destino principal de la producción es la exportación y en menor proporción el consumo interno (Caimi et al., 2011). Existen en la zona aceiteras que procesan un importante volumen de soja y girasol, siendo de esta manera un cultivo de gran importancia para la región (Caimi et al., 2011). Por tal motivo resulta de interés poder analizar distintas variables de manejo y tecnologías de proceso que permitan obtener mayores rendimientos, mediante una adecuada utilización de los recursos.

Las tecnologías de proceso consisten en procedimientos, basados en la toma de decisiones técnicas. Si bien estas tecnologías tienen un costo económico, el resultado

variará en función de la forma en que se utilice (Ventimiglia y Torrens Baudrix, 2015). Por lo dicho anteriormente, las tecnologías de proceso más que un costo económico tienen un costo intelectual (Ferraris y Zárate, 2017). En esta categoría entran tecnologías de manejo para el cultivo de soja como la elección de fecha de siembra (FS), del distanciamiento entre hileras (DEH) y del cultivar.

La **FS** es una de las decisiones de mayor influencia sobre los rendimientos de los cultivos, ya que determina el ambiente que explorará, lo cual repercute en la duración del ciclo y en la capacidad de interceptar radiación solar, afectando consecuentemente la producción de biomasa y el rendimiento en grano (Otegui y López Pereira, 2003).

El rendimiento potencial de una especie, es aquel que se obtiene en un ambiente dado en ausencia de estreses abióticos y bióticos. Bajo estas condiciones, el rendimiento depende de la cantidad de radiación que el cultivo sea capaz de interceptar y su eficiencia para convertirlo en biomasa (Otegui, 2015). En este contexto, el rendimiento de un cultivo de grano puede ser explicado como el producto entre biomasa total y el índice de cosecha (IC):

$$\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Biomasa (kg ha}^{-1}\text{)} * \text{IC}$$

La biomasa a su vez es el resultado de la intercepción y utilización de la radiación solar incidente sobre el cultivo, durante su ciclo ontogénico. La radiación solar fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por los cultivos es transformada en biomasa, de forma que la pendiente de la relación lineal entre ambas variables representa la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) (Sinclair y Muchow, 1999).

La EUR es afectada por diversos factores ambientales, siendo la temperatura uno de los principales, puesto que condiciona la cantidad de radiación que es interceptada por el cultivo a partir de su efecto sobre la tasa de desarrollo (Andrade, 1995; Muchow et al., 1990; Stockle y Kemanian, 2009). Kantolic y Satorre (2004) señalan la estrecha relación entre la radiación interceptada acumulada entre los

estados R3 y R6 de la soja (Inicio de formación de vainas y fin de llenado de los granos según Fehr y Caviness, 1977) y el número de granos producido, componente numérico más determinante del rendimiento, hecho que marca la importancia de lograr el valor de intercepción crítica del 95% al comienzo del crecimiento de las vainas.

También se destaca por su efecto sobre la EUR el contenido hídrico del suelo: en presencia de déficits hídricos se reduce la expansión de hojas y la fotosíntesis foliar, y, por consiguiente, se limita el crecimiento (Sinclair y Muchow, 1999; Williams y Boote, 1995) reduciendo la intercepción de la radiación incidente.

En los cultivos de verano las mayores disminuciones en el rendimiento se producen cuando los déficits hídricos ocurren en la floración (Andrade y Sadras, 2000) y en etapas posteriores (Karam et al., 2005). Debido a ello, las variaciones en el rendimiento están explicadas en gran parte por las lluvias y temperaturas hacia fines de primavera y durante el verano (Bert y Satorre, 2013).

Particularmente, la producción en soja muestra gran dependencia de la disponibilidad hídrica durante el período comprendido entre la generación de vainas y el llenado de granos (Schou et al., 1978; Karam et al., 2005). Esto es así porque durante estas etapas ocurre el crecimiento de los órganos reproductivos; por lo tanto, cuando se resiente el crecimiento del cultivo en esta etapa hay un efecto directo sobre la supervivencia y crecimiento de vainas y semillas. Por este motivo, este período es considerado crítico para la determinación del rendimiento del cultivo y debe prestarse especial atención a su ubicación temporal en relación a la disponibilidad de recursos.

La biomasa producida por unidad de agua consumida expresa la eficiencia con la cual el cultivo fija carbono en relación con el agua que pierde, y a esta relación se la define como eficiencia en el uso del agua (EUA) (Dardanelli et al., 2008). La elección de cultivares es una estrategia para mejorar la EUA debido a su variabilidad intraespecífica (Prieto, 2011). En soja, los diferentes grupos de madurez (GM) también podrían incidir, indirectamente, sobre cambios en la EUA, considerando que difieren

según el alcance de extracción de agua de las raíces y la generación de biomasa aérea (Dardanelli et al., 2008).

Los cultivos se deben manejar de forma tal que los períodos críticos para la determinación del rendimiento ocurran en momentos donde las condiciones ambientales sean las más favorables para el crecimiento (Andrade y Cirilo, 2000).

De acuerdo con Baigorri (2004), el orden de importancia de las prácticas de manejo en soja es: 1- caracterización del ambiente de producción, 2- elección del grupo de maduración (GM) y (FS), 3- elección del cultivar, 4- determinación del DEH y 5- definición de la densidad de siembra.

Los distintos **cultivares** de soja, de acuerdo a sus requerimientos termofotoperiódicos, se clasifican en GM, con numeración romana. En nuestro país, se utilizan los GM del II al IX, los cuales tienen adaptación diferencial a las distintas latitudes y, entre otras características, difieren en la longitud del ciclo. Una incorrecta elección del GM produce pérdidas de rendimiento de niveles variables de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas del sitio. Si se siembran cultivares de ciclo más corto de lo recomendable, tendrán un crecimiento y rendimiento reducidos y desaprovecharán la oferta del ambiente. Si se siembran cultivares más largos de lo recomendable, alargarán su ciclo, pudiendo ser afectado el llenado de los granos por las heladas tempranas, y se incrementarán los costos de producción asociados al control de malezas, plagas y enfermedades (Baigorri, 2004).

Particularmente, en el cultivo de soja, la **FS** es un factor importante que afecta el crecimiento y desarrollo, el rendimiento (Zhang et al., 2010) y la calidad de grano (Rahman et al., 2005). Los rendimientos son generalmente mayores en FS más tempranas debido a la mayor duración de los estados vegetativos y reproductivos (Chen y Wiatrak, 2010). Además, el rendimiento en soja está correlacionado con la duración de la floración, número de vainas (Egli y Bruening, 2000) y llenado de granos (Andrade, 1995).

El **DEH** es una variable de manejo que puede tener, en determinadas situaciones, un importante efecto sobre el rendimiento de los cultivos. Un DEH que permita una distribución equidistante de las plantas favorecerá una cobertura del suelo más temprana por parte del canopeo asegurando una mayor captura de radiación durante el período crítico para la determinación del rendimiento (Shibles y Weber, 1966). Sin embargo, si el cultivo llega al período crítico con el índice de área foliar (IAF) requerido para interceptar el 95% de la radiación solar incidente (IAFc) no debería haber diferencias de rendimiento para distintos DEH. De la misma manera, una distribución de las plantas más equidistante también favorecería el uso de otros recursos como el agua disponible.

Según Baigorri (2004) los cultivares no responden por igual al DEH. Los más precoces, con menor cantidad de ramificaciones y menor altura presentan en general mayor respuesta a la reducción de la DEH. No obstante, en un estudio realizado en la campaña 2014-2015 (Girón et al., 2015) no se encontraron diferencias entre cultivares precoces respecto a los de ciclo completo según el comportamiento al DEH.

En la medida que el menor DEH determine una mayor y más temprana cobertura del suelo, también contribuirá a una mayor conservación de la humedad superficial y mejorará el comportamiento del cultivo bajo situaciones de sequía (Baigorri, 2004).

Una correcta elección de la combinación FS, DEH y GM (cultivar) permitirá un buen crecimiento del cultivo ubicando el período de llenado de los granos (crítico para la determinación del rendimiento) en el momento con menor probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico. Asimismo reducirá la incidencia de enfermedades, se minimizará la probabilidad de daños por heladas y se ubicará la cosecha en un momento que, por la distribución de las precipitaciones, tenga una baja probabilidad de sufrir demoras y afectar la calidad de la semilla (Baigorri, 2004).

Por lo tanto la combinación de los factores FS, DEH y cultivares, permitiría ubicar el período crítico en ambientes más favorables, maximizar la intercepción de radiación, la tasa de crecimiento y por ende el rendimiento.

Hipótesis:

A medida que se retrasa la FS el impacto en el rendimiento por reducción de DEH en cultivares de soja de GM de ciclo largo es menor que en GM de ciclo corto.

Objetivo principal:

Evaluar el comportamiento fenológico, ecofisiológico y productivo de distintos cultivares de soja en cinco fechas de siembra y tres distanciamientos entre hileras en el noroeste bonaerense.

Objetivos particulares:

- Analizar la duración de las fases vegetativas y reproductivas de cada cultivar a medida que se retrasa la FS.
- Calcular la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) y la eficiencia en el uso del agua (EUA) según la FS, DEH y cultivar.
- Evaluar las variaciones en el rendimiento ante un atraso en la FS a medida que se reduce el DEH y se modifica el ciclo del cultivar elegido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos y diseño experimental del ensayo

El ensayo se condujo en el campo experimental de la EEA INTA General Villegas (34° 52' 00" S 62°45' 53" O), provincia de Buenos Aires, Argentina. Sobre un suelo clasificado taxonómicamente como Hapludol típico.

Los tratamientos fueron la combinación factorial de cinco fechas de siembra, tres distanciamientos entre hileras y cuatro cultivares de diferentes GM. Las FS de los ensayos fueron: 4 de octubre (FS1), 23 de octubre (FS2), 21 de noviembre (FS3), 12 de diciembre (FS4) de 2018 y 16 de enero de 2019 (FS5). Todas las FS se sembraron sobre rastrojo de maíz. Cada unidad experimental (UE) contó con tres réplicas.

Se evaluaron los siguientes cultivares: III C (DM3312), III L (DM3815 IPRO STS), IV C (DM40R16 STS) y IV L (DM4612). Todos de hábito de crecimiento indeterminado, ampliamente difundidos en la región.

Los DEH utilizados en el ensayo fueron de 0,52 m, 0,40 m y 0,20 m. Los ensayos se sembraron con 2 sembradoras neumáticas, una de 4 cuerpos separados a 0,52 m, y otra de 7 cuerpos separados cada 0,20 m con la posibilidad de siembras a 0,40 m usando sólo los 4 cuerpos delanteros. La densidad de siembra fue de 40 semillas m². Las unidades experimentales (UE) fueron de 21 m² para 0,52 m de DEH (10 m x 4 surcos), 32 m² para DEH de 0,40 m (10 m x 8 surcos) y 28 m² para DEH de 0,20 m (10 m x 14 surcos). Cabe aclarar que en la FS3 el DEH de 0,20 m tuvo una mala implantación por lo tanto no fue considerado en este estudio.

Se realizaron controles químicos habituales para mantener el ensayo libre de malezas y plagas.

El diseño experimental para cada FS fue en parcelas divididas, donde la parcela principal fue el DEH y la sub-parcela los cultivares.

Registro de datos y cálculo de variables

Datos Meteorológicos

Los datos meteorológicos, durante el período de ensayo, fueron tomados de la estación meteorológica automática de la EEA INTA Gral. Villegas situada a 1500 m de distancia del ensayo. Se registraron las precipitaciones (PP, expresadas en mm), radiación global (Rg, MJ m⁻² día⁻¹), temperatura media (Tm, en °C) y humedad relativa (HR, %), entre octubre del 2018 y abril de 2019 por quincena (Tabla 1).

Fenología

El seguimiento de las etapas fenológicas de los cultivares de soja se llevó a cabo en forma periódica, de acuerdo con la escala propuesta por Fehr y Caviness (1977). Las observaciones se realizaron en los surcos centrales de cada sub-parcela, evitando los bordes, con una frecuencia semanal.

Intercepción de la Radiación

Para estimar la radiación solar incidente sobre el cultivo (Ri, MJ m⁻²) se consideraron los datos de radiación global, registrados por la estación meteorológica antes mencionada, y se los multiplicó por un factor de 0,4 (Birch et al., 1999). La sumatoria diaria de Ri, afectada por la eficiencia de intercepción del cultivo (Ei), permitió obtener la RFA interceptada por el cultivo (RFAi, Gallo y Daughtry, 1986) para un período determinado.

$$RFAi = \sum Ri \times Ei$$

La Ei se determinó mediante el empleo de un sensor lineal cuántico (Ceptómetro, Cavadevices®) de 1 m de longitud de zona sensora. De acuerdo a la técnica de Gallo y Doughtry (1986), colocando el sensor por encima del cultivo se tuvo

la radiación incidente (I_0) y posicionado por debajo del dosel, en diagonal a los entre surcos se obtuvo la radiación transmitida (I_t).

$$E_i = (I_0 - I_t) / I_0$$

I_0 e I_t fueron registrados en los estadios R1, R3, R5 y R7 (Fehr y Caviness, 1977). Por cada UE se tomaron tres lecturas, en días totalmente despejados y en horas de máxima radiación (11.30 - 14:00 hs). La E_i diaria entre observaciones se obtuvo por interpolación lineal R1-R3, R3-R5 y R5-R7 y extrapolación lineal (E-R1).

Eficiencia en el Uso de la Radiación

La EUR se calculó para la producción de biomasa y para el rendimiento como la relación entre la biomasa acumulada en R7 o el rendimiento y la RFAi acumulada hasta R7 (Sinclair y Muchow, 1999).

$$EUR_b = \text{Biomasa} / RFA_i \text{ (g MS MJ}^{-1} \text{ m}^{-2}\text{)}$$

$$EUR_r = \text{Rendimiento} / RFA_i \text{ (g grano MJ}^{-1} \text{ m}^{-2}\text{)}$$

Humedad del suelo, Consumo de agua (UC) y Eficiencia en el Uso de Agua

Para el cálculo de la EUA, sólo se utilizaron los cultivares DM3312 y DM4612 por ser los de ciclo más corto y más largo respectivamente.

Se midió humedad edáfica gravimétrica a la siembra y en R7 en estratos cada 0,20 m hasta 2 m de profundidad. Para ello se midió densidad aparente (DAP) de suelo y el punto de marchitez permanente (PMP) hasta el metro de profundidad y luego estos valores se mantuvieron constantes hasta los 2 m. Para calcular la humedad gravimétrica (en mm) se multiplicó el contenido de agua (%) - el PMP (%) y a esto se lo multiplicó por la DAP y la profundidad de suelo. El uso consuntivo (UC), es

decir la cantidad total de agua requerida por el cultivo desde la siembra hasta la cosecha, se calculó como:

$$UC = ADR7 - ADSi + Pp$$

Donde ADR7: el agua disponible en R7 hasta 2 m de profundidad, ADSi: el agua disponible en la siembra a la misma profundidad, y Pp: las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo.

La EUA (kg mm^{-1}) se estimó en términos para producción de biomasa (EUA_b) y de rendimiento (EUA_r) considerando la relación entre el rendimiento en grano y el UC (kg grano mm^{-1} , EUA_r) y de igual manera la relación entre la biomasa acumulada a R7 y el UC ($\text{kg biomasa mm}^{-1}$, EUA_b) según corresponda.

$$EUA_b = \text{Biomasa}/UC$$

$$EUA_r = \text{Rendimiento}/UC$$

Rendimiento, Biomasa, Índice de cosecha

En el estadio R7 (Fehr y Caviness, 1977) se cortaron las plantas de 1,05 m lineales en cada UE y se colocaron en estufa con ventilación forzada a 100°C hasta alcanzar peso seco constante, para determinar el contenido de biomasa aérea en kg ha^{-1} de materia seca (MS).

La cosecha se realizó con una cosechadora experimental Wintersteiger®, sobre los 4 surcos centrales de la parcela y 5 m de largo y se determinó el rendimiento en grano (expresado al 13,5% de humedad) en kg ha^{-1} .

El IC se obtuvo como el cociente entre el rendimiento de grano y la biomasa aérea total producida hacia el final del ciclo.

Análisis estadístico

Los datos de Biomasa, Rendimiento, RFAi, EUR y EUA fueron analizados mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y las diferencias entre medias con LDS Fisher ($P < 0,05$) con el paquete de software InfoStat (Di Rienzo et al., 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo del ensayo. Fenología

La Tabla 1 muestra las condiciones térmicas y las precipitaciones registradas durante el período de ensayo. El mes de enero de 2019 registró precipitaciones marcadamente mayores a las normales (317,2 mm vs. 128,5 mm) que afectó principalmente la implantación de la FS5. Los meses siguientes resultaron más secos de lo normal y mientras las primeras FS ya contaban con un crecimiento que les permitió sobrellevar la situación, la última FS fue muy afectada negativamente.

Tabla 1: Precipitaciones (Pp) y temperatura media (T°) por quincena desde octubre del 2018 a abril del 2019 y precipitaciones mensuales históricas (Gral. Villegas, PBA, Argentina).

Quincena	Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
T° (°C)	16,3	18,2	21,6	20,6	21,8	25,0	23,0	25,3	22,6	24,3	20,8	18,2	19,0	17,3
Pp (mm)	0,0	49,5	42,4	43,0	37,5	113,1	96,4	220,8	29,6	18,3	22,6	0,0	8,2	0,0
Pp (mm) (1973-2018)	104,1		100,0		111,0		128,5		96,6		122,6		76,8	

La Tabla 2 muestra las fechas de ocurrencia de la emergencia y algunos estados reproductivos para los distintos cultivares en las cinco FS. Se observó que a medida que la FS se retrasó, la duración de ciclo en general se acortó. Así, la duración de ciclo

total en promedio fue de 128, 118, 103, 102 y 92 días desde la FS1 a la FS5, respectivamente (Tabla 3). Al mismo tiempo, el atraso en la FS llevó a que las diferencias entre cultivares se redujeran, mientras que en la FS1 los cultivares DM3312, DM3815, DM40R16 y DM4612 tuvieron una duración de ciclo total de 123, 125, 130 y 133 días, respectivamente, en la FS5 la diferencia fue de sólo 2 días entre DM3312 y DM4612 (91 vs 93 días).

Tabla 2. Fechas fenológicas de los cultivares para las cinco fechas de siembra (FS). VE: Emergencia, R1: Inicio de floración, R3: inicio de formación de vainas, R5: inicio de llenado de granos, R7: madurez fisiológica.

FS	Cultivar	VE	R1	R3	R5	R7
FS1 4-oct-18	DM3312	18-oct-18	30-nov-18	14-dic-18	6-ene-19	18-feb-19
	DM3815	18-oct-18	30-nov-18	15-dic-18	18-ene-19	20-feb-19
	DM4016	18-oct-18	1-dic-18	17-dic-18	21-ene-19	25-feb-19
	DM4612	18-oct-18	1-dic-18	18-dic-18	22-ene-19	28-feb-19
FS2 23-oct-18	DM3312	6-nov-18	7-dic-18	26-dic-18	29-ene-19	28-feb-19
	DM3815	6-nov-18	8-dic-18	27-dic-18	29-ene-19	3-mar-19
	DM4016	6-nov-18	8-dic-18	27-dic-18	30-ene-19	5-mar-19
	DM4612	6-nov-18	8-dic-18	28-dic-18	30-ene-19	8-mar-19
FS3 21-nov-18	DM3312	28-nov-18	10-ene-19	24-ene-19	4-feb-19	10-mar-19
	DM3815	28-nov-18	10-ene-19	25-ene-19	4-feb-19	10-mar-19
	DM4016	28-nov-18	10-ene-19	25-ene-19	4-feb-19	11-mar-19
	DM4612	28-nov-18	11-ene-19	25-ene-19	5-feb-19	12-mar-19
FS4 12-dic-18	DM3312	20-dic-18	20-ene-19	6-feb-19	20-feb-19	28-mar-19
	DM3815	20-dic-18	21-ene-19	7-feb-19	21-feb-19	1-abr-19
	DM4016	20-dic-18	21-ene-19	7-feb-19	22-feb-19	1-abr-19
	DM4612	20-dic-18	22-ene-19	8-feb-19	23-feb-19	1-abr-19
FS5 16-ene-19	DM3312	21-ene-19	28-feb-19	12-mar-19	24-mar-19	22-abr-19
	DM3815	21-ene-19	28-feb-19	12-mar-19	24-mar-19	22-abr-19
	DM4016	21-ene-19	28-feb-19	12-mar-19	24-mar-19	23-abr-19
	DM4612	21-ene-19	1-mar-19	13-mar-19	26-mar-19	24-abr-19

Por otro lado, las diferentes FS, expusieron al cultivo a distintas condiciones térmicas para su crecimiento. En general, a medida que se retrasó la FS, el cultivo estuvo sometido a temperaturas más altas durante las etapas vegetativas y más bajas durante las etapas reproductivas (Tabla 3). Particularmente el llenado de los granos (R5-R7), que se desplazó desde enero-febrero a marzo-abril (Tabla 2), se fue produciendo bajo condiciones térmicas menos favorables a medida que se retrasó la siembra (Tabla 3).

Las FS también condicionaron diferencias en las precipitaciones acumuladas, debido no sólo a la distribución de las precipitaciones sino también al mencionado acortamiento del ciclo total del cultivo (Tabla 3).

Respecto de las precipitaciones, la FS1 recibió algo más de 600 mm durante el ciclo, valor que se fue reduciendo al atrasar la siembra, pero sólo en la FS5, que no alcanzó a recibir 250 mm, se observó un impacto de importancia sobre los rendimientos.

Tabla 3: Duración del ciclo del cultivo (E a R7) de distintos cultivares de soja en cinco fechas de siembra (FS), precipitaciones ocurridas durante el mismo (P_{pac} en mm) y temperaturas medias registradas para el ciclo completo y para distintos períodos del mismo (Gral. Villegas, PBA, Argentina).

FS	Cultivar	Dias (E-R7)	P_{pac} (mm) (E-R7)	T media(°C)			
				EV	ER	R5-R7	E-R7
1	DM3312	123	620	19,8	23,5	23,5	22,3
	DM3815	125	620				
	DM40R16	130	639				
	DM4612	133	639				
2	DM3312	114	596	21,06	23,7	23,1	22,9
	DM3815	117	619				
	DM40R16	119	619				
	DM4612	122	619				
3	DM3312	102	538	23,2	22,9	23,7	23,2
	DM3815	102	538				
	DM40R16	103	538				
	DM4612	104	538				
4	DM3312	98	489	23,6	21,9	19,9	22,5
	DM3815	102	489				
	DM40R16	102	489				
	DM4612	104	489				
5	DM3312	91	236	24,5	19,1	18,4	20,8
	DM3815	91	236				
	DM40R16	92	236				
	DM4612	93	236				

Referencias: 04/10/18 (FS1), 23/10/18 (FS2), 21/11/18 (FS3), 12/12/18 (FS4) y 16/01/19 (FS5). EV: etapas vegetativas (E-R1), ER: etapas reproductivas (R1-R7).

Condiciones de crecimiento, producción de biomasa y rendimientos en las distintas fechas de siembra.

Fecha de siembra 1: 4/10/18

La duración del ciclo de todos los cultivares en la FS1 fue en promedio de 128 días disminuyendo su longitud desde el cultivar de ciclo más largo DM4612 al de ciclo más corto DM3312. Desde emergencia (18/10/18) a R7 de DM4612 (28/02/19) las precipitaciones fueron las máximas ocurridas entre todas las FS con 629 mm, distribuyéndose un 20% (123 mm) en el período vegetativo, un 45% (284 mm) desde R1 a R5 y un 35% (222 mm) desde R5 a R7. La temperatura fue aumentando en el transcurso del cultivo desde los 19°C en la etapa vegetativa alcanzando los 23°C hacia el llenado de granos, (R5-R7); manteniéndose durante casi todo el período reproductivo (Tabla 3).

El rendimiento promedio del cultivo de soja fue de 4175 kg ha⁻¹ con un desvío estándar de 717,82 kg ha⁻¹. En esta FS la interacción DEH*cultivar no fue estadísticamente significativa ($P=0,59$). Sólo se encontraron diferencias significativas entre cultivares ($P<0,01$) manifestándose un aumento progresivo del rendimiento a medida que se alargó el ciclo del cultivar. Los cultivares de ciclo más largo (DM40R16 y DM4612) se diferenciaron de DM3312, mostrando un rendimiento 25% mayor. El máximo rendimiento se observó en el GM IV largo con 4580 kg ha⁻¹ (Figura 2).

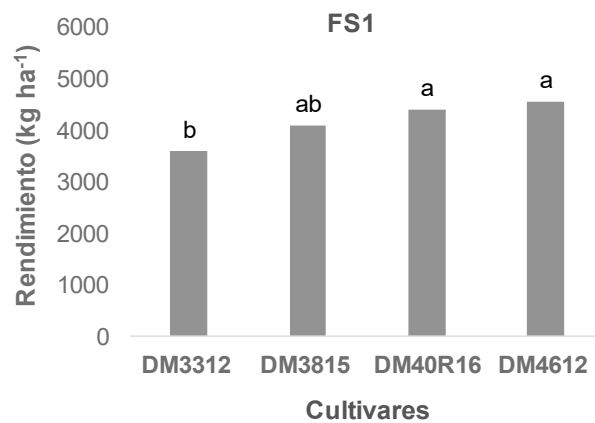


Figura 2: Rendimiento del cultivo de soja en la primer fecha de siembra, (FS1: 04/10/18), en cuatro cultivares de distinto grupo de madurez. (Gral. Villegas, 2018-19). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LDS Fisher ($P < 0,05$).

Fecha de siembra 2: 23/10/18

Para esta FS, la duración del ciclo fue de 118 días, disminuyendo entre 6 a 10 días respecto de la FS1. Las precipitaciones registradas desde la emergencia (06/11/18) a R7 de DM4612 (08/03/19) fueron de 613 mm, distribuyéndose un 13% (80 mm) en el período vegetativo, un 76% (468 mm) desde R1 a R5 y un 11% (65 mm) desde R5 a R7. La temperatura media del ciclo fue de 22,9 °C, similar a la FS1 (Tabla 3).

El rendimiento promedio del cultivo fue de 4430 kg ha⁻¹, algo superior al de la primer FS, con un desvío estándar de 723,08 kg ha⁻¹. Al igual que en la FS1, no se registró interacción DEH*cultivar ($P=0,98$), y los distintos DEH no se diferenciaron entre sí. Como se puede ver en la figura (Figura 3), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos cultivares ($P=0,02$), siendo el cultivar de ciclo más corto el de menor rendimiento. Se encontraron mayores rendimientos en DM3815 y DM40R16, en promedio, ambos cultivares rindieron 21% más respecto de

DM3312 En este caso, el mayor rendimiento lo obtuvo la variedad del GM IV DM40R16 con 4866,78 kg ha⁻¹.

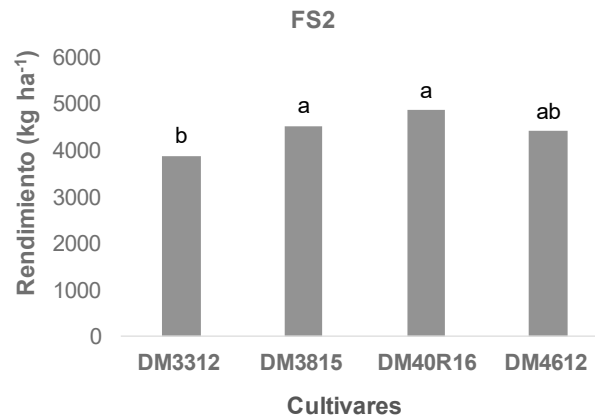


Figura 3: Rendimiento del cultivo de soja en la segunda fecha de siembra, (FS2: 23/10/18), en cuatro cultivares de distinto grupo de madurez. (Gral. Villegas, 2018-19). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LDS Fisher ($P < 0,05$).

Fecha de siembra 3:21/11/18

La duración promedio del ciclo en la FS3 fue de 103 días, acortándose entre 20 a 30 días respecto a la FS1. Desde emergencia (28/11/18) a R7 de DM4612 (12/03/19) las precipitaciones disminuyeron respecto a la FS1 y 2, registrándose 538 mm, ocurriendo un 44% (237 mm) en el período vegetativo, un 43% (231 mm) desde R1 a R5 y un 13% (71 mm) desde R5 a R7. La temperatura registrada durante el llenado de granos fue algo menor a las FS mencionadas anteriormente con 21,9°C; pero la temperatura media durante el ciclo fue similar a la de las FS1 y 2 con 23,2 °C (Tabla 3).

El rendimiento promedio para esta FS fue de 4497 kg ha⁻¹, mayor al de las FS1 y FS2, con un desvío estándar de 839,28 kg ha⁻¹. Al igual que en la FS1 y FS2, no se registró interacción entre DEH*cultivar ($P=0,31$). La figura (Figura 4), revela que la FS3 también presentó diferencias estadísticamente significativas entre cultivares ($P < 0,01$), logrando los mayores rendimientos los GM más largos. DM3815, DM40R16 y DM4612

presentaron en promedio un 33% más de rendimiento que DM3312. El máximo lo obtuvo la variedad de ciclo III L DM3815 con 5014,33 kg ha⁻¹.

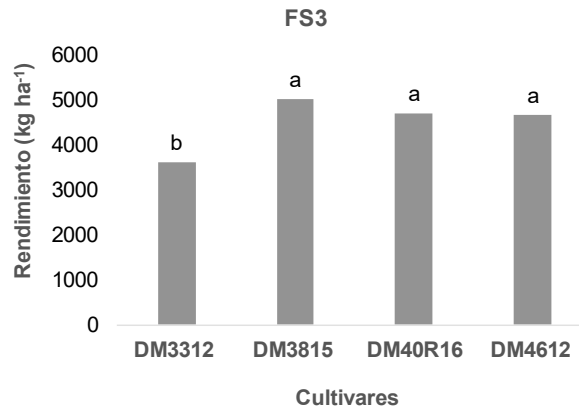


Figura 4: Rendimiento del cultivo de soja en la tercer fecha de siembra, (FS3: 21/11/18), en cuatro cultivares de distinto grupo de madurez. (Gral. Villegas, 2018-19). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LDS Fisher ($P < 0,05$).

Fecha de siembra 4: 12/12/18

La FS4 presentó una duración promedio de su ciclo de 102 días, diferenciándose en su acortamiento unos 25-30 días de la FS1, (similar a la FS3). Las precipitaciones registradas de emergencia (20/12/18) a R7 de DM4612 (03/04/19) de 489 mm, cerca de 200 mm menos respecto a la FS1; ocurriendo un 53% (261 mm) en el período vegetativo, un 41% (201 mm) desde R1 a R5 y un 6% (27 mm) desde R5 a R7. La temperatura media del ciclo rondó alrededor de los 22,5-23°C, similar a las FS descritas anteriormente. 21,9°C fueron registrados durante el período de llenado de granos (Tabla 3).

El rendimiento promedio del cultivo fue el máximo obtenido entre las cuatro FS con 4649 kg ha⁻¹ y un desvío estándar de 949,96 kg ha⁻¹. En esta FS tampoco se encontró interacción entre DEH*cultivar ($P=0,78$), pero a diferencia de las tres fechas hasta aquí mencionadas, en la FS4 se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los DEH ($P < 0,01$). En este caso, las diferencias en el rendimiento

no se debieron a los diferentes cultivares y la duración de su ciclo, sino a la distribución espacial obtenida por el cultivo en base al DEH otorgado. Para dicha FS el máximo rendimiento se obtuvo con el DEH de 20 cm y fue de 5327,58 kg ha⁻¹. La figura (Figura 5) demuestra que los DEH más estrechos (0,20 y 0,40 m) presentaron un rendimiento 44% mayor al DEH de 0,52 m.

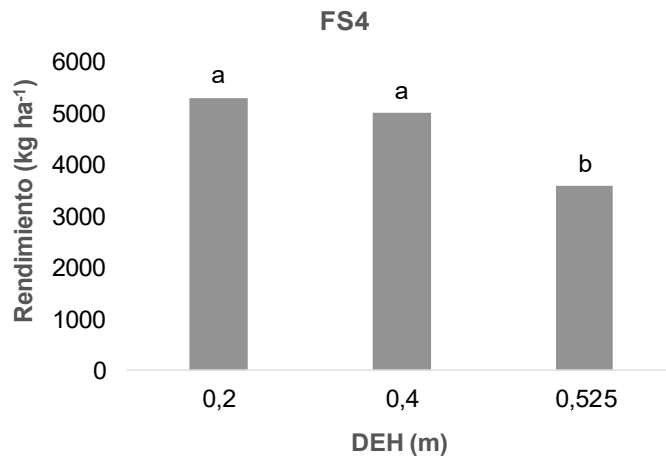


Figura 5: Rendimiento de soja de la cuarta fecha de siembra (12/12/18) según tres distanciamientos entre hileras (DEH): 0,20, 0,40 y 0,52 m. (Gral. Villegas, 2018-19). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LDS Fisher ($P < 0,05$).

Fecha de siembra 5:16/01/19

Esta última FS presentó la duración del ciclo más corta entre todas las FS estudiadas, con 92 días promedio. Desde emergencia (21/01/19) a R7 (24/04/19) las precipitaciones fueron de 237 mm, las menores registradas entre las distintas FS y se distribuyeron de manera desuniforme entre los períodos vegetativo y reproductivo. Desde la emergencia a R1, fueron de 205 mm, representando un 87% de las precipitaciones de todo el ciclo, en el período R1-R5 fueron de 23 mm (10%) y R5-R7 de 8 mm (3%). La temperatura media promedio durante el ciclo fue la más baja entre todas las FS con 20°C. Durante el llenado de granos y en todo el periodo reproductivo se registraron las menores temperaturas entre 18 y 19°C (Tabla 3).

En la FS5 se registró un evento de precipitación de 63 mm (de alta intensidad) el día 17 de enero, un día posterior a la siembra, que provocó un “planchado del suelo” y disminuyó la emergencia de plántulas de soja. El recuento fue bajo, en promedio 11,4 plántulas m⁻² (se habían sembrado 40 semillas m⁻²).

El rendimiento promedio en la FS5 fue el menor obtenido entre las distintas FS evaluadas con 941 kg ha⁻¹ y un desvío estándar de 597,98 kg ha⁻¹. En esta fecha, el análisis estadístico de la varianza presentó interacción significativa entre DEH*cultivar ($P=0,048$). En esta ocasión las diferencias en el rendimiento estuvieron dadas por las diferentes variedades, según la longitud de su ciclo, en combinación con los distintos DEH. La figura (Figura 6) muestra que, a medida que se redujo el DEH en los GM más precoces (DM3312 y DM3815), el rendimiento aumentó (23 kg ha⁻¹, y 27 kg ha⁻¹ por cada cm de acercamiento de hileras en DM3312 y DM3815 respectivamente). Ambos obtuvieron su máximo rendimiento con el menor DEH de (0,20 m). Mientras que en los cultivares de ciclo más largo, (DM40R16 y DM4612), los rendimientos obtenidos se comportaron de manera similar en los tres distanciamientos evaluados, demostrando la mayor plasticidad de estos últimos.

El mayor rendimiento para esta FS, fue de 2036,67 kg ha⁻¹, obtenido por la variedad del GM III DM3815 con el distanciamiento a 0,20 m.

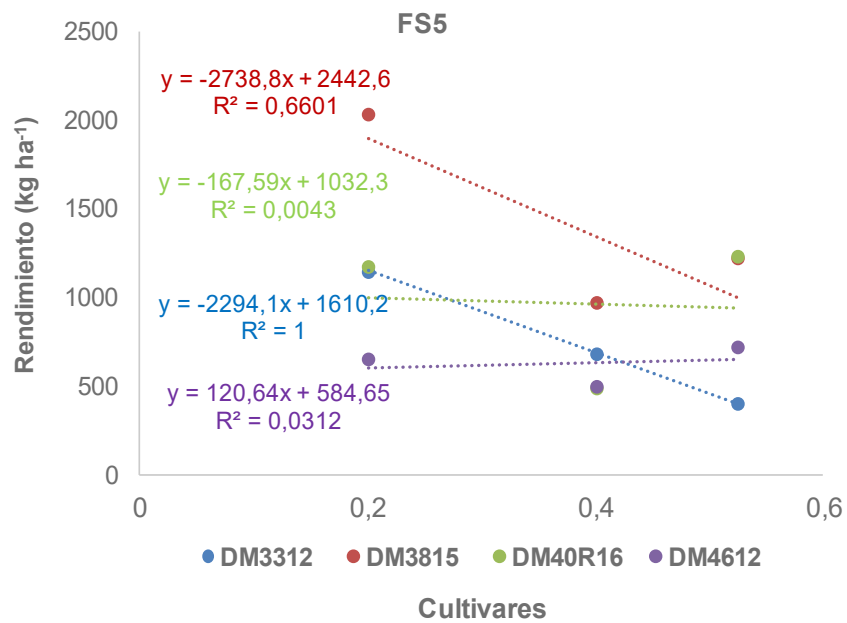


Figura 6: Relación entre el rendimiento de cuatro cultivares de soja y el distanciamiento entre hileras (DEH: 0,20, 0,40 y 0,52 m) en la quinta fecha de siembra (FS5: 16/01/18) (Gral. Villegas, 2018-19).

Intercepción de la radiación, radiación acumulada y eficiencia en el uso de la radiación.

El promedio de la **RFA_i** en R3 fue de 64,48%. El máximo valor (96%), lo obtuvo el cultivar III largo (DM3815) de la FS4 y el mínimo (37,66%), el III corto DM3312 en la FS1. Se encontraron diferencias significativas en las variedades de las FS: 1, 2 y 5 ($P < 0,05$). Cabe aclarar que la FS5 además se diferenció significativamente en DEH. En las FS1 y 2 la variedad de ciclo más corto registró la menor RFA_i para este estadio, tendencia que se observó también en la FS4, pero en general, el porcentaje tendió a incrementarse al atrasar la siembra, registrándose los mayores valores en las FS 3 y 4. Algo similar ocurrió en la FS5, los cultivares de ciclo más corto captaron mayor radiación en contraste con el cultivar de mayor longitud de ciclo (Tabla 4).

Tabla 4: Porcentaje de radiación interceptada (% Ri) en R3, Radiación interceptada acumulada desde E a R7 (R_{aiac}) y eficiencia de uso de la radiación (EUR) para producción de biomasa y rendimiento de cuatro cultivares de soja en cinco fechas de siembra promedio de tres distanciamientos entre hileras. (Gral. Villegas, 2018-19). Para cada variable y dentro de cada fecha de siembra, letras diferentes indican diferencias significativas según el test LSD Fisher ($P < 0,05$).

FS	Cultivar	% RFAi en R3	RFAiac (MJ m ⁻²) (E-R7)	EURb (g MS MJ ⁻¹ m ⁻²)	EURr (g grano MJ ⁻¹ m ⁻²)
1	DM3312	37,6 a	676,6 c	20,2 a	5,3 a
	DM3815	50,4 b	780,4 b	14,7 a	5,3 a
	DM40R16	55,9 b	838,4 a	13,7 a	5,3 a
	DM4612	51,3 b	830,1 a	14,8 a	5,5 a
2	DM3312	42,4 a	645,6 c	26,1 a	6,1 a
	DM3815	49,5 b	715,9 b	24,4 ab	6,4 a
	DM40R16	52,3 b	739,8 ab	20,2 bc	6,7 a
	DM4612	49,7 b	766,8 a	17,3 c	5,8 a
3	DM3312	84,1 a	666,5 a	16,9 a	5,4 b
	DM3815	86,7 a	719,4 a	13,1 b	7,0 a
	DM40R16	87,1 a	710,6 a	13,3 b	6,6 a
	DM4612	83,8 a	702,3 a	16,6 a	6,7 a
4	DM3312	83,0 a	667,0 b	14,0 a	7,0 a
	DM3815	96,0 a	767,0 a	16,0 a	6,0 b
	DM40R16	94,0 a	762,0 a	14,0 a	6,0 b
	DM4612	92,0 a	737,0 a	15,0 a	6,0 b
5	DM3312	54,0 ab	216,0 a	23,0 a	3,0 b
	DM3815	69,0 c	266,0 a	22,0 a	5,0 a
	DM40R16	58,0 bc	250,0 a	21,0 a	4,0 b
	DM4612	42,0 a	223,0 a	23,0 a	3,0 b

Referencias: 04/10/18 (FS1), 23/10/18 (FS2), 21/11/18 (FS3), 12/12/18 (FS4) y 16/01/19 (FS5).

En general, el DEH tuvo menor efecto que las variedades para las cuatro variables, por tal motivo, sólo se menciona la diferencia estadística correspondiente a cada una, (datos no mostrados). En esta ocasión, como se mencionó previamente, la variable sólo se diferenció en la FS5 ($P=0,0001$): el distanciamiento de 0,20 m interceptó alrededor de un 20% más que los restantes, con valores de 68,2%, 51,1% y 48,2% para DEH de 0,20, 0,40 y 0,52 m respectivamente.

Respecto a la **RFAiac**, los mayores valores se encontraron en la FS1 (el mayor valor se registró en la FS1 en DM40R16 con 838,86 MJ m⁻²) y se mantuvieron dentro del rango de (600-800 MJ m⁻²), reduciéndose a 200-250 MJ m⁻² en la FS5 (mínimo valor registrado en la FS5 en DM3312 con 216 MJ m⁻²). Las FS 1, 2 y 4 presentaron diferencias significativas entre variedades ($P<0,05$) con los menores valores para la variedad de ciclo más corto, en las FS 3 y 4, las diferencias no fueron significativas pero se observó la misma tendencia.

Por otro lado, la RFAiac se diferenció entre DEH en las dos últimas FS, con mayores valores para el DEH de 0,20 m. En la FS4 ($P=0,04$) los valores fueron de 751,7 MJ m⁻² para el DEH de 0,20 m, 736,2 MJ m⁻² para 0,40 m y 708,7 MJ m⁻² para 0,52 m. En la FS5 ($P=0,0015$), los valores se redujeron a 303,5 MJ m⁻² para 0,20 m, 214,9 MJ m⁻² para 0,40 m y 198,9 MJ m⁻² para 0,52 m.

Los promedios de **EURb** para cada FS fueron de 15,8, 22,0, 14,9, 14,8 y 22,3 kg MS MJ⁻¹ m⁻² para las FS1, FS2, FS3, FS4 y FS5, respectivamente, sin manifestar una tendencia clara ante el atraso en la FS. El cultivar III corto (DM3312) de la FS2, fue el más eficiente en la utilización de la radiación para la producción de biomasa generando (26,06 g MS MJ⁻¹ m⁻²); a diferencia de la variedad DM3815 de la FS3 que fue la más ineficiente produciendo (13,11 g MS MJ⁻¹ m⁻²).

El ANOVA arrojó diferencias significativas entre variedades en las FS2 ($P=0,01$) y 3 ($P=0,02$) en la EURb, en ambos casos se observó que el cultivar de ciclo más corto

presentó mayor eficiencia. Esto podría deberse a que no se encontraron diferencias estadísticas en la biomasa generada a madurez fisiológica entre cultivares (FS2, $P=0,2$; FS3, $P=0,9$, datos no mostrados) pero sí en la RFAi acumulada. Mientras que, la biomasa generada en la FS2 fue en promedio (4 cultivares y 3 DEH) de 15485 kg ha⁻¹, la RFAi acumulada fue en promedio de 741 MJ m⁻² para los ciclos mayores y de 646 para DM3312. Lo mismo ocurrió en la FS3, donde el promedio de biomasa a R7 fue de 10353 kg ha⁻¹, la RFAi acumulada fue de 705 MJ m⁻² para los cultivares de ciclo más largo y de 667 MJ m⁻² para DM3312. En el resto de las FS no se registró diferenciación entre las medias y cabe mencionar que esta variable no fue modificada por los DEH.

La **EURr** obtuvo valores promedio de 5,3, 6,2, 6,4, 6,4 y 3,8 kg grano MJ⁻¹ m⁻² para las FS1, FS2, FS3, FS4 y FS5, respectivamente. El mayor valor (7,02 g MS MJ⁻¹ m⁻²), se encontró en las variedades DM3815 de la FS3 y DM3312 de la FS4 y el mínimo de (3 g MS MJ⁻¹ m⁻²) en las variedades de los grupos III corto y IV largo, DM3312 y DM4612, de la FS5. Asimismo, en la FS3 la mayor EURr se dio en los GM mayores, sin embargo, en la FS4 fue mayor en DM3312 y en la FS5 la DM3815. También se registró modificación en la variable por los DEH en la FS1 ($P=0,05$) y en la FS4 ($P=0,06$).

Cabe mencionar que la interacción DEH*cultivar no fue significativa para ninguna de las cuatro variables en ninguna de las fechas de siembra.

Ante todas las variables analizadas en relación al uso de la radiación, se puede decir que las FS3 y 4 en general, expresaron el mejor comportamiento. Además, en estas fechas se registraron las máximas EURr en las variedades pertenecientes al GM III: DM3815 (FS3) y DM3312 (FS4), contrariamente a lo ocurrido en la FS5 donde se encontraron los menores valores para esta variable. Por otra parte, los distanciamientos más estrechos mostraron mayor EURr; en la FS1 el promedio de los

DEH de 0,20 y 0,40 m ($5,6 \text{ g grano MJ}^{-1} \text{ m}^{-2}$) fue 17% mayor en comparación con el DEH de 0,52 m, mientras que en la FS4 fue 36% mayor, con un valor de ($6,95 \text{ g grano MJ}^{-1} \text{ m}^{-2}$).

Por último, se destaca la correlación directa que obtuvo el rendimiento con la RFAiac (Figura 7). Particularmente en la FS1, se observó que las mayores RFAiac se registraron en los cultivares de mayor longitud de ciclo, los cuales tuvieron también mayor rendimiento (Figura 8).

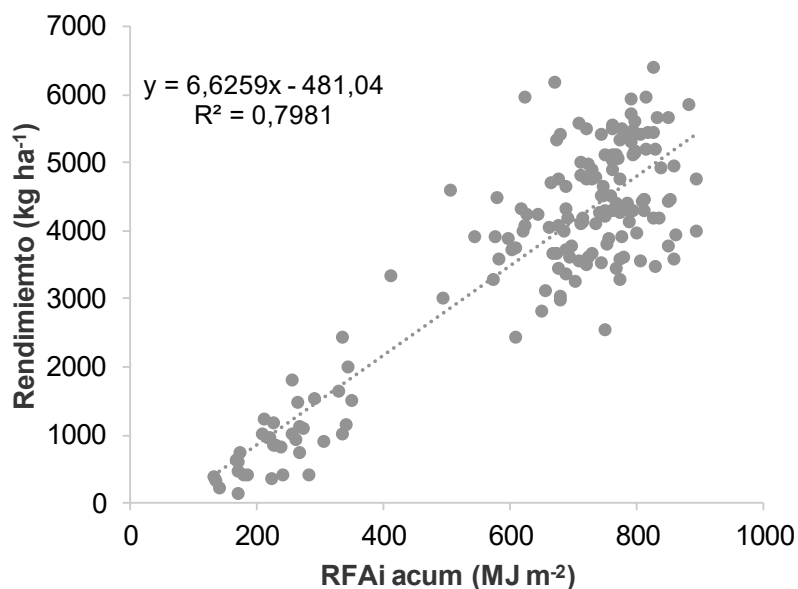


Figura 7: Rendimiento del cultivo de soja en función de la radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada (RFA_{iac}). (Gral. Villegas, 2018-19). Datos promedio de cuatro cultivares (DM3312, DM2815, DM40R16 y DM4612) cinco fechas de siembra (04/10/18, 23/10/18, 21/11/18, 12/12/18 y 16/01/19) y 3 distanciamientos entre hileras (0,20 m, 0,40 m y 0,52 m).

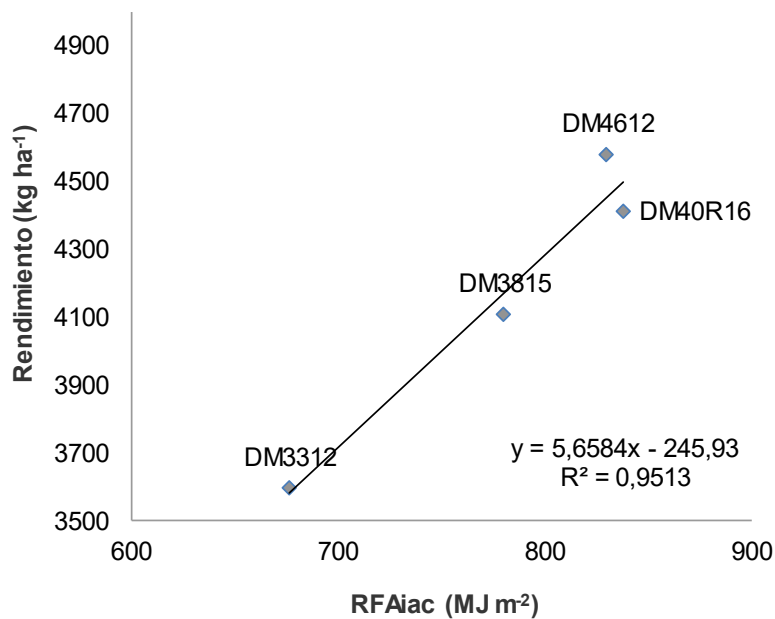


Figura 8: Rendimiento del cultivo de soja en la primer fecha de siembra, (FS1: 04/10/18) en cuatro cultivares DM3312, DM3815, DM40R16 y DM4612 en función de la radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada (RFA_{iac}). (Gral. Villegas, 2018-19).

EUA para biomasa y rendimiento.

El **UC** fue en promedio de 620 mm (FS1), 551 mm (FS2), 496 mm (FS3), 545 mm (FS4) y 187 mm (FS5) y no se registró interacción DEH*cultivar ($P > 0,05$) ni diferencias significativas entre DEH ($P > 0,05$) para ninguna FS. Por el contrario, se encontraron diferencias entre cultivares en la FS2 ($P < 0,01$), donde el UC fue 18,8% mayor en DM4612 que en DM3312, con valores de 598 mm y 504 mm, respectivamente.

El promedio de **EUA_b** para cada FS fue de 20,4, 27,8, 23,2, 18,6 y 28,5 kg MS mm⁻¹ para las FS1, FS2, FS3, FS4 y FS5, respectivamente. En la FS2, se encontraron diferencias significativas entre cultivares ($P < 0,01$) (Figura 9). El cultivar DM3312 presentó una EUA_b 42% superior a DM4612, (33,56 vs 22,12 kg biomasa mm⁻¹).

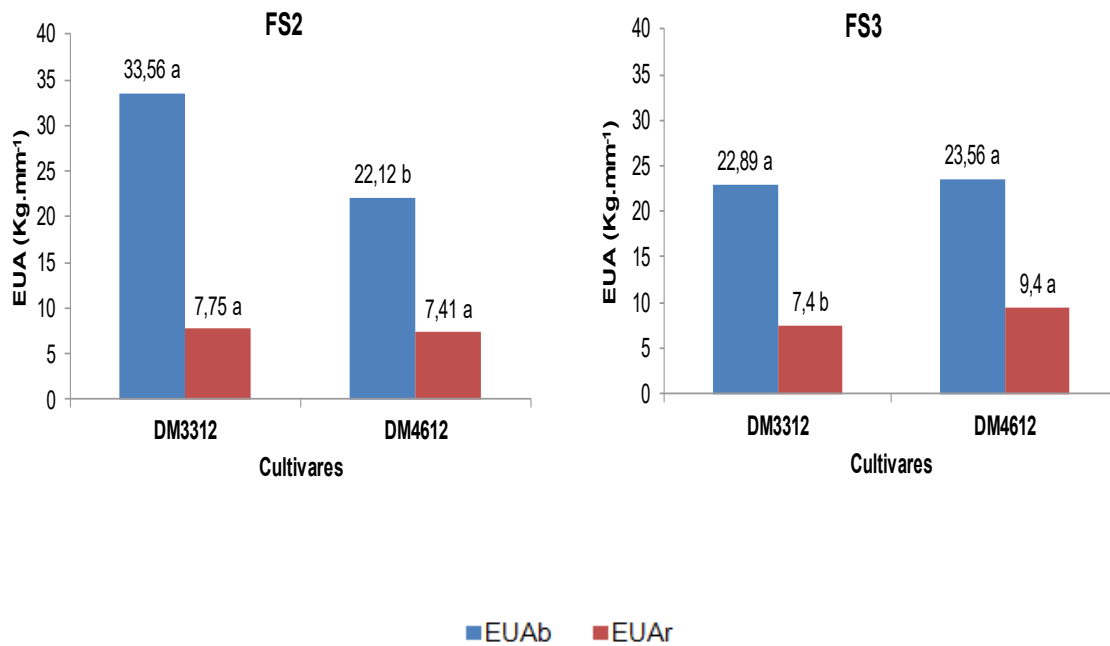


Figura 9: Eficiencia en uso de agua de biomasa (EUAb) y Eficiencia en uso de agua de grano (EUAr) para los distintos cultivares en la fecha de siembra 2 (FS, izquierda) y en la FS3 (derecha).

Referencias: 23/10/18 (FS2), 21/11/18 (FS3). Letras diferentes en minúscula indican diferencias significativas según el test LSD Fisher ($P < 0,05$) para DEH.

Únicamente en la FS5, se encontraron diferencias significativas entre DEH ($P < 0,01$, Figura 10), destacándose el DEH de 0,20 m, con una EUAb, 71% mayor al promedio de los distanciamientos. Estos resultados, indicarían que en FS tempranas cobra más importancia la elección del cultivar por su efecto sobre la EUAb mientras que en FS tardías, sería más importante el DEH.

En promedio la **EUAr** para cada FS fue de 6,6, 7,6, 8,4, 8,3 y 3,9 kg grano mm⁻¹, y no se observó relación directa con los valores medidos de EUAb. A diferencia de las variables anteriores, en la FS1 y FS5 se encontró interacción significativa DEH*cultivar ($P = 0,03$, y $P = 0,04$, respectivamente). En la FS1, el cultivar DM4612 tendió a mejorar la

EUA_r a medida que se acercaron los surcos, pero DM3312 que, en general alcanzó menores valores que DM4612, registró el mejor comportamiento en el DEH de 0,40 m (Figura 11). En cambio, en la FS5, en el cultivar DM3312 el aumento del DEH fue disminuyendo progresivamente la EUA_r mientras que DM4612 tuvo un comportamiento más estable frente a los diferentes DEH (Figura 11).

Por otro lado, en la FS3, se encontraron diferencias significativas entre cultivares ($P=0,02$), el cultivar DM4612 presentó una EUA_r 27% mayor que DM3312, (Figura 9, derecha). Contrariamente, en la FS4, hubo diferencias significativas entre DEH ($P<0,01$), en promedio los DEH más estrechos tuvieron EUA_r 33% mayor que el DEH a 0,52 m, (Figura 10, izquierda).

En última instancia, la FS2 no presentó efectos del Cultivar ni de los DEH.

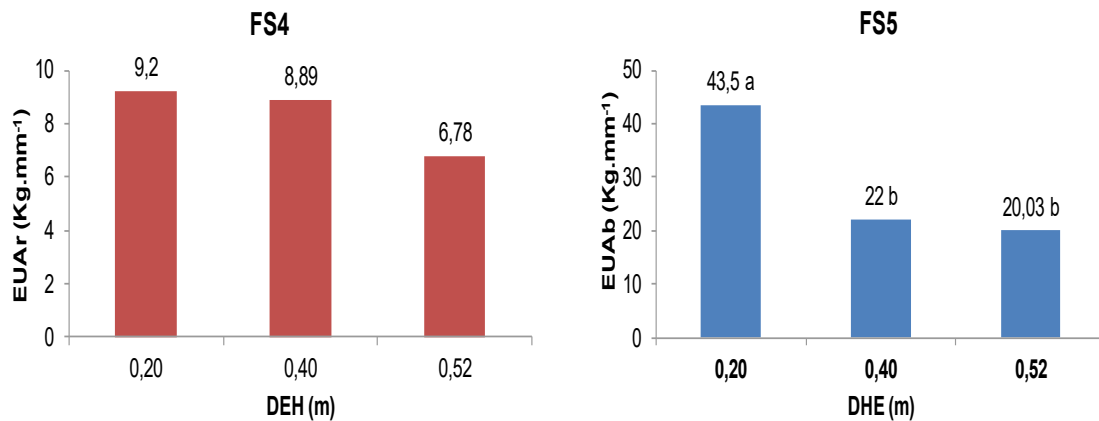


Figura 10: EUA_r para los distintos DEH en la FS4 (izquierda) y EUA_b para los distintos DEH en la FS5 (derecha).

Referencias: 12/12/18 (FS4), 16/01/19 (FS5). Letras diferentes en minúscula indican diferencias significativas según el test LSD Fisher ($P<0,05$) para DEH.

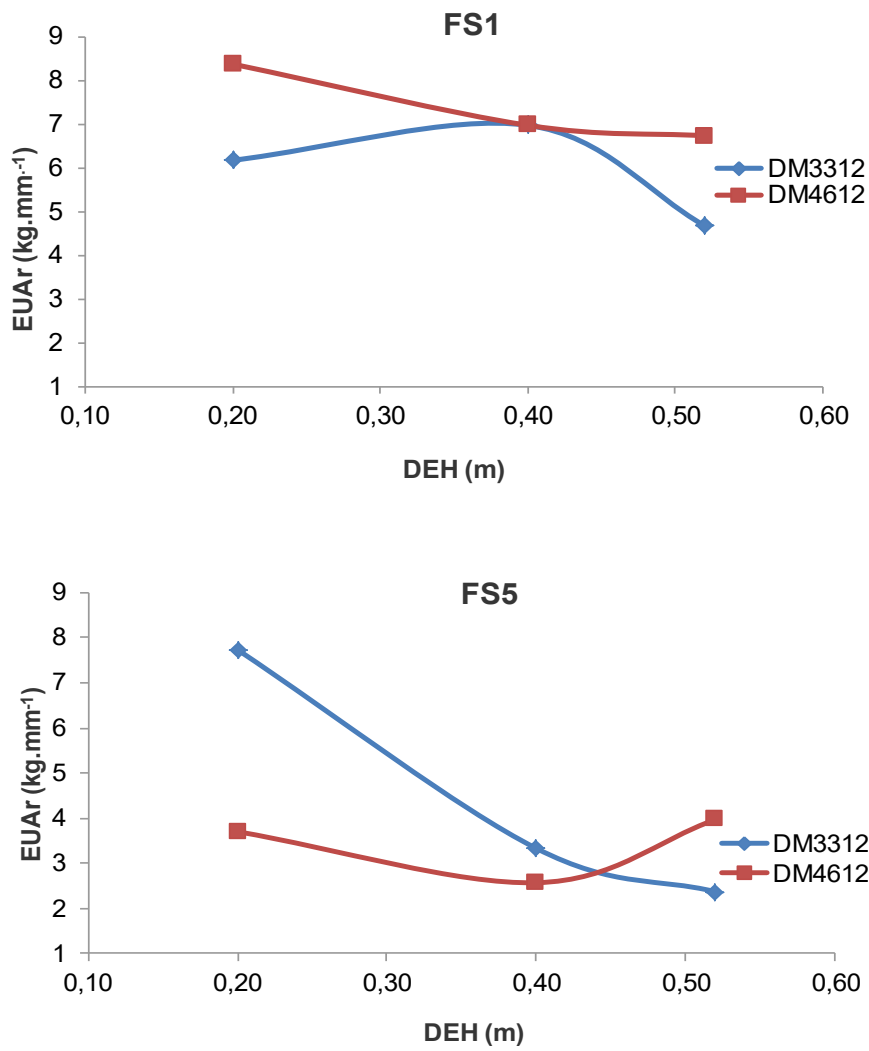


Figura 11: Relación entre la EUAR de los dos cultivares de soja extremos y el distanciamiento entre hileras (DEH: 0,20, 0,40 y 0,52 m) en la FS1: 04/10/18, (arriba) y en la FS5: 16/01/19, (abajo). (Gral. Villegas, 2018-19).

DISCUSIÓN

Los antecedentes indican que el retraso en la **FS** resulta en disminuciones de los rendimientos de la soja, aunque de diferente magnitud en la región pampeana según las zonas: más pronunciado en altas latitudes (Andrade, 1995; Calviño et al., 2002; Calviño et al., 2003a) y menos en bajas (Battisti y Sentelhas, 2014). En el norte de Buenos Aires (Pergamino, San Pedro y Junín) se han obtenido reducciones promedio en el rendimiento del 31-34% a partir de siembras de octubre (Andrade et al., 2015).

En este ensayo, se observó una disminución notable del 21% en los rendimientos, únicamente en la última FS. Posiblemente, las buenas condiciones de crecimiento para el cultivo, sobre todo desde el punto de vista hídrico, hayan condicionado estos resultados, puesto que, además del agua acumulada durante el barbecho y el consecuente efecto de cualquier antecesor se reconoce que la productividad del cultivo está fuertemente influenciada por la precipitación durante el ciclo (Egli y Bruening, 2000; Salado-Navarro y Sinclair, 2009). Asimismo, dependiendo del cultivar y período de crecimiento, la soja de primera siembra requiere entre 450 y 700 mm de agua mientras que la de segunda, entre 350 y 550 mm (Doorenbos y Kassam, 1979 cit. Dogan et al., 2007; Andriani, 2000). Para esta ocasión, el rango de precipitaciones requerido para el ciclo del cultivo, fue regular en las primeras cuatro FS y sólo se vio condicionada la FS5 con 228 mm.

Al mismo tiempo, Egli y Bruening (2000) y Salado-Navarro y Sinclair (2009), sugieren que las reducciones en el rendimiento están mayormente influenciadas por los cambios que puedan ocurrir desde la floración al inicio de formación de semillas y por la capacidad de compensación entre los componentes de rendimiento (Schou et al., 1978; Calviño et al., 2003b). A esta aseveración, se atribuyen las condiciones adversas por las que atravesó la quinta FS, que afectaron al cultivo desde la emergencia. Así, la baja implantación lograda en consecuencia del “planchado”

causado por la intensa lluvia del 17 de enero, sumado a los bajos niveles de radiación percibidos durante sus estadios y la falta de agua desde mediados a fines de ciclo, hicieron que su rendimiento se vea condicionado.

La mengua en estos resultados también se correlacionó positivamente con la RFAiac, ya que los valores medios obtenidos para esta variable en las cuatro primeras FS fueron similares y sólo se redujeron un 32% en la FS5 determinando también una menor EURr, asociado esto a la considerable reducción en los rendimientos para esta última FS. Si bien todos los cultivares acortaron su ciclo al atrasar la siembra, sólo en la última FS se observó una disminución importante del 62% en la EURr, lo que se relacionaría con el mantenimiento de los niveles de rendimiento entre las FS1 y la FS4 y también de los niveles de RFAiac. Solamente en la FS5 se registraron valores RFAiac y rendimientos muy bajos respecto a las demás.

Por otro lado, la EUA, tanto para biomasa como para rendimiento, no mostró una tendencia clara con la FS. Los datos de EUAr fueron más bajos que los presentados por Della Maggiora et al. (2000), quienes en Balcarce encontraron valores de $9,1 \text{ kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$.

Los **cultivares** difirieron en sus rendimientos, pero su comportamiento varió según las FS. Egli (1993), analizando diferentes GM del 00 a V determinó que, cuando todos los cultivares interceptaron 95% RFA poco después de R1, no difirieron en la tasa de crecimiento del cultivo. Por lo tanto, un período de crecimiento vegetativo más largo de los cultivares de maduración más tardía no proporciona un rendimiento potencial más alto. A su vez, los cultivares de ciclo más corto pueden tener un potencial de rendimiento igual si se los expone a un ambiente similar. Al respecto, cabe señalar que sólo en la FS4 se alcanzaron en R3, valores cercanos al 95% de RFAi, mientras que en las restantes, la interceptación de radiación fue menor. Esto habría permitido encontrar diferencias en el rendimiento de los cultivares.

En condiciones locales, contrariamente a lo sostenido por Egli (1993), se afirma que los cultivares de ciclo más corto exhiben mayores rendimientos que los más tardíos (Baigorri, 2004) porque permiten ubicar el llenado de los granos en mejores condiciones ambientales, principalmente de disponibilidad de radiación y mayores temperaturas. Sin embargo, los resultados presentados indican que el cultivar más precoz (DM3312), en general, alcanzó menores rendimientos que los de mayor longitud de ciclo, lo cual indicaría una menor adaptación de esta variedad a la zona en que se implantó el ensayo respecto a las otras variedades evaluadas. Los menores rendimientos de DM3312 se explicarían mejor por la menor RFAiac en todas las FS que por la EUAr, ya que ésta no tuvo un comportamiento claro según las FS o el cultivar.

Si bien estos resultados podrían llevar a descartar a DM3312 para su siembra en la zona, los otros tres cultivares no mostraron diferencias importantes en su producción con esta variedad en las distintas FS. Quizás este resultado esté condicionado por las favorables condiciones del año, pero pueda ser diferente en un año con limitantes hídricas que afectaran en mayor medida a la variedad de ciclo más corto. Incluso, en condiciones reales de producción, donde a veces el manejo de los cultivos no es el más adecuado, se ha resaltado la menor tolerancia de los cultivares de ciclo corto a errores en aspectos como el control de malezas e insectos (Baigorri, 2004).

De esta manera, el GM elegido en combinación con la fecha de siembra ubica al período crítico del cultivo en condiciones más o menos favorables para la determinación del rendimiento potencial (Egli y Bruening, 2000) y condiciona también los rendimientos reales a través de la dinámica hídrica a lo largo del ciclo, especialmente, las condiciones de oferta y demanda de agua durante la etapa crítica.

Confirmando lo expresado por Vega y Andrade (2000), Baigorri (2004), Baigorri et al. (2009), el **DEH** tuvo efectos sobre el rendimiento y la producción de biomasa en

las FS más tardías, con mejores comportamientos para los DEH más estrechos. Y además registró interacción con el cultivar: en la FS5, claramente su efecto fue importante sobre los cultivares de ciclo más corto (DM3312 y DM3815), hecho que muestra la importancia de manejar estas variables principalmente cuando se atrasa la siembra. El efecto del DEH se relacionaría más con su influencia sobre la intercepción de la radiación que sobre el uso del agua. Probablemente la buena disponibilidad hídrica del año contribuyó a estos resultados, los cuales podrían ser diferentes si la disponibilidad de agua fuese restringida.

Los resultados presentados confirman la fuerte relación entre el rendimiento y la RFAiac. A medida que la RFAiac durante el ciclo del cultivo aumentó, los rendimientos fueron mayores a razón de $6,63 \text{ kg ha}^{-1}$ por cada unidad de aumento de RFAiac en el período del cultivo.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados permiten aceptar la hipótesis: a medida que se retrasa la FS el impacto en el rendimiento por reducción de DEH en cultivares de soja de GM de ciclo largo es menor que en GM de ciclo corto.

El rendimiento fue similar en las primeras cuatro fechas de siembra, con un promedio de 4438 kg ha⁻¹. Sólo a partir del 12 de diciembre (FS4) se registró una merma de rendimiento de 106 kg ha⁻¹ por día de retraso en la FS.

En las tres primeras FS los mayores rendimientos se registraron en DM3815, DM40R16 y DM4612. A medida que se retrasó la FS comenzó a tener impacto la variable DEH, y se observó que a partir del 12 de diciembre (FS4) surcos más estrechos permitieron obtener mayores rendimientos, sobre todo en cultivares de ciclo más corto (DM3815 y DM40R16 en la FS4 y FS5).

Los rendimientos de la soja mostraron una fuerte dependencia de la RFAiac, pero la eficiencia con que fue usada dependió de los cultivares o del DEH o de su interacción, según la fecha de siembra. La EURr tendió a ser mayor a menores DEH pero no se observó una tendencia clara según el ciclo del cultivar

La EUA, por su lado, no se comportó de la misma manera cuando se calculó para la biomasa o el rendimiento, ni mostró una tendencia definida según las distintas variables evaluadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, J.F., Poggio, S.L., Ermácora, M. y Satorre, E.H.** 2015. Productivity and resource use in intensified cropping systems in the Rolling Pampa, Argentina. *Europ. J. Agronomy* 67: 37-51.
- Andrade, F. y Sadras, V.O.** 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Pp. 172-201 en: Andrade, F.H., Sadras, V.O. (Eds.). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.
- Andrade, F. y Cirilo, A.G.** 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Andrade, F.H. y Sadras, V.O. (Eds.), INTA-UIB. ISBN 987-521-016-1. Capítulo 5, páginas 135-154.
- Andrade, F.H.** 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grow at Balcarce, Argentina. *Field Crops Res.* 41: 1-12.
- Andriani, J.M.** 2000. Estrés Hídrico en Soja. *Para mejorar la Producción* 13: 48–51.
- Baigorri, H., Ciampitti I. y García, F.** 2009. Manejo del cultivo de soja. Pp. 17-32. En: Manual de manejo del cultivo de soja. García, F.O., Ciampitti, I.A. y Baigorri, H.E. (Eds.). 1º E. International Plant Nutrition Institute (IPNI), Buenos Aires.
- Baigorri, H.** 2004. Criterios generales para la elección y el manejo de cultivares en el cono sur. Pp 39-77. En: Manual práctico para la producción de soja. 1ra edición. Díaz Zorita, M. y Duarte, G. (Eds.), Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Battisti, R. y Sentelhas, P.C.** 2014. New agroclimatic approach for soybean sowing dates recommendation: A case study. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18: 1149-1156.
- BCR (Bolsa de Cereales de Rosario).** 2016. Informativo semanal 1750. https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?pldNoticia=55. Último acceso Febrero 2020.

Bert, F.E. y Satorre, E.H. 2013. Factores determinantes de la productividad de soja en la Argentina. Tercera jornada del Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales: Aportes de la microbiología a la producción de cultivos.

Birch, C.J., Hammer, G.L. y Rickert, K.G. 1999. Dry matter accumulation and distribution in five cultivars of maize (*Zea mays*): relationships and procedures for use in crop modeling. *Aus. J. Agric. Res.* 50: 513-527.

Caimi, R.; Justo, A.M.; Calcaterra, C.P.; Basail, J.O.; Pellegrino, R.L.; Fangio, J.R.; Tosi, J.C.; Quiroz García, J.L.; García, O.M.; Álvarez, R.M.; Otero, A.; Salvarredi, G.; Grioni, C.M.; Geandet, A.; Scocco, N.; Tenaglia, R.; Botta, F.L.; Antonioli, E.R.; Alturria, L.; Keller, D.; Sabalaín, C.K. de; García, M.; Spinelli Zinni, F.; Colombet, H. y Alsina, F.C. (Coord.) 2011. Sustentabilidad de PyMES agropecuarias. Buenos Aires, Santa Fe y Mendoza, Argentina Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sustentabilidad_completo.pdf Último acceso: Febrero 2020.

Calviño, P.A., Sadras, V.O. y Andrade, F.H. 2003a. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. *Europ. J. Agronomy* 19: 265-275.

Calviño, P.A., Sadras, V.O. y Andrade, F.H. 2003b. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. *Field Crops Res.* 83: 67-77.

Calviño, P.A., Studdert, G., Abbate, P., Andrade, F.H. y Redolatti, M. 2002. Use of non-selective herbicides for wheat physiological and harvest maturity acceleration. *Field Crops Res.* 77: 191–199.

Caviglia, O.P, Novelli, L., Gregorutti, V.C, van Opstal, N.V y Melchiori, R.J. 2013. Cultivos de Cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro- oeste de Entre Ríos. Pp 148-156 en Álvarez, C. et al. (Eds.). Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Editorial INTA.

- Chen, G. y Wiatrak, P.** 2010 Soybean Development and Yield are influenced by Planting Date and Environmental Conditions in the Southeastern Coastal Plain, United States. *Agronomy Journal*, 102, 1731-1737. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2010.0219>.
- Dardanelli, J.L., Collino, D., Otegui, M.E. y Sadras, V.O.** 2008. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. Pp. 375-440 en Satorre, E. et al. (Eds.). *Producción de Granos. Bases funcionales para su Manejo*. Editorial FAUBA.
- Della Maggiora, A.I., Gardiol, J.M. y Irigoyen, A.I.** 2000. Requerimiento hídricos. Pp. 155-171 en: Andrade F.H., Sadras V.O. (Eds.). *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. EEA INTA Balcarce/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzales, L., Tablada, M. y Robledo, C.** 2019. *Infostat Versión 2019*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dogan, E., Kirnak, H. y Copur, O.** 2007. Effect of seasonal water stress on soybean and site specific evaluation of CROPGRO-Soybean model under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management* 90: 56-62.
- Egli, D.B.** 1993. Cultivar maturity and potential yield of soybean. *Field Crops Research*, 32: 147–158.
- Egli, D.B. y Bruening, W.P.** 2000. Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. *Agron. J.* 92:532–537. doi:10.2134/agronj2000.923532x.
- FAO.** 2019. Base de datos estadística de la Food and Agriculture Organization or the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/> Última consulta: Febrero 2020.
- Fehr, W. y Caviness, C.** 1977. Stages of soybean development. Spec. Report No. 80. Coop. Ext. Ser., Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU.
- Ferraris, G. y Zarate, Y.** 2017. El uso de la tecnología en los sistemas de producción. Disponible en: <http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/mod/resource/view.php?id=21133>.

Gallo, K.P. y Daughtry, C.S. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in crop canopies. *Agronomy J.* 78: 752-756.

Girón, P.; Miranda, W.; Barraco, M. y Lardone, A. 2015. Evaluación de distintas fechas de siembra de soja en función de grupos de madurez y espaciamientos entre hileras. Memoria Técnica 2014-2015, INTA General Villegas.

Kantolic, A.G. y Satorre, E.H. 2004. Elementos centrales de Ecofisiología del cultivo de soja. En: Díaz Zorita, M. y Duarte, G.A. (2004). Manual práctico para la producción de soja. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Capítulo 1, p.19-37.

Karam, F., Masaad, R., Mounzer, O. y Rouphael, Y. 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management* 75: 226–244.

Manuel-Navarrete D., Gallopín, G.C., Blanco M, Díaz-Zorita M., Ferraro, F.O., Herzer, H., Laterra, P., Murmis, M.R., Podestá, G., Rabinovich, J., Satorre, E.H., Torres, F., Viglizzo, E.F. 2009. Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environ. Dev. Sustain.* 11: 621-638.

Mengo, R.I. 2008. República Argentina. Impacto social, ambiental y productivo de la expansión sojera. Disponible en: <http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Republica-Argentina-impacto-social-ambiental-y-productivo-de-la-expansion-sojera>. Último acceso: Febrero 2020.

Ministerio de Agroindustria (MAGyP). 2019. Estimaciones Agrícolas. Disponible en: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Último acceso: Febrero 2020.

Muchow, R.C., Sinclair, T.R. y Bennett, J.M. 1990. Temperature and Solar Radiation Effects on Potential Maize Yield across Locations. *Agronomy J.* 82: 338-343.

- Otegui, M.E.** 2015. Bases ecofisiológicas para el manejo del agua en cultivos para grano conducidos en secano. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 44: 16–20.
- Otegui, M.E. y López Pereira, M.** 2003. Fecha de Siembra. EN: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R (Eds.). *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Buenos Aires, UBA pp 259-275.
- Prieto, S.** 2011. Tesis de maestría: Eficiencia transpiratoria como atributo de tolerancia al déficit hídrico en soja (*Glycine max* (L.) Merrill): variabilidad intraespecífica y su asociación con la estabilidad del rendimiento. *Fac. Agronomía UBA, Buenos Aires*. 114 p.
- Rahman, M.M., Hampton, J.G. y Hill, M.J.** 2005. The effect of time of sowing on soybean seed quality. *Seed Sci. Technol.* 33:687–697.
- Restovich, S.B., Andriulo, A.E., Portela, S.I.** 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid pampas: Effect of nitrogen and water dynamics. *Field Crops Res.* 128: 62-70.
- Salado-Navarro, L.R. y Sinclair, T.R.** 2009. Crop rotations in Argentina: Analysis of water balance and yield using crop models. *Agricultural Systems* 102: 11–16.
- Santos, D. J., Müller, M. y Peltzer, H.F.** 2011. Rendimiento y fenología de variedades comerciales de soja en Paraná. Siembras en fecha óptima y tardía en la campaña 2010/11. *Actualización Técnica Soja EEA INTA Paraná* 62: 9-24.
- Schou, J.B., Jeffers, D.L. y Streeter, J.G.** 1978. Effect of reflectors black boards, or shades applied at different stages of plant development on yield of soybeans. *Crop Science* 18: 29-34.
- Shibles, R.M. y Weber, C.R.** 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.* 6:55-59.
- Sinclair, T.R. y Muchow, R.** 1999. Radiation Use Efficiency. *Advances in Agronomy* 65: 215-265.

Stockle, C.O. y Kemanian, A.R. 2009. Crop radiation capture and use efficiency: a framework for crop growth analysis. *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. Academic Press, San Diego, CA, USA, 145-170.

Strada, J. y Vila, I.A. 2015. La producción de soja en Argentina: causas e impactos de su expansión. Disponible en: <https://www.centrocultural.coop/revista/23/la-produccion-de-soja-en-argentina-causas-e-impactos-de-su-expansion>.

Último acceso: Febrero 2020.

Vega, C. R. y Andrade, F. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. Pp. 97-133. En: Andrade, F.H., Sadras, V.O. (Eds.). *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. EEA INTA Balcarce/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.

Ventimiglia, L. y Torrens Baudrix, L. 2015. Soja: Efecto de la fecha de siembra, grupos de madurez y densidad de siembra. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9_de_julio_soja_efecto_de_la_fecha_de_siembra_e.pdf.

Último acceso: Febrero 2020.

Williams, J.H. y Boote, K.J. 1995. Physiology and modelling-predicting the unpredictable legume. En: Pattee, H.E., Stalker, H.T. (Eds.). *Advances in Peanut Science*. Am. Peanut Res. Educ. Soc., Stillwater, OK.

Ybran, R.G. y Lacelli, G.A. 2016. Informe estadístico mercado de la soja, INTA. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf.

Último acceso: Febrero 2020.

Zhang, Q.Y., Q.L. Gao, S.J. Herbert, Y.S.Li. y Hashemi, A.M. 2010. Influence of sowing date on phenological stages, seed growth and marketable yield of four vegetable soybean cultivars in North-eastern USA. *African J. Agric. Res.* 5:2556–2562.

APÉNDICE

Caracterización de la serie “La Belita”

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

PERFIL TÍPICO N°: C 5

UBICACIÓN: E.E.A INTA Gral. Villegas. Bs As.

LATITUD: 34°51'50'' sur PARTIDO: Gral. Villegas

LONGITUD: 62°45'46'' w ALTITUD: 113.75 m.s.n.m

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Hapludol típico familia franca gruesa

POSICIÓN: lomas

MATERIAL ORIGINARIO: Loess arenoso

PENDIENTE: 0,5-1% (1)

DRENAJE: bien drenado (4)

ALCALINIDAD: no alcalino

SALINIDAD: no salino

ROCOSIDAD: no rocoso

PEDREGOSIDAD: no pedregoso

ESCURRIMIENTO: medio (3)

PERMEABILIDAD: mod. Lenta (3)

LIMITACIÓN DE USO: baja retención de humedad

CAPACIDAD DE USO: Ilse

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TÍPICO:

Ap	0-18 cm; límite abrupto y suave, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, franco, estruc. bloques subangulares medios débiles, friable, húmedo, raíces abundantes.
A	18-28 cm; límite abrupto y suave, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, bloques subangulares medios moderados, friable, húmedo, raíces abundantes.
Bw	28-65 cm; límite claro y ondulado, pardo oscuro en húmedo, franco, prismas simples medios moderados, firme, plástico, y adhesivo, se observan puentes de arcilla, húmedo, raíces comunes.
BC	65-101 cm; límite gradual y difuso, pardo oscuro en húmedo, franco arenoso, bloques angulares a granular, firme, lig. Plástico, y lig. Adhesivo, húmedo raíces escasas.
C	101-130 cm; pardo oscuro en húmedo, franco arenoso, bloques angulares medios moderados, muy friable, no plástico y no adhesivo, moteados abundantes gruesos y precisos, húmedo, raíces escasas.

Caracteres que definen a este suelo:

Epipedón: mólico

Horizonte diagnóstico: cámbico

Secuencia de horizontes: Ap-A-Bw-BC-C

Caracteres que lo distinguen de las series similares:

De Blaquier, por presentar:

- Ligero enriquecimiento en limo
- Incremento de 5% aproximadamente de arcilla en todos sus horizontes
- Variabilidad de los principales rasgos:
- Espesor del horizonte A: 22 a 28 cm
- Espesor del horizonte Bw: 26 a 44 cm
- Textura del horizonte Bw: franco a franco arcilloso
- Espesor del solum: 78 a 101 cm
- Profundidad a la que aparecen moteados: 80 cm a +
- Grado de desarrollo: débilmente a claramente desarrollado (2-3)

Serie: LA BELITA

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL TIPICO C 5

NUMERO DE LABORATORIO	35872	35873	35874	35875	35876
HORIZONTES - CAPAS	AP	A12	B2	B3	C
Profundidad de la muestra, cm.....	5-12	21-27	32-60	70-95	107-120
Factor de humedad	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Materia orgánica, %.....	2.50	1.90	0.97	0.37	0.12
Carbono orgánico, %.....	1.40	1.10	0.56	0.22	0.07
Nitrógeno total, %.....	0.121	0.101	0.060		
Relación C/N.....	11.5	10.8	9.3		
Fósforo asimilable (ppm)	44.6	26.6	10.4		
Arcilla, < 2 µ,	20.4	19.8	20.1	17.5	13.0
Limo, 2-20 µ,	11.7	12.7	12.2	7.1	8.1
Limo, 2-50 µ,	30.4	30.0	30.1	22.4	26.1
Arena muy fina 1, 50-74 µ,	9.1	14.3	11.6	16.9	15.3
Arena muy fina 2, 74-100 µ,	15.6	20.4	15.8	28.6	14.3
Arena fina, 100-250 µ,	21.2	12.6	20.1	11.3	27.8
Arena media, 250-500 µ,	1.7	1.7	1.4	2.0	1.5
Arena gruesa, 500-1000 µ,	1.6	1.2	0.9	1.3	0.9
Arena muy gruesa, 1-2 mm.,					
Gravilla > 2 mm.....					
Calcáreo, CaCO ₃ , %.....					1.1
Equivalente de humedad %.....	19.9	18.7	19.0	16.0	13.4
Densidad aparente g/cm ³					0.2
Conductividad de la pasta mms/cm.....	0.3	0.2	0.2	0.4	0.2
pH en pasta.....	5.7	5.8	6.1	6.1	7.9
pH en agua, 1: 2,5.....	6.2	6.3	6.7	6.7	8.6
pH en 1N KCl (1:2,5)	5.2	5.2	5.5	5.8	6.9
Cationes de cambio, m.e./100 g.					
Ca ⁺⁺	7.5	8.4	8.1	7.1	
Mg ⁺⁺	1.9	2.1	2.5	2.9	0.9
Na ⁺	1.0	0.5	0.5	0.6	2.1
K ⁺	2.4	2.0	1.8	1.6	
Acidez de cambio.....	5.7	4.8	3.8	2.0	
% Sodio de intercambio (PSI).....	6	3	3	4	9
% Agua de saturación	46	52	39	37	37
Suma de bases, m.e./100 g. (S).....	12.8	13.0	12.9	12.2	9.1
Suma de bases, m.e./100 g. (T)	16.0	16.2	15.9	12.3	
Capacidad de cambio, m.e./100 g. (T)	80	80	81	99	
Saturación con bases, % (S/T).....	71	73	77	86	
% de saturación de S + H					
Observaciones: E.E.A. VILLEGAS					

Reseña fotográfica del ensayo realizado en el TFC.



Foto 1. Siembra del ensayo para el TFC, campaña de Soja 2018/19. EEA INTA Gral. Villegas.



Foto 2. Siembra de la FS5 16/01/2019.



Foto 3. Parte del cultivo de soja en R2-R3.



Foto 4. Cortes de biomasa en R3.



Foto 5. Muestreo de humedad R4-R5.



Foto 6. DEH 0,20 m.



Foto 7. DEH 0,40 m.



Foto 8. DEH 0,52 m.



Foto 9. Muestra del ensayo en R6-R7.



Foto 10. Muestra del cultivo en R8.



Foto 11. Cosecha: Marzo/Abril 2019.