

Cultivo de soja en la región centro-norte de Córdoba, Argentina

Ing. Agr. Rubén E. Toledo ⁽¹⁾ toledoruben@yahoo.com.ar
(1) Cereales y Oleaginosas, FCA-UNC

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es el de mencionar en su primer parte algunos aspectos fisiológicos del cultivo de soja, presentándose algunos resultados donde se evaluaron los efectos de la modificación de la fecha de siembra (FS) sobre los grupos de madurez (GM), dichos registros se obtuvieron de ensayos realizados con distancia de entresurco de 0,52m, en ambientes representativos de la región centro-norte de Córdoba, en campos de productores de la región Córdoba Norte de AACREA, y en el área experimental del campo escuela de la FCA-UNC, en el marco de proyectos nacionales coordinados por la EEA-INTA Marcos Juárez. El presente trabajo finaliza con una breve descripción de los aspectos generales que hacen al manejo del cultivo.

La soja *Glycine max* (L.) Merrill, pertenece a la familia de las Fabáceas, pero con características propias que la diferencian del resto de los integrantes de dicha familia, y que se destaca por su alto contenido de proteína y por su calidad nutritiva. Ocupa una posición intermedia entre las legumbres y los granos oleaginosos, conteniendo más proteínas que la mayoría de las legumbres, pero menos grasa que la mayor parte de las oleaginosas.

Su importancia en Argentina se manifiesta en el incremento constante de la superficie sembrada, siendo de 16.600.000 hectáreas para la campaña 2007/08. Esta superficie es un 2,8% superior a la anterior campaña, estimándose una producción que oscilaría entre los 45 y 48.000.000 de toneladas (SAGPyA, 2008). El principal destino del grano es la industrialización para la elaboración de aceites, dicho grano contiene entre 37 a 43% de proteína y un 18% de aceite, si bien las proteínas tienen una composición balanceada de aminoácidos, requieren un tratamiento industrial para inactivar ciertos inhibidores perjudiciales (Mulin *et al.*, 2004)

En los últimos años, la agricultura en nuestro país experimentó cambios significativos, el escenario agrícola fue dominado por la expansión del cultivo de soja. Esta transformación fue acompañada por un importante aporte de la tecnología: siembra directa, surgimiento de variedades transgénicas, mejoramiento genético en búsqueda de resistencia a enfermedades, adopción de GM de mejor comportamiento y el desarrollo de materiales adaptados a las distintas zonas productivas. (Satorre, 2003)

Considerando que la disponibilidad hídrica es el factor ambiental con mayor incidencia en la generación del rendimiento (RTO), y que el comportamiento y respuesta media de un conjunto de variedades de soja se puede tomar como medida biológica que caracteriza a un ambiente determinado (Martinez Alvarez *et al.*, 1995), se hace necesario un adecuado ajuste en la elección y combinación del GM y la FS. Es importante tener en cuenta que la época de siembra influye en forma relevante en la respuesta de cada GM, por lo tanto el largo del ciclo del cultivar y la FS se constituyen en herramientas claves en el ajuste del momento de ocurrencia del período crítico (Andrade *et al.*, 2000), estableciendo las condiciones ambientales que incidirán directamente en la generación del RTO

DESARROLLO

Etapas de desarrollo

Existen varias clasificaciones para identificar los distintos estados de desarrollo en soja, la más difundida es la escala desarrollada por Fehr *et al.* (1971), donde se describe los estadios fenológicos externos del cultivo de soja, distinguiéndose dos etapas principales; una que describe los estados vegetativos y la otra los reproductivos.

Etapas vegetativa

Los 2 primeros estados vegetativos se los identifican con letras.

VE - Emergencia - Se observa el hipocótilo, en forma de arco, empujando al epicótilo y a los cotiledones, haciéndolos emerger sobre la superficie del suelo.

VC - Etapa cotiledonar - El hipocótilo se endereza, los cotiledones se despliegan totalmente y en el nudo inmediato superior los bordes de las hojas unifoliadas no se tocan.

A partir de aquí el resto de los estados vegetativos se los identifican con el número de nudos.

V1 - (1^{er} nudo) - El par de hojas opuestas unifoliadas están expandida totalmente, y en el nudo inmediato superior se observa que los bordes de cada uno de los folíolos de la 1^{er} hoja trifoliada no se tocan.

V2 - (2^{do} nudo) - La 1^{er} hoja trifoliada está totalmente desplegada, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos de la 2^{da} hoja trifoliada no se están tocando.

Vn - (n: número de nudos) - La hoja trifoliada del nudo (n) está expandida totalmente, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos no se tocan.

Etapas reproductiva

R₁ - Inicio de Floración - Se observa una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal.

R₂ - Floración completa - Se observa una flor abierta en uno de los nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas.

R₃ - Inicio de formación de vainas - Una vaina de 5 milímetros de largo en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal, y con hojas totalmente desplegadas.

R₄ - Vainas completamente desarrolladas - Una vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas.

En esta etapa comienza el **periodo crítico** del cultivo; entre R_{4,5} y R_{5,5} es el momento más crítico, ya que ha finalizado la floración y cualquier situación de stress: déficit hídrico, de nutrientes, defoliación por orugas, enfermedades foliares, ataque de chinches, granizo, etc, afectará el número final de vainas y de granos, provocando la reducción de RTO.

R₅ - Inicio de formación de semillas - Una vaina, ubicada en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal, contiene una semilla de 3 mm de largo.

R₆ - Semilla completamente desarrollada - Una vaina, en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal, contiene una semilla verde que llena la cavidad de dicha vaina, con hojas totalmente desplegadas. En esta etapa termina el período crítico del cultivo

R₇ - Inicio de maduración - Una vaina normal en cualquier nudo del tallo principal ha alcanzado su color de madurez. La semilla, en este momento, contiene el 60 % de humedad.

R₈ - Maduración completa - El 95 % de las vainas de la planta han alcanzado el color de madurez.

Luego de R₈, se necesitan cinco a diez días de tiempo seco (baja humedad relativa ambiente), para que las semillas reduzcan su humedad por debajo del 15 %.

Factores que afectan el desarrollo

La **temperatura** y el **fotoperíodo** son los factores ambientales que regulan la duración de las fases de desarrollo del cultivo, actuando en forma simultánea en las plantas y con evidencia de interacción entre ellos. (Kantolic *et al.*, 2004)

Temperatura

La duración de una fase (habitualmente medida en días) depende de la temperatura, siendo esta determinante en la duración de cada uno de los distintos estados fenológicos del cultivo. La relación entre la duración de una fase y la temperatura no es lineal, por ello se prefiere caracterizar la longitud de una etapa a través de su inversa. Esta función inversa de la duración se llama tasa de desarrollo y su unidad es 1/día. En términos generales esta tasa aumenta linealmente entre la temperatura base (temperatura por debajo de la cual no hay desarrollo) y óptima donde se incrementa la velocidad con que se cumple cada etapa; entre la temperatura óptima y la temperatura máxima la tasa disminuye. Por debajo de la temperatura base y por encima de la máxima el desarrollo prácticamente se detiene y la duración de la fase tiende a ser infinita (Sadras *et al.*, 2000). (Figura 1)

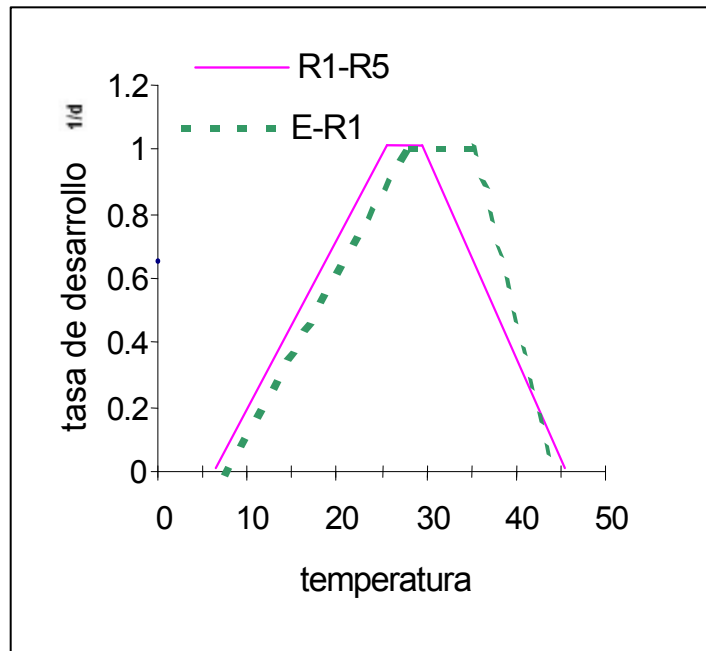


Figura 1: Efecto de la temperatura sobre la tasa de desarrollo

En soja la temperatura base varía entre 6 y 10°C. Las temperaturas óptimas diurnas para fotosíntesis están comprendidas entre 30 y 35°C. La fijación de vainas se retrasa con temperaturas menores a 22°C y cesa con temperaturas menores a 14°C (Vega, 2006). La temperatura regula el desarrollo durante todo el ciclo, cabe destacar que no se han encontrado respuestas diferenciadas entre genotipos en cuanto lo observado en la Figura 1, sin embargo los requerimientos en tiempos térmicos para que se cumpla la etapa VE a R₁ tiende a disminuir desde los GM mayores hacia los GM menores (Piper *et al.*, 1996)

Fotoperíodo

El efecto principal de la longitud del día en el desarrollo de la soja es el de la inducción de la floración; la soja se clasifica como planta de días cortos, porque los días cortos inducen el inicio del proceso de floración (Hicks, 1983). El fotoperíodo influye y regula la mayor parte de los eventos reproductivos condicionando el inicio y final de las diferentes fases y la tasa con que progresan los cambios dentro de la planta (Kantolic *et al.*, 2004b).

A diferencia de la temperatura que influye durante todo el ciclo del cultivo, el fotoperíodo comienza su regulación cuando termina la fase juvenil o preinductiva (posterior a V_1), es decir la inducción floral puede ocurrir en cualquier estadio después del desarrollo de la hoja unifoliada (Hicks, 1983). En general a partir de V_2 la planta comenzaría a ser sensible al fotoestímulo fotoperiódico, dicho estímulo culminaría en el estado de madurez fisiológica (R_7) (Figura 2)

<i>FASE</i>	<i>FACTOR</i>
S - V1	T
V1 - FFJ	T
FFJ - IF	T F
IF - R1	T F
R1 - R3	T F
R1 - R4	T F
R1 - FEF	T F
R1 - R6	T F
R1 - R7	T F
R7 - R8	T

S: Siembra, FFJ: Fin Fase Juvenil, IF: Iniciación Floral, FEF: Fin Expansión Foliar, V: Vegetativos, R: Reproductivos

Figura 2: Influencia de la temperatura y el fotoperíodo en función de la fase-etapa del cultivo

La duración de la etapa VE- R_1 depende fundamentalmente del fotoperíodo de la latitud del lugar donde se siembra, dado que los cultivares se inducen fotoperiódicamente con diferentes umbrales según el GM al cual pertenecen; de modo tal que en el norte de la región sojera (p ej: en Posadas) se siembran cultivares que necesitan menos horas de luz para florecer (GM mayores), en tanto hacia el sur (p ej: en Balcarce) se ubican aquellos cultivares con menor sensibilidad al fotoperíodo (GM menores). (Pascale *et al.*, 2004)

Figura 4

Tanto el valor crítico (valor a partir del cual cada GM aumenta la duración de la etapa VE a R_1) como la sensibilidad fotoperiódica son diferentes según el genotipo. Los denominados GM menores o bajos (II, III, y IV) requieren mayor fotoperíodo para la inducción (menos sensibles); en cambio los GM mayores o altos (V determinado (det), V indeterminado (ind), VI, VII, VIII y IX) se inducen con menor fotoperíodo (más sensibles); esta sensibilidad significa mayor duración de fase con respecto a los GM menores (Figura 3)

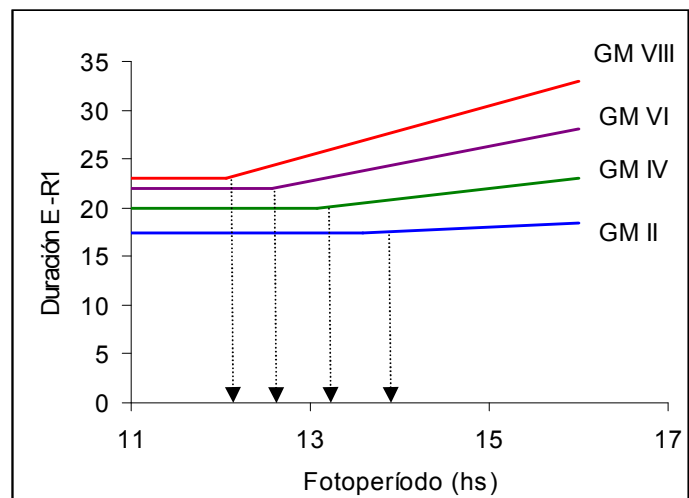


Figura 3: Efecto del fotoperíodo (horas de luz) sobre la duración en días de emergencia a floración

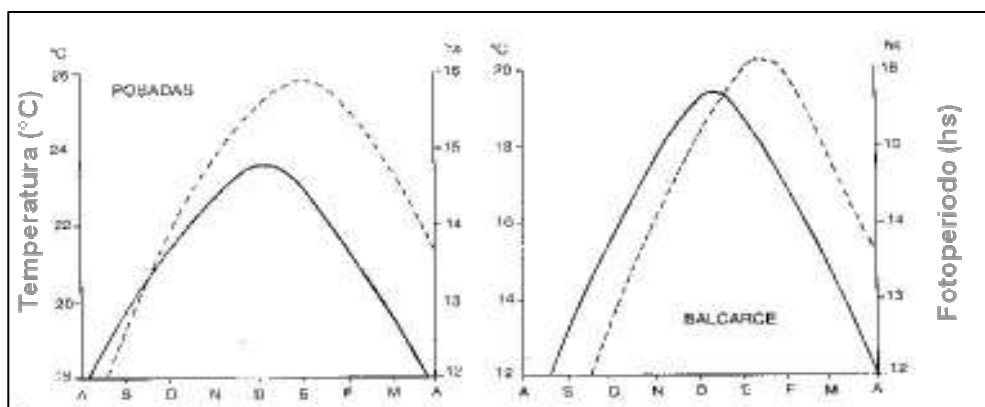


Figura 4: Termo y fotoperíodo de 2 localidades del norte y sur de la región sojera argentina.

Las plantas que florecen muy rápido debido a la existencia de días cortos, generalmente no desarrollan altura ni área foliar normales. La maduración de estas plantas también se adelanta y entonces el RTO en grano es inferior al normal (Hicks, 1983).

La inducción floral provoca la transformación de los meristemas vegetativos en meristemas reproductivos y la edad de la planta en que se produce la transformación de los meristemas determinara el tamaño final de la misma y por lo tanto, su potencial de RTO (Baigorri, 1997) Las modificaciones en la FS hacen que haya diferencias en la longitud del día y determinan el número de días que transcurren desde VE a R_1 y hasta la maduración (R_8) (Hicks, 1983). El atraso en la siembra reduce la duración de los ciclos de las variedades, y no es solo una disminución de la etapa vegetativa sino también de la reproductiva, pero básicamente la reducción es por menor número de días de VE a R_1 .

A partir de registros de ensayos sembrados en parcelas, a partir de la campaña 2000/01, con espaciamentos entre surcos de 0,52m, utilizándose los cultivares que se detallan en la tabla 1 (Anexo), y que fueron sembrados en seis épocas de siembra, de las cuales se obtuvieron seis FS promedio (que son las utilizadas en los análisis posteriores) Tabla 2. Las precipitaciones registradas e históricas se presentan en el Anexo

Épocas de siembra	FS	FS promedio
14 de septiembre - 04 de octubre	1er	24 de septiembre
05 de octubre - 24 de octubre	2da	14 de octubre
25 de octubre - 13 de noviembre	3er	04 de noviembre
14 de noviembre - 03 de diciembre	4ta	24 de noviembre
04 de diciembre - 23 de diciembre	5ta	14 de diciembre
24 de diciembre - 30 de enero	6ta	08 de enero

Tabla 2: Épocas de siembra y fechas de siembra utilizadas

En dicha experiencia se observó tendencia decreciente de la duración de la etapa VE a R_1 a medida que se atrasó la FS, donde los materiales de GM III y IV registraron en promedio 39 días de duración en la FS del 24/09, en la FS del 08/01 el registro fue de 30 días, es decir por cada día de atraso en la siembra la etapa disminuyó 0,09 días. Los GM V, VI y VII sembrados el 24/09 florecieron a los 66 días y en la FS del 08/01 este valor fue de 44 días, en estos GM la reducción fue de 0,21 días por cada día de atraso en la FS, por lo tanto en dichos GM la disminución de la fase fue mayor, con una diferencia

de 27 días en la longitud de la etapa con respecto a los GM menores en la FS del 24/09, esta diferencia disminuyó a 14 días en la FS del 08/01 (Figura 5 y 6).

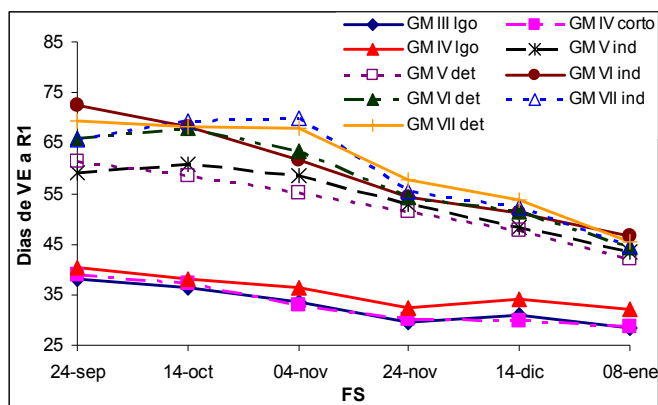


Figura 5: Duración promedio de VE a R1 según FS en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01 y 2001/02), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2007/08)

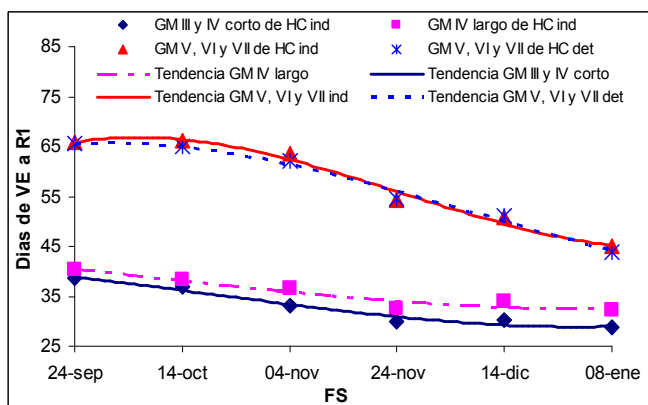


Figura 6: Tendencias de duración de VE a R1 según FS, GM y HC en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01 y 2001/02), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2007/08)

La duración del período de VE a R₇ tuvo tendencia lineal y decreciente a medida que se atrasó la FS. Los materiales de GM III y IV registraron en promedio 125 días de duración de la etapa en la FS del 24/09, con disminución promedio de 0,35 días por cada día de atraso en la FS. Los materiales de GM V, VI y VII tuvieron una longitud de 150 días en la FS del 24/09, disminuyendo 0,42 días por día de atraso en la siembra. La diferencia entre los GM mayores y GM menores en la longitud de VE a R₇ fue de 25 días en la FS del 24/09, la menor diferencia se registró en la FS del 08/01 y fue de 17 días (Figura 7 y 8)

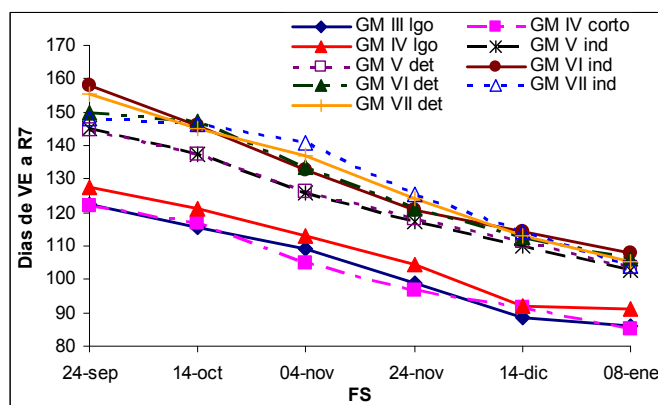


Figura 7: Duración de VE a R7 según FS en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01 y 2001/02), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

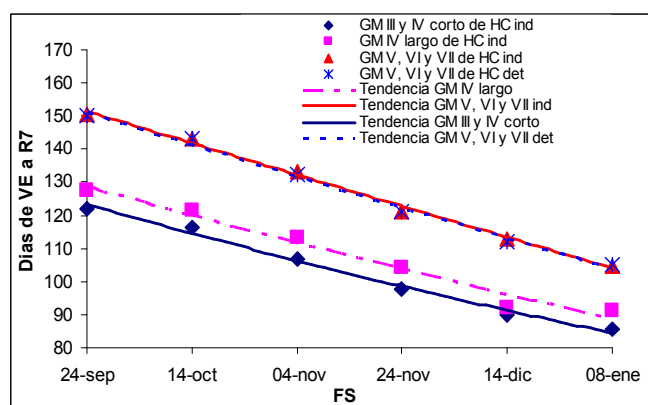


Figura 8: Tendencia de duración de VE a R7 según FS, GM y HC en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01 y 2001/02), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

CRECIMIENTO

En el cultivo de manera simultánea con el crecimiento, se producen cambios morfológicos que resultan de la diferenciación y crecimiento de los órganos. Por ello, toda práctica de manejo que genere un cambio ambiental, tendrá un impacto diferente según el momento de ocurrencia, esto es, ya que el cultivo estará en una etapa fenológica diferente de su proceso de generación de estructuras o del RTO

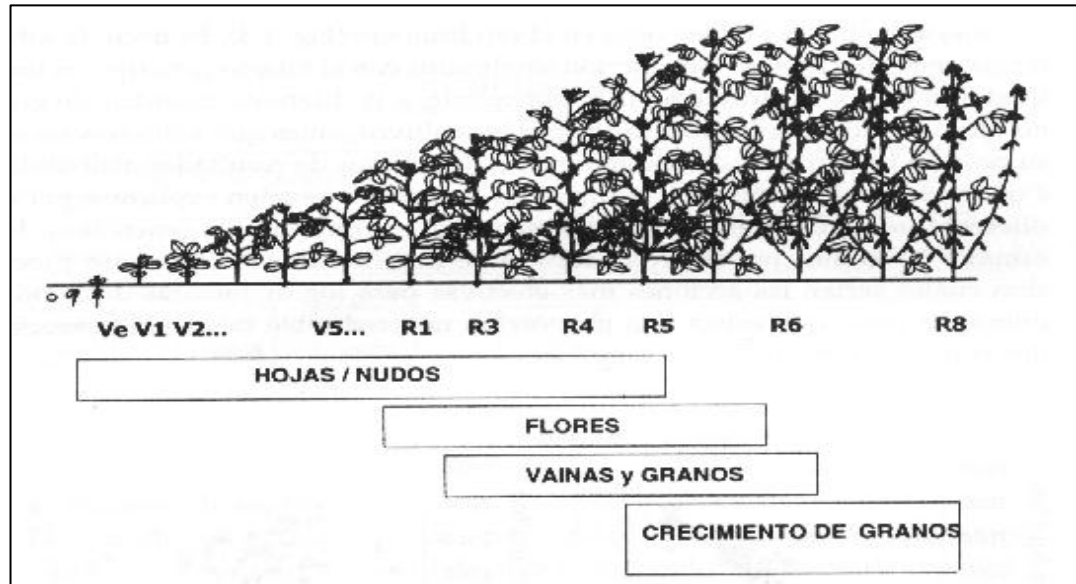


Figura 9: Cambios morfológicos durante el ciclo del cultivo

(Kantolic, 2004) (Figura 9)

El crecimiento comienza con la germinación de la semilla, esto es cuando absorbió el 50-55% de su peso en agua (Baigorri, 1997), otros autores establecen el 30-40% de su peso (Sadras *et al.*, 2000). La tensión hídrica del suelo no puede ser menor que -6,6 bares para que germine la semilla dentro de los 5-8 días a una temperatura de 25°C. (Hicks, 1983). La raíz es de tipo pivotante y puede alcanzar, según tipo de suelo, GM y disponibilidad de agua, una profundidad de 200 centímetros (cm) (Andriani, 1997). La longitud de las raíces tiene una relación directa con el largo del ciclo: mayor GM mayor capacidad de profundización y exploración. El crecimiento vegetativo concluye cuando finaliza la formación de tallos, hojas y raíces, esto coincide con el estado fenológico R₅.

La representación del crecimiento es la típica curva sigmoidea (Figura 10) con una primer etapa de crecimiento vegetativo lento (donde se va determinando el área foliar), luego una etapa de crecimiento lineal acelerado (corresponde a la formación del área foliar, tallo, flores y vainas), una etapa de crecimiento reproductivo lineal que comienza en R₅ con el llenado de granos y la senescencia durante la que se produce el amarillamiento y caída de hojas. En R₇ el crecimiento reproductivo se produce a menor tasa (etapa final de llenado de granos)

La tasa de crecimiento está estrechamente relacionada a la intercepción de radiación solar, la que a su vez depende del índice de área foliar (IAF). La tasa aumenta a medida que aumenta el IAF hasta que alcanza un valor crítico capaz de interceptar el 95% de la radiación solar incidente. El IAF crítico se encuentra entre 3,1 y 4,5 (Figura 11) y depende de la estructura de la planta, la densidad de siembra y el espaciamiento entre surco. La soja puede alcanzar IAF muy altos, sin embargo la TCC no disminuyó. (Baigorri, 1997c) lo que significa que las hojas sombreadas no son parásitas para la planta. (Shibles *et al.*, 1965)

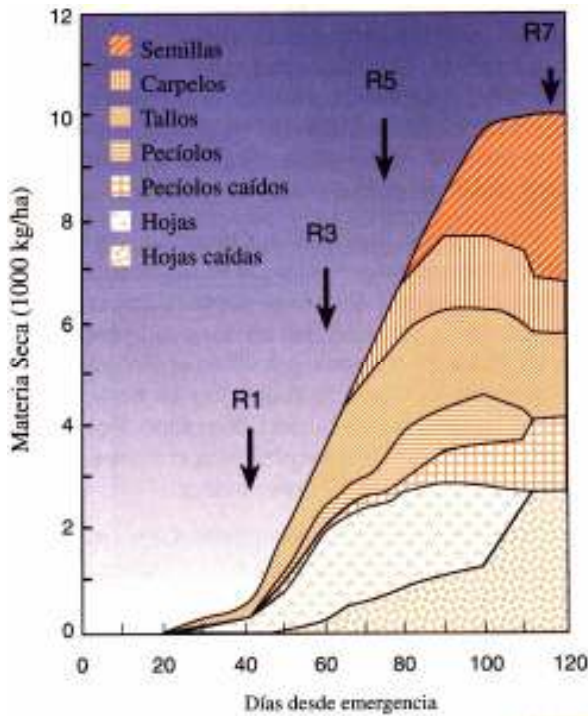


Figura Nº 10: Curva de crecimiento de la soja en la que muestra la acumulación de materia seca en diferentes partes de la planta durante el ciclo del cultivo (extractado de Giorda y Baigorri, 1977).

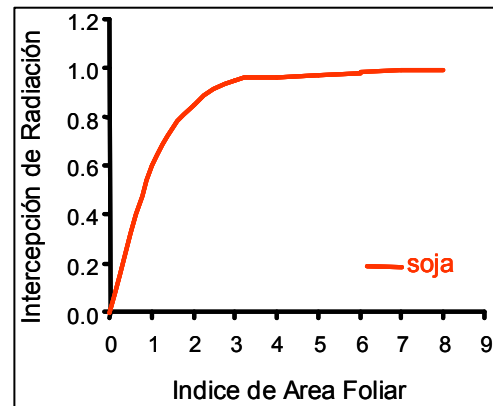


Figura 11: Relación entre la proporción de radiación interceptada y el índice de área foliar para soja

En todas las regiones de Argentina, la siembra en la segunda quincena de noviembre permite lograr la máxima altura de planta (AP) siguiendo un patrón de comportamiento en función de la FS, y en la mayoría de los materiales recomendados para cada ambiente; se destaca que la AP registrada para cada cultivar varía con las condiciones ambientales, principalmente con la disponibilidad hídrica, es decir, mejores

condiciones implican más altas campanas de crecimiento (Baigorri, 2002). (Figura 12)

El efecto de la FS sobre la AP se observa en las Figuras 13 y 14 donde todos los GM describieron la típica campana de crecimiento registrando máximas AP en el mes de noviembre. Para los GM III y IV de ciclo corto el registro promedio fue de 78cm y para el GM IV de ciclo largo fue de 84cm, ocurriendo esto en la FS del 04/11. Estos GM disminuyeron en promedio 0,70cm por día de adelanto y 0,49cm por día de atraso en la FS; los GM V, VI y VII de HC ind obtuvieron el máximo registro de AP en la FS del 04/11 (108cm) disminuyendo 0,49cm por cada día de adelanto de la FS y 0,71cm por cada día de atraso en la FS; en los GM V, VI y VII de HC det el máximo valor se registró en la FS del 24/11, disminuyendo 0,49cm por cada día que se anticipó la FS, en cambio, por cada día de atraso, la reducción de AP fue de 0,69cm. Los GM mayores de HC ind fueron los de más alta campana de crecimiento, la diferencia con respecto a los GM de menor registro fue de 41cm en la FS del 24/09, esta diferencia se redujo a 18cm en la FS del 08/01.

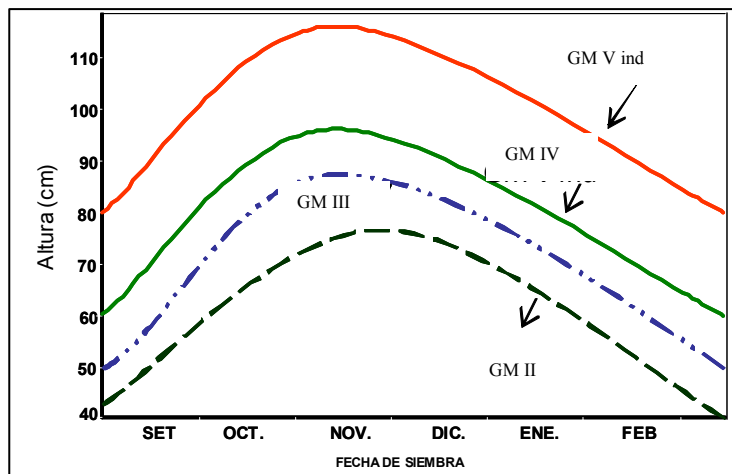


Figura 12: Patrón de altura según FS

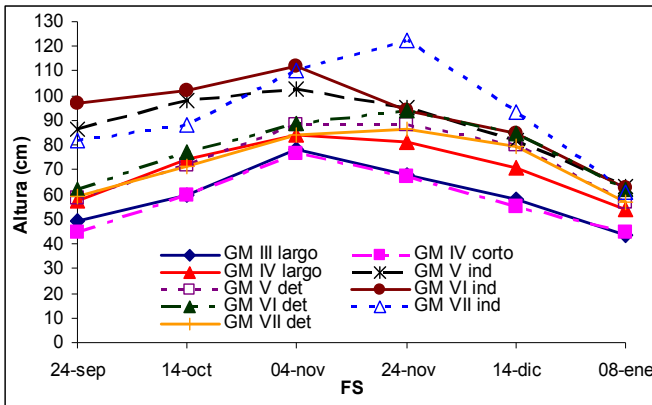


Figura 13: Altura promedio según FS en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02 y 2005/06), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2005/06)

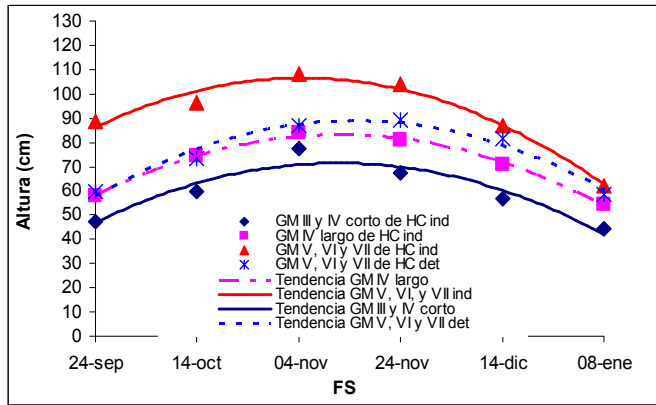


Figura 14: Tendencia de altura según FS, GM y HC en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02 y 2005/06), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2005/06)

El crecimiento de un genotipo se puede optimizar en FS tempranas, intermedias y tardías, a partir de la elección de la calidad de los ambientes en que se lo va a sembrar. Algunos cultivares pueden utilizarse a lo largo de todo el período de siembra recomendado para el cultivo, logrando un adecuado desarrollo en las diferentes FS a partir de la elección de un ambiente de calidad determinada.

La luz tiene alta influencia en la morfología de la planta, al modificar el momento de la floración y de la madurez, lo cual resulta en diferencias de AP, tamaño de vaina, área foliar, vuelco y otras características incluyendo el RTO. Las plantas que florecen temprano debido a la existencia de días cortos, generalmente no desarrollan AP ni área foliar normal; la AP a menudo alcanza tan solo la mitad cuando el genotipo es sembrado en ambientes inadecuados, esta respuesta es debida principalmente a la floración temprana, las vainas más bajas se forman muy cerca de la superficie del suelo y como consecuencia aumenta la dificultad para la cosecha. (Hicks, 1983) Esta característica se observa en la Figura 13 y 14 y es más propia de los GM menores sembrados en fechas extremas.

EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO

La diferencia de RTO que se manifiesta de una campaña a otra está en función de la cantidad de recursos (agua, luz, nutrientes) que las plantas tienen disponibles, las limitaciones que pueden restringir la captura de estos y la capacidad de las plantas de acceder a los lugares donde se encuentran y tomarlos. Es decir del total de recursos que se incorporan al sistema, una parte se destina a órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas) y sólo una proporción de la biomasa, representada por el índice de cosecha (IC), es lo que finalmente compone el RTO. Estos conceptos se resumen en un modelo simple que describe la relación entre generación del RTO y la captura y uso de recursos por parte del cultivo:

$$\text{RTO} = \text{Rinc} \times \text{ei} \times \text{ec} \times \text{IC}$$

En donde **Rinc** es la radiación incidente o disponible, **ei** es la eficiencia de interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y esta condicionada por el IAF; **ec** es la eficiencia de

conversión y representa la capacidad de la planta de producir biomasa por cada unidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada. Ambas eficiencias, principalmente e_i , esta directamente ligada a la disponibilidad de agua y nutrientes, por lo tanto las prácticas de manejo contribuyen principalmente al aumento de la cantidad de recursos disponibles para las plantas. (Kantolic *et al.*, 2004b).

Los dos aspectos principales del RTO son el **potencial y la estabilidad**. El potencial de RTO es un atributo genético condicionado fuertemente por el ambiente, donde los GM menores tendrían mayor potencial de RTO que los GM mayores pero a su vez exigen mejores condiciones ambientales durante el período crítico (Baigorri, 1997b)

La estabilidad del RTO en cambio esta asociada en forma directa al largo de ciclo, por lo tanto los GM mayores que tienen mayor duración de ciclo, presentan mayor estabilidad. (Baigorri, 1997b)

Al ser el RTO un atributo complejo, se lo puede subdividir en variables más simples de comprender (Figura 15) En principio el RTO es el producto de sus dos componentes principales: el **número de granos** (NG) por unidad de superficie y el **peso de los granos** (PG); si bien existen compensaciones entre estos componentes, guardan cierta independencia entre sí, que permite suponer que un aumento en cualquiera de los dos puede producir un aumento en el RTO. Sin embargo en un rango amplio de condiciones agronómicas el **NG** es el componente que mejor explica las variaciones en el RTO. (Kantolic *et al.*, 2004)

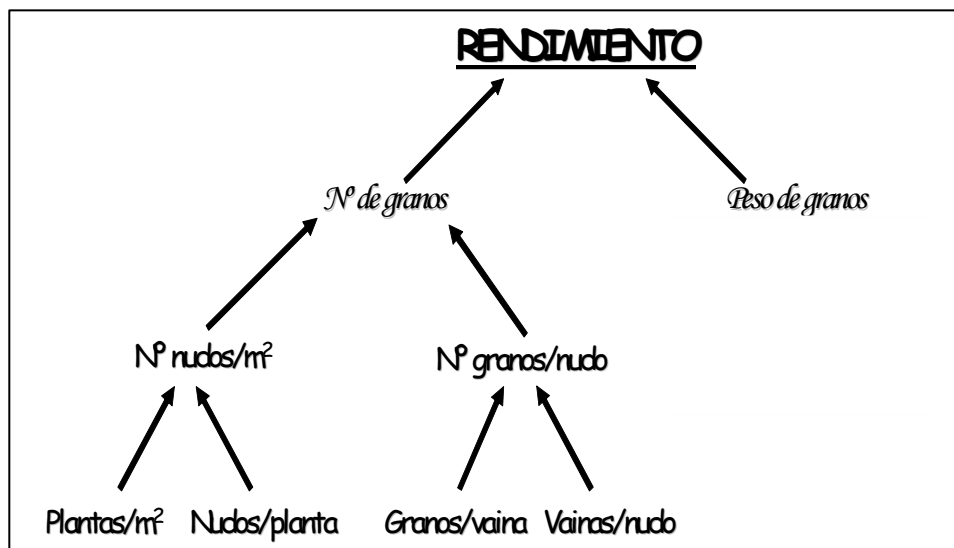


Figura 15: Rendimiento, componentes y subcomponentes numéricos

En función de los resultados obtenidos se observó que la variación del NG generó una mayor respuesta en el RTO; donde el 77% de la variación del RTO es explicado por NG, y solo el 9% de la modificación del RTO lo explica el incremento del PG (Figura 16 y 17) Según el momento de ocurrencia de un estrés será el componente de RTO más afectado; mientras que un estrés durante R_3 - R_6 afecta significativamente el NG, un estrés tardío (R_6 - $R_{6,5}$) afecta principalmente la acumulación de materia seca en los granos (PG). (Vega, 2006)

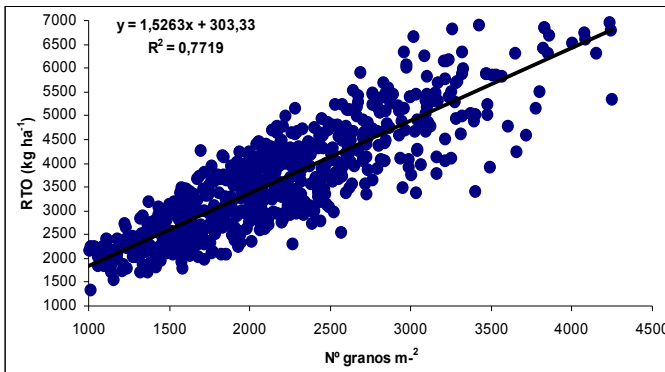


Figura 16: Relación entre rendimiento y número de granos por unidad de superficie en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

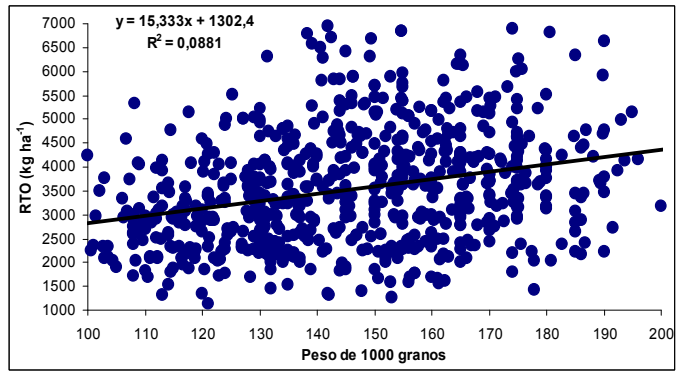


Figura 17: Relación entre rendimiento y peso de granos en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

El RTO se relaciona con la FS dependiendo del cultivar y el ambiente. En condiciones hídricas no limitantes y empleando diferentes combinaciones de cultivares y FS es posible incrementar el RTO en forma lineal adelantando las siembras hasta en la fecha que ocurran heladas tardías, estas dependen de factores propios de cada ambiente (latitud y altitud), y otros parámetros variables entre campañas (régimen térmico e hídrico) (Baigorri, 2004)

El comportamiento de los **GM III y IV** registraron tendencias similares de RTO según la FS, con mejor respuesta entre el 14/10 y el 01/11 (promedio de 4483kg ha^{-1}), en donde los cultivares de GM IV de ciclo largo se destacaron siempre con comportamiento superior a lo largo de todas las FS; el GM III de ciclo largo obtuvo mejor registro que el GM IV de ciclo corto entre el 24/09 y el 14/10 en FS posteriores fue superado levemente por este último. Los materiales de GM III de ciclo largo perdieron en promedio $26,29\text{kg ha}^{-1}$ a partir de la FS del 14/10, los de GM IV de ciclo corto $23,26\text{kg ha}^{-1}$ y los cultivares de GM IV de ciclo largo disminuyeron $24,94\text{kg ha}^{-1}$ por cada día de atraso en la FS a partir del 14/10. (Figura 18)

Con respecto al **GM V** la tendencia general fue decreciente a medida que se atrasó el momento de siembra, en todas las FS la respuesta de los materiales de HC ind fue superior al de HC det con mayor diferencia en la FS del 24/09 (885kg ha^{-1}) Los cultivares de HC ind redujeron el RTO en $14,53\text{kg ha}^{-1}$, los de HC det disminuyeron $7,93\text{kg ha}^{-1}$ por cada día de atraso a partir de la 1^{er} FS. (Figura 19)

El **GM VI** de HC ind tuvo respuesta superior al de HC det con tendencia decreciente a medida que se atrasó la FS; la mayor diferencia se registró el 14/10 (1008kg ha^{-1}) reduciéndose esta a medida que se postergo la siembra, el GM VI de HC ind perdió $12,43\text{kg ha}^{-1}$, el de HC det disminuyó $11,22\text{kg ha}^{-1}$ por cada día de atraso en la siembra a partir del 24/09 (Figura 20)

Con respecto al **GM VII** en general los de HC ind manifestaron mejor comportamiento con respecto a los de HC det a lo largo de todas las FS, con mayor diferencia entre ellos en la FS del 24/11, observándose gran inestabilidad de los materiales de HC ind perdiendo $21,22\text{kg ha}^{-1}$, en cambio los de HC det la reducción fue de $7,86\text{kg ha}^{-1}$ por cada día de atraso a partir del 24/09 (Figura 21)

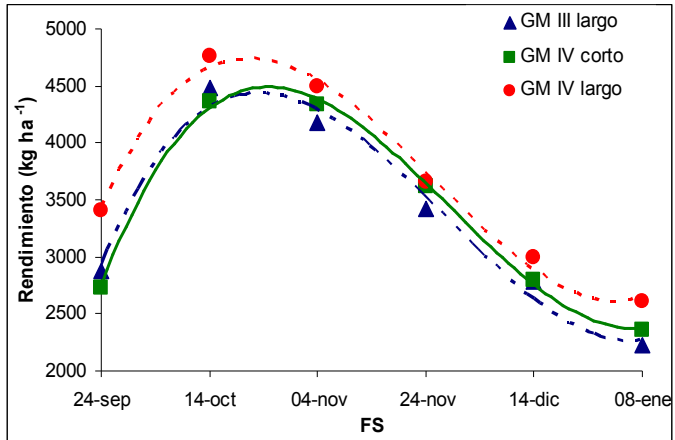


Figura 18: Rendimiento y Tendencia de GM III (línea discontinua), IV corto (línea continua) y IV largo (línea de puntos) según FS, obtenido de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02, 2005/06 y 2006/07), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

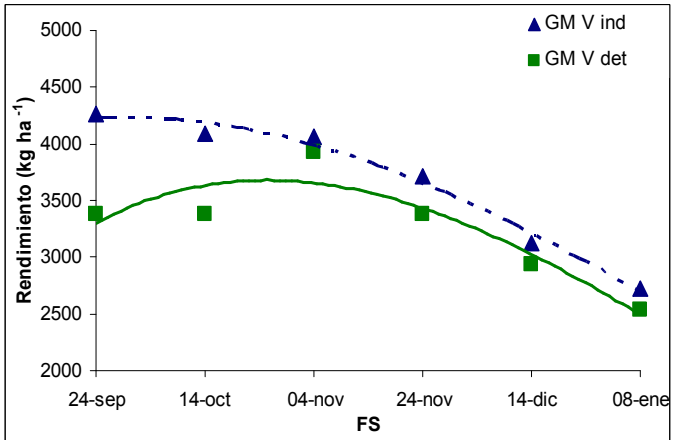


Figura 19: Rendimiento y Tendencia de GM V ind (línea de puntos) y V det (línea continua) según FS obtenido de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02, 2005/06 y 2006/07), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

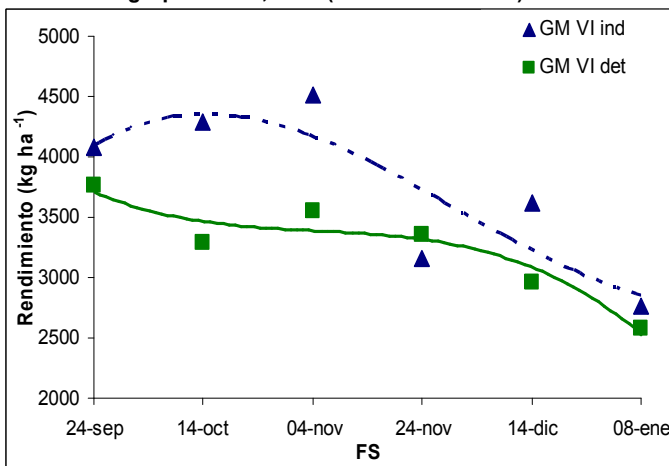


Figura 20: Rendimiento y Tendencia de GM VI ind (línea de punto) y VI det (línea continua) según FS, obtenido de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02, 2005/06 y 2006/07), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

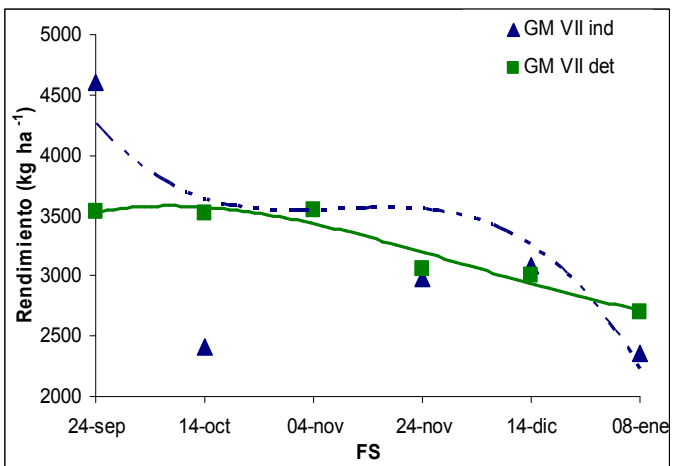


Figura 21: Rendimiento y Tendencia de GM VII ind (línea de punto) y VII det (línea continua) según FS, obtenido de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02, 2005/06 y 2006/07), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

En función de las tendencias observadas según GM y FS, se definieron 3 ambientes productivos para la región centro-norte de Córdoba: un **1^{er} ambiente** de mayor calidad (entre la 2^{da} quincena de octubre y la 1^{er} quincena de noviembre) donde los GM III y IV lograron la mejor performance, destacándose los materiales de ciclo largo de GM IV; un **2^{do} ambiente** de calidad intermedia (FS extratempranas de septiembre y 1^{er} quincena de octubre) donde los GM mayores de HC ind tuvieron mejor comportamiento y un **3^{er} ambiente** de menor calidad (a partir de la 1^{er} quincena de diciembre) donde se redujo notoriamente la respuesta de los GM III y IV, superados por los GM mayores de HC ind y en menor medida por los de HC det. A lo largo de todas las FS los GM mayores de HC ind registraron respuesta superior a los GM de HC det, con una diferencia que se fue reduciendo a medida que se atraso la FS (Figura 22 y 23)

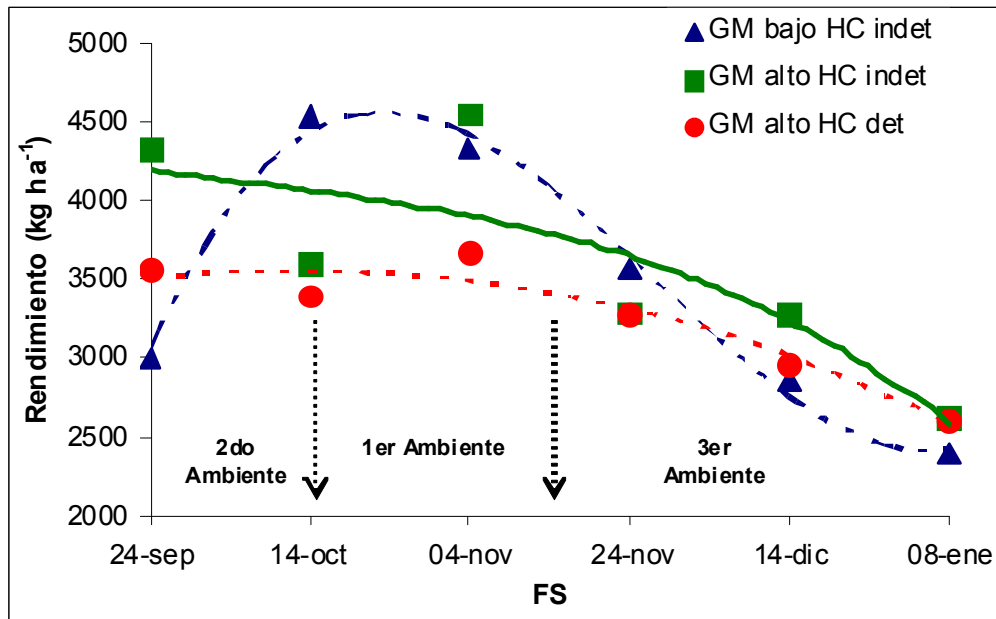


Figura 22: Rendimiento y Tendencia de GM según HC y según FS; en base a resultados obtenidos de ensayos sembrados en campos de productores del centro-norte de Córdoba (2000/01, 2001/02, 2005/06 y 2006/07), y sembrados en el área experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC (2002/03 al 2006/07)

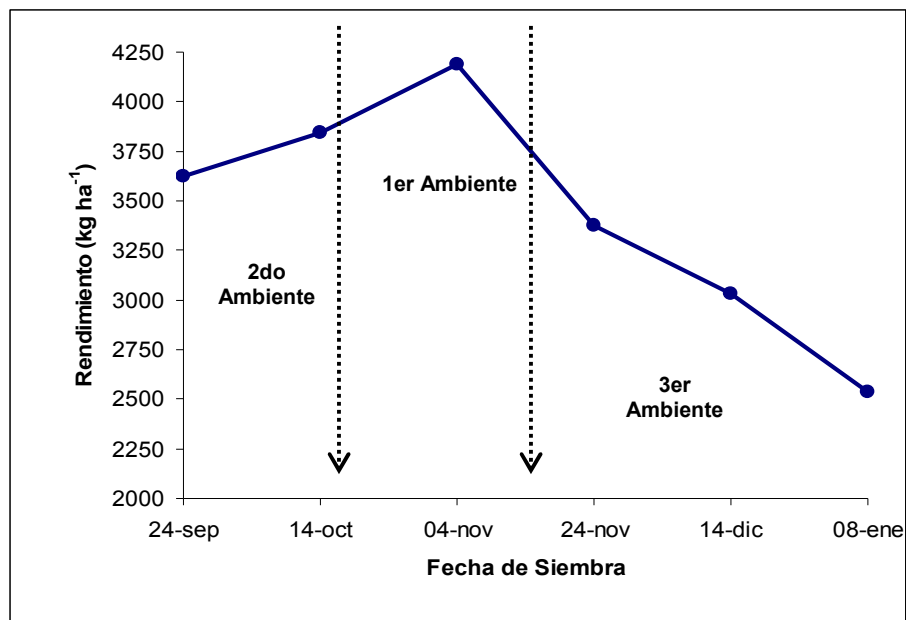


Figura 23: Ambientes productivos según rendimientos promedios de todos los GM según FS

MANEJO DEL CULTIVO

Para una adecuada selección del cultivar es necesario considerar el siguiente diagrama (Figura 24) que permite identificar la secuencia de prácticas de manejo más adecuadas en función de su orden de importancia:

- Caracterización del ambiente de producción
- Elección de la adecuada combinación de la FS y GM
- Elección del cultivar
- Distribución espacial

El ambiente de producción define como crecerá y se desarrollará el cultivo, condicionando cuál GM es el más adaptado en la búsqueda de mayores productividades.



Figura 24: Diagrama de selección de cultivares

En la **caracterización del ambiente** se debe tener presente:

Características abióticas:

- a) Agua (régimen de precipitaciones, agua inicial, napa freática (manejo del agua))
- b) Temperatura
- c) Radiación
- d) Edáficas (serie, capacidad de uso)
- e) Capacidad de almacenamiento del suelo
- f) Capacidad exploratoria de raíces
- g) Características químicas

Características bióticas:

- a) Enfermedades
- b) Plagas
- c) Malezas

En la Figura 25, se presentan las zonas con limitaciones productivas para el cultivo de soja: la Zona I con menores registros de precipitaciones; la Zona II con suelos arcillosos (Vertisoles); la Zona III de suelos arenosos; la Zona IV que presenta anegamientos y napas altas y la Zona V con presencia de toscas.

En Argentina en función del período libre de heladas el área productiva de soja se divide en tres zonas (Figura 26):

- Región Norte** (al norte de los 30° LS): con suelos franco arenosos y limosos hacia el oeste y arcillosos hacia el este. Esta región permite la mayor cantidad de meses posibles para la siembra, comenzando en agosto y culminando en febrero, con meses de cosecha de enero a julio, utilizándose cultivares de GM V en las FS tempranas y a medida que se atrasa la siembra se utilizan materiales de GM más altos.
- Región Pampeana Norte** (entre los 30 y 36° LS): con suelos arenosos a franco arenosos hacia el oeste, y arcillosos hacia el este. Es posible sembrar, siempre y cuando las precipitaciones lo permitan, a partir de septiembre hasta enero, con meses de cosecha de febrero a marzo, se siembran materiales de GM IV al VII siendo posible utilizar cultivares de ciclo largo de GM III hacia el sur y cultivares de GM VIII hacia el norte.
- Región Pampeana Sur** (al sur de los 36° de LS): con suelos arenosos al oeste y francos hacia el este, donde ambos pueden presentar tosca. Es la región más limitada en cuanto a combinación de GM y FS, comenzando con la siembra a partir de octubre hasta diciembre, con meses de cosecha entre marzo a abril, sembrándose cultivares de GM II al IV.

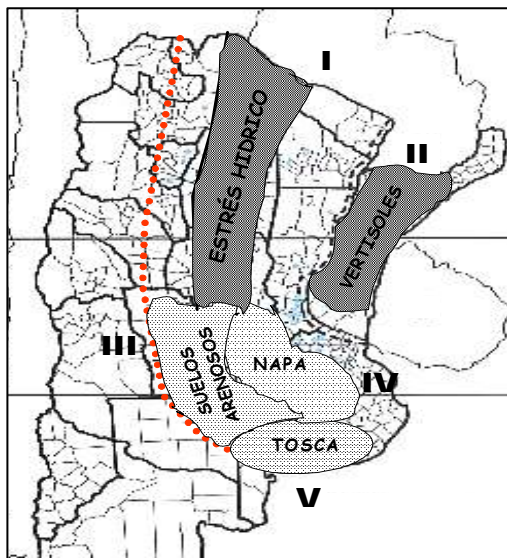


Figura 25: Zonas con limitaciones productivas, extractado de Baigorri, 2002

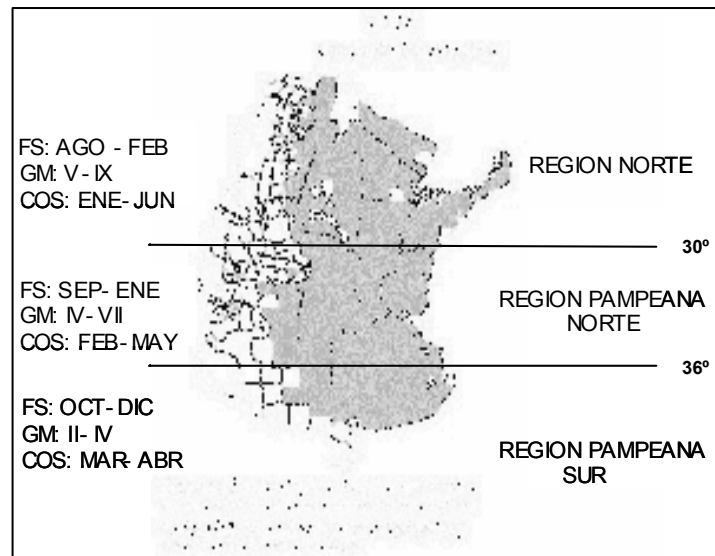


Figura 26: Regiones de producción, fechas de siembra (FS), grupos de madurez utilizados (GM) y período de cosecha (COS)

Una vez caracterizado el ambiente el paso más importante es la **selección y combinación de FS y GM**, constituyéndose en la principal herramienta para la elección del cultivar de soja, y define las prácticas de manejo adecuadas en la búsqueda y obtención de los máximos RTO. (Toledo, 2006). La soja debe sembrarse en una fecha tal que la ocurrencia del período crítico para la determinación del

RTO ocurra en condiciones ambientales favorables; para ajustar dicho momento el productor cuenta con dos elementos claves: el ciclo de la variedad y la FS (Andrade *et al.*, 2000).

Los cultivares comerciales de soja se agrupan en GM o grupos de precocidad de los cuales de los trece (000 al X) existentes en el mundo, ocho son utilizados en Argentina (II al IX); este agrupamiento se basa fundamentalmente en la duración de la etapa de emergencia (VE) a floración (R_1), esta característica explica la distribución geográfica de los GM en el área de producción de soja (De la Vega *et al.*, 2004).

La soja es una planta de días cortos con respuesta cuantitativa y cualitativa, en función de dicha respuesta cada GM tiene un comportamiento medio en una banda latitudinal de adaptación (aproximadamente 200km de longitud), al sur de dicha banda responderá como un GM mayor (mayor ciclo), lo que implica que si la floración se retrasa el llenado pueda ser interrumpido por heladas tempranas; por el contrario al norte de la banda de adaptación el GM se comporta como un GM menor (menor ciclo) y un retraso en la FS ocasiona una reducción del tamaño de la planta que trae como consecuencia menor RTO. Los GM que se pueden sembrar en una franja disminuye de norte a sur debido al acortamiento del período libre de heladas; en nuestro país los cambios en latitud modifican el largo del ciclo de cada uno de los cultivares, dicha longitud se incrementa a medida la siembra ocurre en latitudes mayores, es decir cuando mas al sur se los siembra, mayor es el largo del ciclo. (Figura 27)

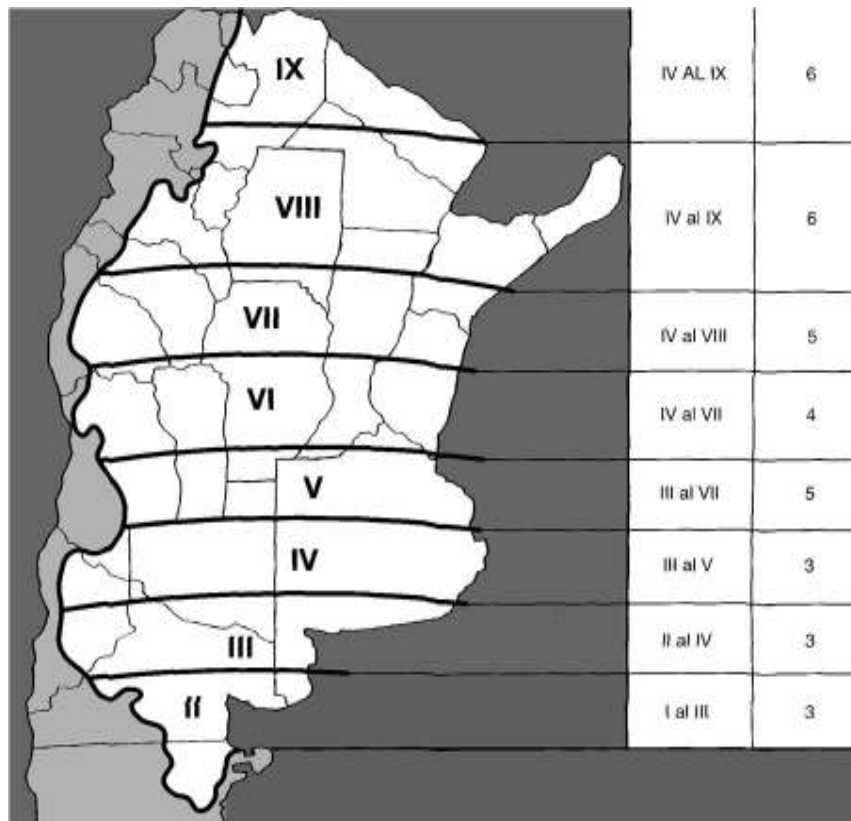


Figura 27: Franjas latitudinales de adaptación

Las **características del cultivar** que deberán tenerse en cuenta son:

- a) Longitud de ciclo
- b) Hábito de crecimiento
- c) Respuesta fenológica ante modificaciones de la FS
- d) Comportamiento frente a enfermedades y plagas
- e) Vuelco
- f) Potencial de RTO y estabilidad
- g) Calidad de semilla, etc.

La planta de soja puede presentar tres tipos de **Hábito de crecimiento**:

- a) **HC determinado:** Una vez que se inicia R_1 el tallo principal termina la producción de nudos y su crecimiento en altura, formándose en su extremo apical un ramillete floral. La superposición entre crecimiento vegetativo y reproductivo es de un 20%, dicho desarrollo vegetativo luego de R_1 se produce en las ramas. Florecen a partir de la porción media del tallo principal. Los GM V, VI, VII, VIII y IX tienen este tipo de HC
- b) **HC indeterminado:** Luego de R_1 continúa diferenciando nudos, donde es posible que el número de nudos luego de la floración se duplique y hasta triplique; la superposición entre vegetativo y reproductivo es de un 40% o más. Florecen a partir de la porción basal del tallo principal. Los GM II, III, IV, los cultivares de ciclo más largo del GM V, algunos materiales de GM VI y uno de GM VII tienen este tipo de HC
- c) **HC semideterminado:** Los tallos continúan creciendo vegetativamente luego iniciado R_1 para luego terminar en un ramillete floral como los de HC det.

En general los GM presentan los siguientes requerimientos y características:

Materiales de GM menores

Requerimientos:

1. Mayor stand de plantas
2. Adecuada distribución del stand de plantas
3. Limitaciones físico-químicas de suelos reducidas
4. Mayor control de plagas y malezas, etc.

Características:

1. Menor tendencia al vuelco
2. En ambientes de alta fertilidad y disponibilidad hídrica responden con mayor RTO
3. Sembrados en FS tempranas son mayores las posibilidades de escape a enfermedades de fin de ciclo
4. Desocupan más rápido los lotes por menor longitud de ciclo
5. Son más proclives a problemas de calidad de semilla
6. Presentan inestabilidad de RTO, con directa relación a la adecuada elección de la FS, etc.

Materiales de GM mayores

Requerimientos:

1. Menor stand de plantas
2. Se adaptan a suelos con limitantes físico-químicas, etc.

Características:

1. Son proclives al vuelco bajo situaciones de alta calidad ambiental, esto es FS de noviembre y principio de diciembre, y en campañas con buena disponibilidad hídrica
2. Mayor capacidad de competencia con las malezas por su mayor desarrollo y crecimiento
3. Son de mejor respuesta ante deficiencias de manejo del cultivo, es decir son más tolerantes ante errores en el control de plagas y enfermedades, etc.

Por ejemplo las bolsas con semillas vienen con denominaciones comerciales de las diferentes empresas, los cultivares se identifican con siglas que corresponden al nombre de la empresa, luego le siguen 4 números (a los fines prácticos importan los 2 primeros), y por último las siglas RR (resistente a Round up) o RG (resistente a glifosato). Por ejemplo la variedad **DM 4200 RR** pertenece a la empresa Don Mario, donde el primer número indica que este cultivar pertenece al GM IV, y el segundo número indica el largo de ciclo de este genotipo dentro del GM, por lo tanto esta denominación identifica a una variedad de GM IV de ciclo corto. Si se habla de **A 5777 RG** se trata de un cultivar de la empresa Nidera de GM V de ciclo largo. Puede ocurrir que algunas empresas la variedad pueda ser identificada a través de los dos números finales, p ej: **TJ 2170 RR**, denominación que indica una variedad que pertenece a la empresa La Tijereta de GM VII de ciclo corto.

La **juvenilidad** es una característica genética que permite mayor desarrollo vegetativo, retrasando el inicio de R_1 , esta característica puede encontrarse en algunos cultivares de GM más altos de HC det con mayor sensibilidad fotoperiódica y que florecen con menor AP. La incorporación de este carácter tiene como objetivo la obtención de cultivares adaptados a mayores rangos de latitud y época de siembra. El **vuelco** es otra característica que se expresa con relación directa a las condiciones ambientales. Los grupos mayores de HC ind son los más proclives al vuelco, aunque dentro de cada GM puede encontrarse diferencias significativas entre cultivares, por ello la modificación de la FS, la densidad de siembra y el espaciamiento entre surcos, son prácticas de manejo recomendables, a su vez esta característica suele verse reducida en lotes con limitaciones físico-químicas. Los GM bajos son los más susceptibles al deterioro de **calidad de semilla**, debido a que su maduración es más temprana en siembras anticipadas, por lo que son sometidas a mayores temperaturas aumentando la posibilidad de deterioro del grano, además es destacable señalar que a mayor tamaño de grano es más proclive al deterioro en su calidad física.

En cuanto al **espaciamiento entre surco**, el adecuado manejo tendrá como objetivo lograr una mejora en la cobertura del suelo para maximizar la captación de la radiación solar, considerando que a menor distancia entre surco:

1. se incrementa del diámetro de los tallos
2. se reduce del vuelco y altura
3. se reduce de la emergencia tardía de malezas
4. es menor tiempo para alcanzar el IAF crítico
5. se reduce la erosión del suelo
6. se distribuye más uniformemente el sistema radical

La soja es una especie con alta plasticidad a la **densidad de siembra**, ante cualquier situación de estrés tiene una alta capacidad de compensación ya sea a través de mayor producción de ramas y frutos por planta. La densidad de plantas óptima es aquella que:

1. Permite un buen crecimiento evitando el vuelco
2. Reduce la incidencia a enfermedades
3. Asegura una adecuada inserción de las vainas inferiores

La densidad óptima a su vez depende de:

1. La fecha de siembra (tanto en siembras tardías, como extratempranas (septiembre) es conveniente aumentar la densidad)
2. La latitud (a mayor latitud las densidades óptimas tienden a ser mayores)
3. Condiciones ambientales (cuando el ambiente limita el crecimiento del cultivo, es necesario incrementar la densidad)
4. Características del cultivar (los cultivares con mas crecimiento, ya sea por su mayor longitud de ciclo, tendencia al vuelco o altura, tienen densidades óptimas menores)
5. Espaciamiento entre surcos

Con respecto a la FS y GM utilizados en las tres regiones sojeras:

En la **Región Norte** la recomendación de siembra comienza a partir de la **1^{er} quincena de septiembre** hasta la **2^{da} quincena de enero** o **1^{er} quincena de febrero**. El plan de siembra comenzaría con el **GM V de HC ind** entre la **1^{er} quincena de septiembre y la 2^{da} quincena de octubre**, el **GM V de HC det** puede utilizarse entre la **2^{da} quincena de septiembre y todo octubre**; entre la **2^{da} de octubre y todo noviembre** puede sembrarse el **GM VI**; el **GM VII de HC ind** entre **noviembre y diciembre** y el **GM VII de HC det** entre la **2^{da} quincena de noviembre y 1^{er} quincena de enero**; el **GM VIII y IX** se puede sembrar entre la **2^{da} quincena de diciembre y la 2^{da} de enero**. En esta región a medida que se atrasa la FS, mayor debe ser el GM ha utilizar (Figura 28)

Fecha de siembra en la zona Norte						
GM	HC	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
V	I	Muy alta				
	D	Alta				
VI	I		Media			
	D		Media a alta			
VII	I		Baja			
	D		Baja a media			
VIII y IX	I				Muy baja	
	SD				Baja, muy baja	

Figura 28: FS y GM recomendados para la región Norte, adaptado de Baigorri 1997

En la **Región Pampeana Norte** la FS recomendada se extiende entre la **2^{da} quincena de septiembre y la 1^{era} de enero** con cultivares de **GM III** (hacia el sur de la región) al **VIII** (hacia el norte de la región). En siembras extratempranas (**septiembre-1^{er} quincena de octubre**) se utilizan cultivares de **GM V de HC ind** y de **GM VI del mismo HC** (menos disponibilidad en el mercado), en FS óptimas entre la **2^{da} quincena de octubre y la 1^{er} quincena de noviembre** se recomienda **GM IV de ciclo largo** y si mejores condiciones ambientales lo permiten en la **1^{er} quincena de noviembre** se pueden sembrar materiales de **GM III de ciclo largo**, en **diciembre** lo recomendable son los GM

mayores nuevamente comenzando con los **GM V, VI de HC ind** y hacia **fines de diciembre y 1^{er} quincena de enero con los GM mayores de HC det**, llegándose a utilizar cultivares de **GM VII y GM VIII** hacia el norte de esta región (Figura 29)

GM	HC	OCT	NOV	DIC	ENE
III	I		Muy alta		
IV	I		Alta a muy alta		
V	I	Media a baja		Media a baja	
	D	Media a alta		Media a alta	
VI	I	Baja		Baja a muy baja	
VII-VIII	D	Media		Alta	

Figura 29: FS y GM recomendados para la región Pampeana Norte, adaptado de Baigorri 1997

En la **Región Pampeana Sur** se emplean GM II, III y IV con un plan de siembra que comienza a partir de la **2^{da} quincena de octubre** (mes que brinda mayor seguridad en la obtención de mayores RTO) hasta la **1^{er} quincena de noviembre** con el **GM IV** con materiales de ciclo más largo cuando el ambiente es de menor calidad y cuando este tiene características intermedias puede utilizarse un cultivar de ciclo más corto del mismo GM; los materiales de mayor ciclo de **GM III** pueden sembrarse en la **1^{er} quincena** y los más cortos en la **2^{da} quincena de noviembre**; el **GM II** puede utilizarse entre la **2^{da} quincena de noviembre y 1^{er} quincena de diciembre**. Es decir en esta región a medida que se atrasa la FS menor debe ser el GM utilizado (Figura 30)

GM	HC	OCT	NOV	DIC
II	I		Muy alta	
III corto	I		Alta	
IV corto	I		Media	
IV largo	I		Muy alta	

Figura 30: FS y GM recomendados para la región Pampeana Sur, adaptado de Baigorri 1997

USO DE AGUA

El consumo de agua del cultivo es el valor de su evapotranspiración acumulada durante su ciclo de crecimiento, los valores de consumo van a depender de:

1. **la demanda atmosférica:** es un factor de alta importancia en la determinación de la cantidad de agua que requiere un cultivo, a mayor demanda atmosférica la planta evapotranspira mayor cantidad de agua, hasta un límite fijado por el potencial agua de sus hojas, y depende de: la radiación incidente, la temperatura, la humedad relativa del aire y del viento.
2. **la duración del ciclo del cultivo:** mayor largo del ciclo del material mayor es la cantidad de agua consumida, esta longitud depende de la FS y el GM utilizado

3. **el área foliar desarrollada:** Casi toda el agua transpirada por un cultivo de soja pasa a través de los estomas ubicados en la superficie de sus hojas. De manera que a medida que aumenta el área foliar aumenta linealmente el consumo de agua del cultivo.

En condiciones de secano es muy frecuente que las necesidades de agua del cultivo no sean satisfechas, en estas condiciones la disponibilidad de agua va a depender de:

1. **las precipitaciones:** Las mismas varían en intensidad y distribución de campaña en campaña y de localidad en localidad. Es de gran importancia maximizar el aprovechamiento del agua de lluvia, tanto en condiciones de secano como en riego suplementario. Desde el punto de vista agrícola, la precipitación total que llega a la superficie del suelo se divide en dos componentes:
 - a. la precipitación efectiva: agua que infiltra y llega a la zona radical del cultivo
 - b. la precipitación escurrida: agua que no ingresa al sistema y escurre sobre la superficie, esta última es un proceso denominado escurrimiento superficial y que aumentará cuando mayor sea:
 - i. la intensidad de la lluvia
 - ii. la pendiente del suelo
 - iii. la humedad del horizonte superficial
 - iv. la falta de cobertura en la superficie del suelo

2. **la exploración de raíces:** la máxima profundidad de las raíces es lograda aproximadamente en el estado R₅, dependiendo del genotipo, la profundidad exploratoria de las raíces es próxima a los 2m, dicha exploración depende de:
 - a. la densidad del suelo
 - b. el estado nutricional del cultivo
 - c. el largo de ciclo

GM	PR (cm)	Estado
VII	230	R4
V	190	R4
III	130	R4

En la Figura 31 se observa la profundidad efectiva de las raíces obtenidas en Manfredi (Córdoba), sobre un suelo Haplustol éntico, con un registro máximo de 2,3 m de profundidad (Dardanelli, 1997).

En la Figura 32 se presenta un patrón de desarrollo de la parte aérea y del sistema radical de un cultivo de soja

Figura 31: Profundización radicular de diferentes GM de soja, Dardanelli, 1997

3. **la capacidad de almacenaje de agua:** directamente relacionada con la textura y porosidad del suelo, en el área sojera núcleo predominan los suelos franco-limosos, que son los de mayor capacidad de retención. (Andriani *et al.*, 1997).

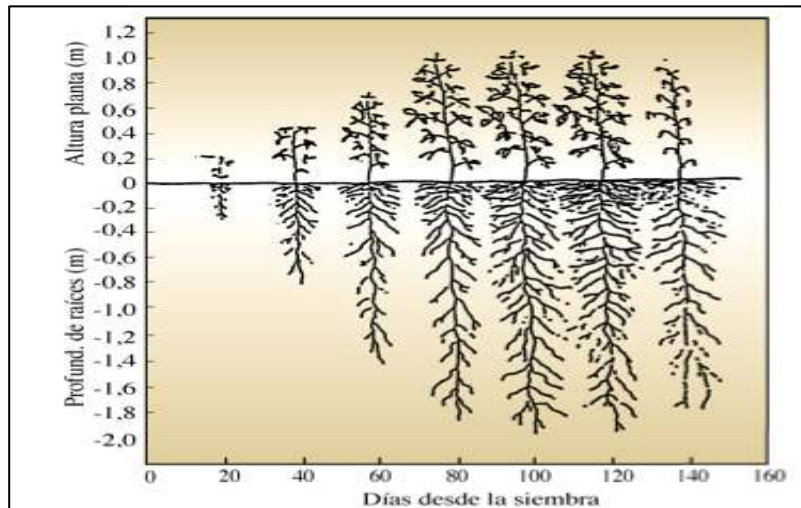


Figura 32: Patrón de crecimiento de raíces y parte aérea de un cultivo de soja, Andriani 1997

Existen tres subperíodos con respuesta diferenciada según el momento de ocurrencia de estrés:

1. **De VE a R1:** En este período deficiencias hídricas de mediana intensidad no producen reducciones en el RTO pero pueden afectar la AP y el área foliar; mayor intensidad de estrés pueden ocasionar reducciones del 10% del RTO.
2. **De R1 a R5:** Este período es más susceptible a la etapa anterior, intensidades medias pueden reducir un 10% del RTO y deficiencias severas pueden producir reducciones de un 20% o más, esto es provocado por el aborto de flores y vainas siendo en parte compensado con el peso de los granos, si cesa la deficiencia hídrica en la etapa posterior.
3. **De R5-R7:** Es el período más crítico del cultivo, ya que el estrés provoca reducciones simultáneas del número de vainas, del número de granos por vainas y del peso de los granos,

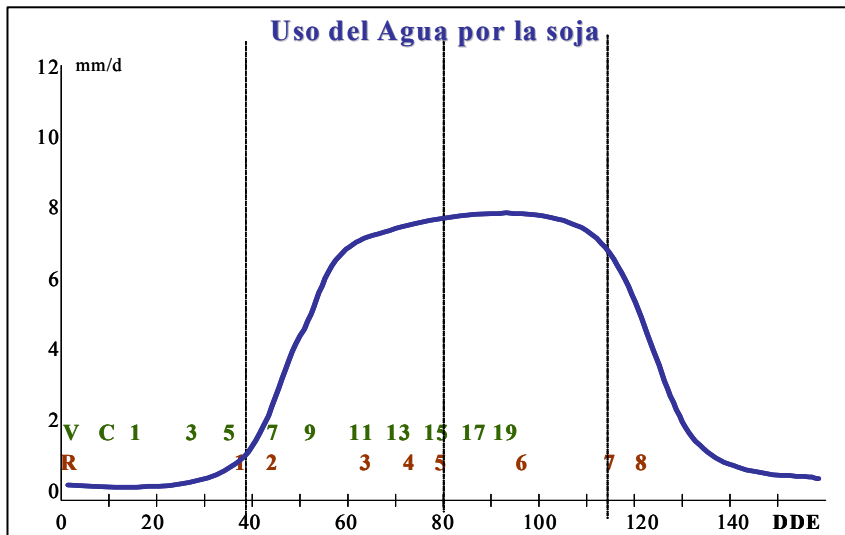


Figura 33: Consumo de agua (mm) y subperíodos críticos del cultivo

sin que haya probabilidad de compensación.

Deficiencias hídricas severas pueden producir pérdidas de RTO muy importantes (40% o más). (Andreani, 2006)

Figura 33

CONSIDERACIONES FINALES

- ✓ La época de siembra en donde los cultivares de GM III y IV logran mayores RTO es entre la 2^{da} quincena de octubre y la 1^{er} quincena de noviembre, destacándose los materiales de ciclo largo de GM IV como los de mejor performance.
- ✓ Si bien en la región son bajas las probabilidades de siembra en fechas extratempranas (fines de septiembre y 1^{er} quincena de octubre) los GM V de HC ind son los de mejor respuesta productiva.
- ✓ En siembras tardías si bien los RTO son similares (con excepción del GM III) hubo predominio en el rendimiento de los GM altos, en esta época se considera la misma pauta de manejo que el punto anterior: siembra de GM altos pero con cultivares de menor ciclo.
- ✓ Los cultivares de GM III y IV logran mejor balance entre destino vegetativo y reproductivo entre la 2^{da} quincena de octubre y la 1^{er} quincena de noviembre, en cambio los GM más altos lo logran en siembras más tempranas y tardías.
- ✓ El acortamiento de la distancia entre hileras permite compensar en parte, principalmente en los GM más bajos, la marcada caída en la eficiencia de interceptación de radiación por parte del cultivo, permitiendo mejorar la cobertura del suelo y mejorar la eficiencia en la cosecha, siendo esto una adecuada práctica de manejo cuando se siembran materiales de GM bajos en FS inadecuadas.
- ✓ Cuando la AP es menor a 0,70m es factible obtener RTO de hasta 20% mayor cuando se reduce el espaciamiento entre hileras. (Toledo *et al*, 2002)
- ✓ Los GM III y IV perdieron en promedio 25kg por día de atraso en la siembra; los GM V, VI y VII de HC ind disminuyeron 16kg y los GM V, VI y VII de HC det perdieron 9kg por cada día de atraso en la siembra.
- ✓ EL GM VII de HC det fue el más estable en RTO ante modificaciones en la FS, disminuyendo 7,86kg por cada día de atraso en la FS; el más inestable fue el GM III con una reducción de 26,29kg por día de atraso.
- ✓ El NG es proporcional a las tasas de crecimiento del cultivo durante el período crítico de determinación del RTO (Vega, 2006)
- ✓ La utilización de cultivares de mejor genética, la inoculación del material, la fertilización del cultivo en forma conveniente, la combinación adecuada de la FS y el GM, entre otras, son prácticas que permitirán acortar la brecha entre el RTO potencial y el real.
- ✓ Los análisis de agua y suelo deben constituirse en prácticas habituales de manejo, constituyéndose en la herramienta principal para conocer el ambiente de producción.

Es posible lograr producciones sustentables de soja en concordancia con la aptitud agroambiental de cada sitio. Este cultivo ha sido motor de la reactivación económica del campo y no hay motivo científico-tecnológico para que deje de ser un cultivo clave. Para ello debe ser insertada en suelos aptos para su cultivo dentro de rotaciones adaptadas a las condiciones locales, con sistemas de siembra con menor remoción del suelo y otras medidas conservacionistas y considerando a la reposición de los nutrientes como una herramienta fundamental de manejo. (AACs, 2008)

AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Agrónomos Orlando Badiali y Marcelo Cantarero por la lectura del material.

A los docentes de la cátedra de Cereales y Oleaginosas. FCA-UNC

A los ayudantes alumnos y al personal del Campo Escuela, FCA-UNC.

A la memoria del Ingeniero Agrónomo Oscar Rubiolo.

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Argentina de la ciencia del suelo (AACs), 2008. (en línea) En: [http://www.fca.unl.edu.ar/noticias/la soja y el suelo.pdf](http://www.fca.unl.edu.ar/noticias/la_soja_y_el_suelo.pdf). (consultado: 02/05/08)

Andrade, F. y A. Cirilo, 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. En: Bases para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Eds: F. Andrade y V. Sadras, Buenos Aires. pp 135-150

Andriani, J., 1997. Uso del agua y del riego. En: El cultivo de la soja en Argentina. Ed: L. Giorda y H. Baigorri. Córdoba pp 143-150.

Andriani, J.; 2006. Dinámica del agua en el cultivo de soja. En: Soja. Actualización 2006. Informe de Actualización técnica n° 3. Marcos Juárez. pp 24-30

Baigorri, H., 1997. Calidad de la semilla. En: El cultivo de la soja en Argentina. Ed: L. Giorda y H. Baigorri. Córdoba pp 90-101

Baigorri, H., 1997b. Elección de cultivares. En: El cultivo de la soja en Argentina. Ed: L. Giorda y H. Baigorri. Córdoba pp 107-122

Baigorri, H., 1997c. Ecofisiología del cultivo. En: El cultivo de la soja en Argentina. Ed: L. Giorda y H. Baigorri. Córdoba pp 31-49

Baigorri, H., 2002. Conclusiones sobre el efecto de la fecha de siembra en el desarrollo y crecimiento de los cultivos. En: Manejo del cultivo de la soja en Argentina. Actualizaciones. Ed: H. Baigorri, Marcos Juárez. pp 100-111

Baigorri, H., 2004. Criterios generales para la elección y el manejo de cultivares en el cono sur. En: Manual práctico para la producción de soja. 1^{ra} edición. Ed: M. Díaz Zorita y G. Duarte, Buenos Aires. pp 39-77

De la Vega, A., E. de la Fuente., 2004. Elección de genotipos. En: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. 2^{da} edición. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. pp 319-345

Dardanelli, J., 1997. Uso del agua y del riego. En: El cultivo de la soja en Argentina. Ed: L. Giorda y H. Baigorri. Córdoba pp 143-150.

Fehr W; C Caviness; D Burmood y J. Pennington, 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*. Vol 11: 929-931

Hicks, D, 1983. Crecimiento y desarrollo En: Fisiología, mejoramiento, cultivo y utilización de la soja. Ed: Norman G. pp 19-43

Kantolic, A., P. Giménez y E. de la Fuente, 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de soja. En: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. 2^{da} edición. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. pp 167-195.

Kantolic, A, y E. Satorre, 2004b. Elementos centrales de ecofisiología del cultivo de soja. En: Manual práctico para la producción de soja. 1^{ra} edición. Ed: M. Díaz – Zorita y G. Duarte, Buenos Aires. pp 19-37

Martinez Alvarez; A. Z. Corral y S. B. Bologna, 1995. Adaptación, Estabilidad relativa y rendimiento medio de cultivares de soja en Villa Mercedes (San Luis) En libro del 1^{er} Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos. Pergamino, Asociación Ingenieros Agrónomos de la zona norte de la Provincia de Buenos Aires. pp 120-133

Mulin, E. y K. Alvarez, 2004. El gran libro de la siembra directa. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. pp 142-147

Norman, G. 1983. Fisiología, mejoramiento, cultivo y utilización de la soja. pp 19-118

Pascale, A., E. Damario, 2004. Acción de los elementos meteorológicos sobre los cultivos agrícolas. En: Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. pp 61-101

Piper, E, K. Boote, J. Jones y S. Grimm. 1996. Comparison of two phenology models for predicting flower and maturity date of soybean. *Crop Science*. Vol. 36: 1606-1614

Sadras, V., M. Ferreiro, F. Gutheim y A. Kantolic, 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. En: Bases para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Eds: F. Andrade y V. Sadras, Buenos Aires. pp 29-38.

Satorre, E., 2003. El libro de la Soja, Ed: E. Satorre, Buenos Aires.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimento, 2008. Estimaciones Agrícolas Mensuales. (en línea) En: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>. (Consultado: 02/05/08)

Shibles, R. y C. Wheber. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans *Crop Science*. Vol. 5 N°6 1606-1614

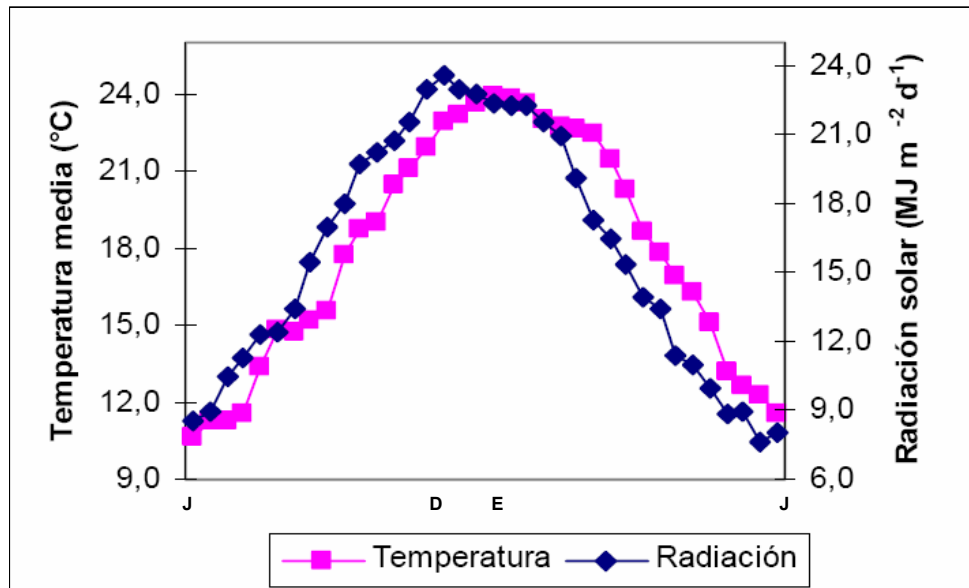
Toledo, R., O Rubiolo 2006. Manejo del cultivo de soja en el centro-norte de Córdoba (en línea) En: <http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=6160&publi=&idSec=49&id2=6161> (consultado: 18/04/08)

Vega, C. 2006. Ecofisiología del cultivo de soja. (en línea) En: <http://www.planetasoja.com.ar/trabajos/trabajos800.php?id1=12539&idSec=7&publi=> (consultado: 02/05/08)

ANEXO:

Tabla 1: Listado de cultivares sembrados con distancia de entresurco de 0,52m, utilizados en campos de productores resultados obtenidos a partir de macroparcelas (3 repeticiones) sembradas en las campañas del 2000/02 y 2005/07 en campos de productores del centro-norte de Córdoba, y de microparcelas (3 repeticiones) sembradas en las campañas 2002/08 en el campo escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC (31°19'LS, 64°13'LV), en el marco de proyectos coordinados por la EEA INTA Marcos Juárez

	Cultivares	Criadero	Campaña	Hábito de Crecimiento
GM III largo	DM 3700	Don Mario	2002/08	Indeterminado
	A 3770	Nidera	2000/01	Indeterminado
	A 3901	Nidera	2002/04	Indeterminado
	DM 3800	Don Mario	2000/01	Indeterminado
	A 3901	Nidera	2002/03-2006/07	Indeterminado
	DM 3950	Don Mario	2002/03	Indeterminado
GM IV corto	DM 4200	Don Mario	2004/08	Indeterminado
	A 4303	Nidera	2003/04	Indeterminado
	DM 4400	Don Mario	2002/03	Indeterminado
GM IV largo	DM 4600	Don Mario	2002/08	Indeterminado
	A 4613	Nidera	2005/06-2007/08	Indeterminado
	DM 4800	Don Mario	2002/04	Indeterminado
	DM 4870	Don Mario	2004/08	Indeterminado
	RAR 418	Sta Rosa	2005/06	Indeterminado
	DM 50048	Don Mario	2002/05	Indeterminado
	A 4910	Nidera	2002/04	Indeterminado
TJ 2049	La Tijereta	2004/05	Indeterminado	
GM V	A 5409	Nidera	2002/04	Indeterminado
	DM 5.5 I	Don Mario	2006/07	Indeterminado
	DM 5.8 I	Don Mario	2006/07	Indeterminado
	RAR 514	Don Mario	2004/08	Indeterminado
	DM 50048	Relmo	2000/01	Determinado
	A 5520	Nidera	2002/03	Determinado
	A5634	Nidera	2000/01	Determinado
	Rafaela 58	Relmo	2002/03	Determinado
	A 5901	Nidera	2002/04	Determinado
	A 5766	Nidera	2000/08	Determinado
A 5777	Nidera	2005/06	Determinado	
GM VI	A 6200	Nidera	2005/06	Determinado
	A 6401	Nidera	2000/01	Determinado
	A 6411	Nidera	2003/08	Determinado
	A 6445	Nidera	2002/03	Determinado
	RAR 626	Sta Rosa	2004/05	Indeterminado
	Nva Andrea 66	Relmo	2005/08	Indeterminado
GM VII	Mercedes 70	Relmo	2000/01	Determinado
	A 7636	Nidera	2002/2008	Determinado
	A7321	Nidera	2006/08	Indeterminado

Datos climáticos:

Evolución de la temperatura media y radiación solar decadal entre Julio y Junio en Córdoba

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
PP (mm) 2002-2003	0	53	132	127	133	71	147	84
PP (mm) 2003-2004	0	19	93	181	11	27	28	50
PP (mm) 2004-2005	0	45	92	168	185	87	140	28
PP (mm) 2005-2006	13	61	73	86	234	45	60	121
PP (mm) 2006-2007	15	41	133	141	100	88	170	121
PP (mm) 2007-2008	67	11	25	71	98	126		
PP (mm) Histórico	34	75	101	121	118	95	102	54

Datos de precipitaciones históricas INTA Manfredi, y de la campañas 2002-03 al 2007-08, obtenidos de la estación metereológica del campo escuela

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Radiación (mj m ²)	16,8	20,8	26,4	25,6	24,5	20,3	16,3	19,5
Temperatura media (°C)	14,3	18,2	20,4	22,5	24,3	22,1	19,7	16,0
ETo	3,2	4,4	5,8	5,7	5,8	4,4	3,5	3,9

Datos de la campaña 2007-08, obtenidos de la estación metereológica del INTA Manfredi Lat: 31° 49' 12"-Long: 63° 46' 00"