



Estación Experimental Agropecuaria
Marcos Juárez

Criterios para la elección y el manejo de cultivares de soja

Héctor E.J. Baigorri (EEA INTA Marcos Juárez). hbaigorri@correo.inta.gov.ar

1- Introducción:

La adecuada elección y manejo de cultivares para un sitio determinado implica contar con el conocimiento previo de las condiciones ambientales de ese sitio, de las características de los cultivares disponibles y del efecto de las prácticas de manejo sobre el cultivo.

2- Caracterización del ambiente de producción:

Para una adecuada elección y manejo de cultivares de soja se considera fundamental contar con una adecuada caracterización del ambiente, porque el mismo condiciona el crecimiento y el rendimiento y en consecuencia determina cuáles son los grupos de madurez (GM) y el manejo de los mismos, lo que permite alcanzar las mayores productividades.

La caracterización del ambiente debe tener en cuenta el suelo en lo referente a la serie, capacidad de uso y el estado físico-químico actual, en función de la historia de manejo, el régimen térmico y el hídrico, teniendo en cuenta en este aspecto el agua acumulada durante el barbecho, las precipitaciones, presencia de napa freática y riego.

A medida que mejora la calidad del ambiente el cultivo alcanza un mayor desarrollo vegetativo y es posible utilizar cultivares de ciclo más corto, para evitar el vuelco, reducir la incidencia de problemas sanitarios e incrementar el rendimiento. Las características ambientales se pueden dividir en abióticas y bióticas.

2.1- Características abióticas del ambiente:

2.1.1- Climáticas:

- Precipitaciones:

Es el factor climático de mayor influencia sobre la producción de grano del cultivo. Las precipitaciones que determinan el agua disponible en el suelo durante el llenado de granos, guardan relación directa con el rendimiento.

El déficit hídrico aumenta en general su intensidad de este a oeste de nuestro país, debido a la reducción de las precipitaciones y de la capacidad de almacenar agua de los suelos, que presentan texturas cada vez más gruesas.

Dado que el momento de ocurrencia e intensidad del déficit hídrico es variable, no son siempre los cultivares del mismo ciclo los más afectados por esta limitante. En aquellas zonas donde el déficit hídrico es frecuente, es fundamental mejorar la eficiencia de la captación del agua de lluvia

y reducción de la evapotranspiración, por medio de barbechos largos, mantenimiento de cobertura de rastrojos sobre el suelo (siembra directa), riego (en caso de ser factible), etc.

Es recomendable ubicar el llenado de granos del mayor porcentaje de la superficie de siembra cuando se cuenta con la menor probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico. La variabilidad de esta limitante obliga, a su vez, a diversificar riesgos, adelantando y atrasando la ocurrencia del llenado de granos en relación a este momento, combinando cultivares de ciclo corto medio y largo en fechas de siembra (FS) tempranas, óptimas y tardías.

En aquellos lotes en los que se cuenta con riego, la elección y el manejo de los cultivares deberá modificarse, de modo importante. En estos casos se deberán reemplazar las estrategias defensivas (tales como la diversificación de la ubicación del período crítico) por las productivas, acortando la longitud del ciclo de los cultivares y adelantando las FS, para lograr un incremento en el rendimiento, evitando el vuelco y eligiendo cultivares con buen comportamiento a las enfermedades presentes en los lotes.

La existencia de una napa freática puede provocar importantes cambios, tanto en el crecimiento como en la sanidad del cultivo. Esto ocurre cuando la napa se encuentra a una profundidad tal que permite la implantación del cultivo, no limita la normal aireación de las raíces y el ascenso capilar desde la misma alcanza el área de exploración radicular, lo que depende de la textura y características físicas del suelo.

En tales situaciones el cultivo se independiza de las precipitaciones y puede alcanzar altos rendimientos (superando los 4.000 Kg/ha), aún en campañas con escasas precipitaciones, cuando el vuelco y las enfermedades no son limitantes. En estos casos también deberán realizarse modificaciones en el manejo, semejantes a las que se realizan cuando se riega.

Existen muchas combinaciones posibles de profundidad y calidad de la napa y de tipo de suelo y contenido salino del mismo, que determinan diferentes resultados, desde respuestas semejantes a cultivos bajo riego a reducción del crecimiento del cultivo de una intensidad variable.

- Temperatura:

El régimen térmico de cada región afecta la longitud del ciclo de los cultivares y determina el período libre de heladas, condicionando la FS, el número de GM que es posible utilizar y los cultivares que presentan mejor adaptación dentro de cada GM. Su incidencia sobre el rendimiento crece a medida que se atrasa la FS, ya que a menor temperatura menor es la tasa de llenado de granos.

- Radiación solar:

A medida que aumenta el nivel de radiación solar durante el llenado de granos, el rendimiento se incrementa. Al igual que la temperatura, su incidencia sobre la producción de grano crece con el atraso de la FS. No obstante, la radiación solar es en general el factor climático con menor influencia en la expresión del rendimiento, en especial en FS tempranas.

2.1.2- Edáficas:

Las características edáficas del lote afectan el crecimiento de los cultivares. En consecuencia, la elección del GM y del tipo de cultivar y su manejo, deberán contribuir a lograr un adecuado desarrollo vegetativo. Las características físicas del suelo, determinan su capacidad de almacenaje de agua y la facilidad con que el sistema radicular explorará el mismo en la búsqueda de agua y nutrientes.

Los suelos de textura muy pesada, como los Vertisoles en la mayoría de los suelos de las provincias de Entre Ríos, Corrientes y de la República Oriental del Uruguay (ROU), reducen el crecimiento del cultivo, afectando en mayor medida a los cultivares de ciclo corto y obliga en general a utilizar cultivares de ciclos medios y largos.

Las características químicas controlan la disponibilidad de nutrientes. A pesar que el cultivo de soja produce rendimientos aceptables, aún en suelos de baja fertilidad, el nivel de fertilidad

química guarda relación directa con el crecimiento y rendimiento del cultivo y deberá tenerse en cuenta al momento de elegir y decidir el manejo de un cultivar.

2.2- Características bióticas del ambiente:

2.2.1- Enfermedades:

La incidencia de enfermedades causadas por la "Podredumbre húmeda del tallo" (*Sclerotinia sclerotiorum*), el "Cancro del tallo" (*Diaporthe phaseolorum*), la "Podredumbre de la raíz y de la base del tallo" (*Phytophthora sojae*), la "Muerte súbita" (*Fusarium solani*), la Mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), el Mildiú (*Peronospora manshurica*), la "Roya de la soja" (*Phakopsora pachyrhizi*), enfermedades de fin de ciclo como la "Mancha púrpura" (*Cercospora kikuchii*), el "Tizón del tallo y de la vaina" (*Phomopsis spp.*), la "Antracnosis" (*Colletotrichum spp.*) y la "Mancha parda" (*Septoria glycines*), etc., son cada vez más limitantes de la producción de soja en la Argentina.

Por tal motivo, ante la ocurrencia de problemas sanitarios, es necesario identificar las enfermedades presentes en cada lote, conocer el comportamiento de los cultivares a las mismas y ajustar el manejo para reducir el nivel de pérdidas. Entre las prácticas de manejo se mencionan a la resistencia genética, control químico, manejo cultural (rotaciones, FS, GM, otras). En caso de ser posible, se recurre a la resistencia genética, por ser el método más económico y simple de control. Las rotaciones generalmente permiten reducir la cantidad de inóculo.

Las estrategias de manejo a implementar son una ó varias, dependiendo de la enfermedad. Se recurre básicamente a la resistencia genética, con enfermedades como el Cancro del tallo; a control cultural (GM y FS) con la Podredumbre húmeda del tallo y a control químico con la Roya de la soja y las enfermedades de fin de ciclo.

2.2.2- Plagas:

En general se cuenta con abundante información sobre el manejo de la mayoría de las plagas en soja. Cabe hacer una mención especial sobre las chinches y los nematodos por su relación con el manejo de cultivares.

Las chinches generalmente provocan mayores daños sobre los cultivares de ciclo corto en FS tempranas y en FS muy tardías con cultivares de ciclo más largo. En estas situaciones se debe realizar un monitoreo y control más estricto de esta plaga. Sus daños en general se diluyen en FS óptimas, al incrementarse la superficie cubierta por el cultivo.

A la fecha se ha reportado a dos nematodos provocando reducciones de rendimiento en el cultivo de soja en Argentina, el "Nematodo de la agalla" (*Meloidogyne spp.*), desde principios de la década del 80 y el "Nematodo del quiste de la soja" (NQS) (*Heterodera glycines*) a partir de la campaña 1997/98.

El nematodo de la agalla, está difundido en algunas áreas de la región sojera argentina, tales como el centro oeste de Córdoba y en la provincia de Tucumán y ya se lo ha reportado en sitios aislados de las provincias de Salta, Santiago del Estero, Santa Fe, La Pampa y Buenos Aires.

El NQS es la plaga más importante de la soja en los EEUU y en Brasil. A la fecha se lo ha reportado en las provincias de Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires, Tucumán, Chaco y Salta, habiéndose encontrado poblaciones muy altas en lotes de la región núcleo sojera; por el momento se han identificado 5 razas (1,3,4, 5 y 14).

El uso de cultivares resistentes a las especies y razas presentes es una de las prácticas de manejo más importantes para ambos nematodos y en el caso del NQS, esto debe ser complementado con rotación de cultivos no hospedantes y siembra directa.

2.2.3- Consideraciones:

Las características del ambiente determinan el rango de GM y los cultivares de cada GM que mejor se adaptan a cada región y lote.

Las limitaciones para el óptimo crecimiento del cultivo tanto edáficas (texturas arcillosas, capas compactadas, tosca, baja fertilidad, etc), como climáticas (alta probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico), etc, afectan con más frecuencia y en mayor medida la expresión del potencial de rendimiento de los cultivares de ciclo corto, resultando en estas situaciones más segura la utilización de cultivares de ciclo más largo.

Como contrapartida, cuando las condiciones son favorables para el óptimo desarrollo del cultivo, los cultivares de ciclo corto son los que permiten la expresión del potencial de rendimiento reduciendo la incidencia del vuelco y problemas sanitarios provocados por enfermedades como la Podredumbre húmeda del tallo.

El información con la que cuenta el productor y su asesor sobre el comportamiento en cada lote de los cultivares utilizados en diferentes campañas, integra a todo el complejo de características ambientales locales. Su análisis resulta sumamente valioso para orientar la elección de GM, incorporación de nuevos cultivares de dichos GM (teniendo en cuenta longitud del ciclo, hábito de crecimiento, potencial de rendimiento, comportamiento a vuelco, enfermedades y plagas, etc.) y su manejo (FS, espaciamientos y densidades).

Atendiendo a que la condición ambiental es la limitante más importante del rendimiento, un programa de siembra debe considerar la mejora del ambiente de producción, cómo objetivo fundamental. Las prácticas más relevantes para lograr este objetivo, son la rotación, la SD, la fertilización, mejoramiento de la condición física y manejo eficiente del agua.

3- Características de los cultivares:

Las características más relevantes a tener en cuenta en la elección de cultivares en el Cono Sur, son las siguientes: GM, juvenilidad, hábito de crecimiento, rendimiento, comportamiento sanitario, vuelco, respuesta fenológica al atraso de la FS, calidad de semilla y dehiscencia.

3.1- Ciclo:

Debido a la respuesta fotoperiódica de la soja, los cambios en latitud modifican la longitud del ciclo de cada cultivar, los que incrementan su ciclo a medida que se los cultiva en latitudes más altas. En el hemisferio sur, esto ocurre cuanto más al sur se los cultiva.

Es decir que en el Cono Sur, cada cultivar tiene una franja latitudinal en la que por su longitud de ciclo se lo considera como de ciclo medio; al norte de la misma se comporta como ciclo corto y al sur de esta como ciclo largo. Además, esto determina que para cada región y según la latitud de la misma, exista un rango de GM adaptados, que funcionan como ciclo corto, medio y largo.

Un error en la elección del GM produce pérdidas de rendimiento de un nivel variable de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas del lugar. Cuando se siembran cultivares de ciclo más corto que lo recomendado, los mismos reducen su crecimiento y su rendimiento. Si se siembran cultivares de ciclo más largo de lo recomendado, se retrasa demasiado el inicio de la fructificación, reduciendo la posibilidad de expresión de su potencialidad productiva, se incrementan los costos de control de enfermedades, plagas y malezas y aumenta el riesgo de ocurrencia de heladas que afecten el llenado de granos.

Un mismo cultivar presentar diferente comportamiento, a diferentes latitudes, según el ciclo (corto, medio y largo) que le corresponda. Independientemente de la latitud y del GM en cuestión, cada ciclo presenta los siguientes requerimientos y características:

- Cultivares de ciclo corto:

Requerimientos:

- . Mayor stand de plantas.
- . Mejor distribución del stand de plantas.

- . Suelo con menores limitaciones físico-químicas.
- . Mayor control de plagas y malezas.

Características:

- . Menor vuelco.
- . Mayor rendimiento en condiciones de alta fertilidad y disponibilidad hídrica.
- . Mayor posibilidad de escape a algunos problemas sanitarios.
- . Menor calidad de semilla debido a la mayor temperatura ambiente durante la madurez.
- . Desocupan antes el lote.

- Cultivares de ciclo medio: En relación a los cultivares de ciclo corto, presentan los siguientes requerimientos y características.

Requerimientos:

- . Menor stand de plantas.
- . Suelo con mayores limitaciones físico-químicas, para reducir su desarrollo vegetativo.

Características:

- . Mayor plasticidad en FS y densidad de siembra con mismo HC.
- . Mayor estabilidad de rendimiento, al retrasar su llenado de granos hacia un período con menor probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico.
- . Mayor tolerancia a errores en el control de plagas y malezas.
- . Mayor tendencia al vuelco, especialmente en campañas con buena disponibilidad hídrica y en especial en FS del mes de noviembre.
- . Mayor predisposición a ser afectados por la Podredumbre húmeda del tallo.
- . Mejor calidad de semilla.

- Cultivares de ciclo largo: En relación a los cultivares de ciclo corto y medio, presentan los siguientes requerimientos y características:

Requerimientos:

- . Menor stand de plantas.
- . Suelo con mayores limitaciones físico-químicas.

Características:

- . Mayor susceptibilidad al vuelco. Son los cultivares que más manifiestan esta característica en campañas con buena disponibilidad hídrica y en especial en FS del mes de noviembre y principios del mes de diciembre.
- . Mayor tolerancia a errores en el control de plagas y malezas.
- . Mejor comportamiento en suelos con limitaciones físicas y/o químicas.
- . Mayor competencia con las malezas por su mayor crecimiento.
- . Mejor comportamiento ante deficiencias en el manejo del cultivo.

La adopción del anticipo de la FS, que en algunas regiones del noreste del país llega hasta el mes de agosto, ha determinado la ampliación de los GM recomendados. El número de GM utilizados aumenta de sur a norte del país, con el incremento del período libre de heladas.

Por ejemplo en Noreste Argentino se recomiendan anticipos de la FS desde fines del mes de agosto y hasta mediados de octubre con cultivares de GM IV y V (con HC indeterminado).

3.2- Juvenilidad:

Los GM disponibles en la actualidad van del 000, adaptado a las latitudes más altas, hasta el X, utilizado en las latitudes más bajas. En las latitudes menores, entre los trópicos y el ecuador, hasta los cultivares de mayor GM están inducidos fotoperiódicamente y florecen con poca altura, en especial en el caso de los cultivares con HC determinado.

Afortunadamente, se dispone de una característica genética denominada juvenilidad, que retrasa la ocurrencia de la floración, permitiendo alcanzar más altura al cultivar que la posee. La juvenilidad, además de posibilitar el logro de un adecuado desarrollo vegetativo en áreas tropicales a los cultivares que poseen esta característica, los hace más plásticos a la FS y amplía el rango latitudinal de adaptación. En el Cono Sur, a este tipo de cultivares se los puede sembrar más al norte y en FS más temprana, que a los cultivares del mismo ciclo y HC, que no poseen esta característica.

3.3- Hábito de crecimiento:

Cuando comparamos cultivares de igual longitud de ciclo pero con diferente HC, los indeterminados son más altos que los semideterminados y éstos más altos que los determinados. El HC de los cultivares es de suma importancia para las FS previas al mes de noviembre, las que se denominan tempranas o de primavera. Esto es debido a que son estas FS las que magnifican las diferencias en altura de los tres HC, cuando se comparan cultivares de la misma longitud de ciclo. Estas diferencias son mayores mientras más tempranas son estas FS y más corto es el GM de los cultivares.

El mejoramiento genético ha seleccionado en los GM IV o menores, cultivares con HC indeterminado y en los GM V o mayores cultivares con HC determinado. Esto se debe a que la menor extensión del período libre de heladas de las latitudes en las que están adaptados los cultivares de GM 000 al IV, obliga a reducir la longitud del ciclo de vida de los mismos y el HC indeterminado permite mantener la duración de las etapas reproductivas, al adelantar la ocurrencia de las mismas con una importante superposición con etapas vegetativas, lo que contribuye a incrementar el crecimiento en altura.

Los cultivares determinados de GM 000 al IV presentan insuficiente crecimiento en altura en condiciones normales de producción a secano y sólo son recomendados en ambientes de alta calidad, por su menor tendencia al vuelco.

Por su parte, los cultivares de GM V al IX disponen de estaciones de crecimiento más largas en las latitudes a las que están adaptados. En consecuencia, estos cultivares ya cuentan a floración con un adecuado crecimiento en altura. Si su crecimiento en altura sobre el tallo principal, se extendiera demasiado luego de la floración, se incrementarían las posibilidades de vuelco.

No obstante, en los últimos años el mejoramiento genético ha cambiado esta tendencia en los GM IV al VII, obteniendo cultivares con HC determinado y semideterminado en el GM IV, para ambientes de alta productividad de EEUU y cultivares semideterminado e indeterminados en los GM V al VII (con mejoras en el comportamiento al vuelco), adaptados a ambientes de menor productividad o para siembras muy tempranas en Argentina. Actualmente el GM V es el que dispone de mayor cantidad de cultivares con HC indeterminado.

3.4- Rendimiento:

Los dos aspectos principales a tener en cuenta son: potencial y estabilidad. El potencial de rendimiento es un atributo genético cuya expresión está fuertemente condicionada por el ambiente y generalmente asociada en forma inversa con la longitud del ciclo.

Mientras mayor es el ciclo de un cultivar menor es su posibilidad de expresar el potencial genético del rendimiento. Esto se debe a que instalan su llenado de granos más tarde, recibiendo menor radiación solar y temperatura durante este período.

El uso de cultivares de ciclo medio y largo en siembras primaverales, trae aparejada una reducción de altura, vuelco y número de nudos y permite incrementar la estabilidad de rendimiento en estas fechas de siembra, así como la expresión del potencial de rendimiento de estos cultivares.

3.5- Comportamiento sanitario:

La resistencia genética a los problemas sanitarios, ocasionados por las enfermedades y los nematodos es generalmente el modo más económico y simple de evitar pérdidas que en algunos casos llegan hasta un 100% del rendimiento, como ha ocurrido en nuestro país con el "Cancro del tallo". Según la región de producción el comportamiento sanitario puede ser la característica más importante a tener en cuenta al elegir un cultivar, tal es el caso de la Región Norte de Argentina.

La creciente superficie de siembra de soja en Argentina y el cultivo por más de 30 años de esta especie en algunas regiones, hacen prever que los problemas sanitarios seguirán en aumento. Por tal motivo es importante contar con un alto número de cultivares en el mercado y con la base genética más amplia posible, de manera tal de poder realizar rápidos reemplazos de los cultivares susceptibles.

La situación planteada y la importancia del cultivo de soja para nuestro país, imponen la necesidad de contar con un creciente y mancomunado trabajo de patólogos y mejoradores de empresas públicas y privadas, para disponer de descripciones lo más completas posibles del comportamiento sanitario de los cultivares disponibles a las enfermedades ya identificadas y de germoplasma con buena aptitud agronómica y con resistencia a potenciales problemas sanitarios.

En el caso de la "Podredumbre húmeda del tallo" (*Sclerotinia sclerotiorum*), para la que aún no se dispone de buenas fuentes de resistencia, los cultivares de ciclo corto y las FS tempranas son los que tienen mayor probabilidad de permitir un escape a esta enfermedad, debido a que logran un porte más erecto, generando un microclima menos favorable para la misma.

Además, dentro de cada GM se han identificado a cultivares con diferente comportamiento a la Podredumbre húmeda del tallo, debidas al tipo de planta, altura, y tendencia al vuelco.

En sectores del sur de Santa Fe, norte de Buenos Aires y sudeste de Córdoba, en los que el cultivo encuentra buenas condiciones ambientales para su crecimiento, los cultivares de ciclo corto pueden expresar mejor su potencial de rendimiento, llegando a desplazar a los de ciclo más largo por sus problemas de vuelco y las pérdidas que esta enfermedad les ocasiona.

Cabe destacar que algunas enfermedades como la "Podredumbre por *Phytophthora sojae*" ó nematodos como el "Nematodo de la agalla" (*Meloidogyne spp*) y el "Nematodo del quiste de la soja"(NQS) (*Heterodera glycines*), presentan numerosas especies ó razas y que los cultivares pueden presentar reacciones diferentes a las mismas.

3.6- Vuelco:

Es una características genética que se expresa en mayor o menor grado de acuerdo a las condiciones ambientales. Los cultivares de ciclo medio y largo son los que presentan más vuelco.

Entre los cultivares de cada GM se pueden encontrar diferencias importantes en la expresión de éste carácter, que determina cambios en el manejo.

La incidencia del vuelco puede provocar reducciones de rendimiento que llegan a superar el 50%, cuando está asociado con la ocurrencia de enfermedades como la Podredumbre húmeda del tallo y enfermedades de fin de ciclo.

Las prácticas de manejo permiten ejercer un importante control del vuelco, por medio de la modificación de la época y densidad de siembra y el espaciamiento entre surcos. Además, el vuelco se ve reducido en aquellos lotes o ambientes con limitaciones de suelo (físicas y/o químicas), o en aquellas regiones en las que el estrés hídrico presenta una incidencia importante.

El vuelco se manifiesta con mayor intensidad en las FS del mes Noviembre y principios de Diciembre. Debido a la asociación que existe entre el vuelco y la incidencia de la

Podredumbre húmeda del tallo, esta característica es de particular importancia al momento de elegir un cultivar en zonas con incidencia de esta enfermedad.

3.7- Respuesta fenológica al atraso de la fecha de siembra:

Con independencia del grupo de madurez al que pertenezcan, todos los cultivares de soja reducen sus días de emergencia a madurez con el atraso de la fecha de siembra. No obstante, dentro de cada GM los cultivares no reducen su ciclo del mismo modo.

El conocimiento de la respuesta fenológica de cada cultivar a la fecha de siembra es importante, en especial en las FS tardías, en las cuales una duración excesiva del ciclo total aumenta los riesgos de daños al cultivo por heladas.

3.8- Calidad de semilla:

En general los cultivares de ciclo corto son los más afectados en su calidad de semilla, por las condiciones climáticas que predominan a fines de su ciclo. Al madurar más temprano la semilla es sometida a mayor temperatura y aumenta las posibilidades de que la misma se deteriore.

Además la calidad de la semilla está relacionada inversamente con el tamaño de la misma. A igual longitud de ciclo, los cultivares con mayor tamaño de semilla son generalmente los más afectados en su calidad física, ante condiciones ambientales adversas a la madurez.

3.9- Calidad industrial:

Existe una creciente tendencia a la diferenciación por calidad industrial y usos especiales en todos los cultivos. En el caso de la soja, aún se comercializan pequeños volúmenes de especialidades, no obstante los mismos ofrecen la posibilidad potencial de incrementar el valor de la producción.

Actualmente sólo se dispone de caracterizaciones del contenido de proteína y aceite de los cultivares argentinos, las que se actualizan anualmente (Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja). En la medida que nuestro país desarrolle el mercado de especialidades, la caracterización de los cultivares en este sentido incrementará su importancia. En la actualidad el emprendimiento más importante que se ha puesto en marcha en lo referente a mayores contenidos de proteína y aceite, lo conducen Monsanto y Cargill con el lanzamiento de cultivares de este tipo, denominados de alto PROFAT.

4- Manejo de cultivares:

Las prácticas de manejo que más relación guardan con la elección de cultivares son la FS, el espaciado entre surcos y la densidad de siembra.

4.1- Fecha de siembra:

La FS es una de las prácticas de manejo de mayor influencia sobre el crecimiento y específicamente el rendimiento del cultivo.

4.1.1- Factores que condicionan la fecha de siembra:

La FS depende de las condiciones ambientales, la secuencia de cultivos y las características del cultivar.

- Condiciones ambientales:

Entre las condiciones ambientales que afectan la FS, se mencionan el fotoperíodo, el régimen térmico e hídrico y características edáficas y sanitarias. Tanto el fotoperíodo como el régimen térmico modifican la FS de los cultivares, por la gran influencia que ejercen sobre la longitud del ciclo.

El régimen térmico condiciona la FS básicamente por el período libre de heladas, el que está determinado fundamentalmente por la latitud y la altura sobre el nivel del mar (asnm) de cada lugar. Tanto el período libre de heladas como la extensión del período en el que se puede sembrar el cultivo, guardan una relación inversa con la latitud y la asnm. Por este motivo, el período recomendado de siembra se incrementa de sur a norte del país. Por ejemplo en Balcarce (Bs.As.)

el período más recomendable de siembra es de aproximadamente 45 días (1/11 al 15/12) y en Saenz Peña (Chaco) de 150 días (1/9 al 31/1).

Cuando el cultivo se realiza a secano, el régimen hídrico condiciona la FS, fundamentalmente por dos motivos:

- Determina la fecha a partir de la cual hay probabilidades de contar con humedad para la siembra. Por ejemplo en el noroeste de nuestro país en general no ocurren precipitaciones hasta el mes de noviembre, esto limita la posibilidad de realizar siembras primaverales (agosto a octubre).
- Determina cuál es momento más seguro para ubicar el llenado de granos.

En el sector este de la región central del país, la FS se tiende a adelantar, para obtener mayores rendimientos (aprovechando la mayor disponibilidad hídrica) y en el sector oeste la tendencia es a atrasarla para mejorar la seguridad de cosecha (debido a la importancia del déficit hídrico en los meses de enero y febrero).

El régimen hídrico, además de afectar la fenología, condiciona el crecimiento (altura y producción de biomasa), determinando el vuelco. De acuerdo al régimen hídrico de cada ambiente la FS de un mismo cultivar se modificará a los efectos de lograr un adecuado crecimiento y evitar el vuelco.

Las características edáficas (físicas y químicas), también condicionan el crecimiento y la ocurrencia del vuelco. Mientras mejores son las características de los suelos, se amplía la FS de los cultivares de ciclo más corto y se reduce la de los de ciclo más largo.

Los problemas sanitarios existentes en cada ambiente, en algunas situaciones obligan a modificar las FS, para evitar la superposición de la etapa de mayor susceptibilidad del cultivo con la de producción de inóculo y la ocurrencia de condiciones ambientales favorables para que se produzca la infección.

- Secuencia de cultivos:

La secuencia de cultivos de cada región, no solo afecta la FS en función de la fecha de cosecha del cultivo antecesor, sino que además la siembra de soja puede verse demorada hasta que no se concluya la implantación de cultivos con mayor valor económico o con mayor pérdida de rendimiento por el atraso de la FS.

- Características de cada cultivar:

Entre las características de los cultivares que condicionan su FS se encuentran: longitud del ciclo, HC, juvenilidad, altura, desarrollo vegetativo, vuelco, respuesta fenológica al atraso de la FS y comportamiento a enfermedades y plagas.

Como criterio general se recomiendan FS más tardías a mayor longitud del ciclo, altura, desarrollo vegetativo y tendencia al vuelco. Los cultivares de HC indeterminado y semideterminado y/o con juvenilidad, pueden ser sembrados más temprano y en un rango de FS más amplio que los de HC determinado ó sin juvenilidad.

La respuesta fenológica de los genotipos también condiciona su FS. Aquellos cultivares que no presentan un buen acortamiento de ciclo ante el atraso de la FS, no son recomendados en siembras tardías, ya que si se producen heladas tempranas éstas pueden ocasionarles mayores reducciones de rendimiento.

La FS óptima de un cultivar es aquella que:

- Asegura un buen crecimiento evitando el vuelco.
- Ubica el período crítico del cultivo (llenado de granos) en un momento con:
 - a) menor ocurrencia de estrés hídrico, cuando la producción es a secano y el estrés hídrico la limitante más importante.
 - b) mayor disponibilidad de radiación solar y temperatura, cuando el estrés hídrico no es la limitante más importante.
- Reduce la incidencia de enfermedades.

- Minimiza la probabilidad de ocurrencia de daños por helada.
- Ubica la cosecha en un momento, que por la distribución de las precipitaciones, tenga una baja probabilidad de sufrir demoras y afectar la calidad de semilla.

4.1.2- Efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo:

Actualmente se conocen los patrones de la evolución del desarrollo y crecimiento de los cultivares en función de la FS, para los GM recomendados de norte a sur del país y en función de su HC.

- Efecto de la FS sobre el desarrollo:

En cualquier latitud, el adelantamiento de la FS incrementa la longitud del ciclo total (días de emergencia a madurez) de los cultivares, con independencia de su GM y HC; a mayor GM más importante es este incremento, debido a la mayor respuesta fotoperiódica de los cultivares de mayor longitud de ciclo.

A su vez, las diferencias en respuesta fotoperiódica entre cultivares de cada GM, determina que en las FS muy tardías (fines del mes de diciembre en adelante), los cultivares de mayor respuesta en los GM más altos, presenten menor longitud de ciclo que otros de GM más corto.

Este incremento de la longitud del ciclo total que se produce al adelantar la FS, es debido fundamentalmente al aumento de los días de emergencia a floración (R1), es decir la etapa netamente vegetativa. No obstante, en menor medida también se incrementa la duración de las etapas reproductivas, incluyendo el llenado de granos.

Es decir que al adelantar la FS, aumenta la duración del llenado de granos y se adelanta su ocurrencia, con lo que logramos disponer de mayor radiación solar y temperatura para generar más rendimiento, en condiciones hídricas no limitantes.

Cuando el régimen hídrico y el térmico, presentan importantes desvíos respecto a su situación promedio, se producen grandes modificaciones en el patrón de desarrollo de los cultivares en función de la FS. Se han observado reducciones de la longitud del ciclo de los cultivares de unos 20 días, ante la ocurrencia de períodos prolongados de estrés hídrico, durante las etapas avanzadas de llenado de granos. La ocurrencia de estrés hídrico a inicio de la floración suele producir un incremento de la longitud del ciclo. Se producen efectos aditivos entre el estrés hídrico y las altas temperaturas en la reducción del ciclo en etapas reproductivas tardías y entre alta disponibilidad hídrica y las temperaturas bajas, en el alargamiento del ciclo, durante todo el ciclo.

- Efecto de la FS sobre el crecimiento:

La altura presenta generalmente una forma de campana, con un techo entre principios del mes de noviembre y principios del mes de diciembre y reducciones de la misma tanto con el adelanto como con el atraso de la FS, respecto al rango mencionado. En todas las regiones de cultivo de Argentina, las FS de la segunda quincena del mes de noviembre, son las que generalmente permiten alcanzar la mayor altura, a la mayoría de los cultivares de todos los GM recomendados en cada ambiente.

Cuando comparamos cultivares del mismo HC, a medida que aumentamos la longitud del ciclo la campana mencionada es generalmente más alta y presenta menor reducción de la altura, con el adelanto y atraso de la FS con respecto a la segunda quincena del mes de noviembre.

Analizando la FS en la que ocurre la mayor altura en cultivares de los 3 HC y de igual longitud de ciclo, los cultivares de HC indeterminado alcanzan su mayor altura en FS más temprana, que los de HC semideterminado y éstos que los de HC determinado.

Comparando cultivares de HC indeterminado de diferente longitud de ciclo, los de mayor ciclo alcanzan la mayor altura en FS más temprana y presentan menor reducción de la altura con el adelanto y atraso de la FS respecto de la segunda quincena del mes de noviembre.

La juvenilidad permite que los cultivares de cualquier HC, alcancen mayor altura y en consecuencia tengan mayor plasticidad a la FS y pueda adelantarse más la FS y ser cultivados más al norte, que los del mismo HC que no poseen esta característica.

La altura lograda por cualquier cultivar varía con las condiciones ambientales y en especial con la disponibilidad hídrica. En consecuencia, para un mismo cultivar y en un mismo lote se obtendrán campanas de crecimiento cada vez más altas, a medida que mejoran las condiciones ambientales de las campañas.

La mayor altura lograda en FS de la segunda quincena del mes de noviembre, en especial en buenos ambientes y/o campañas, puede determinar la ocurrencia de vuelco y problemas sanitarios en los cultivares de ciclo medio a largo y mejorar el crecimiento de los de ciclo corto, contribuyendo a lograr rendimientos muy altos.

El número de nudos presenta un comportamiento similar a la altura, alcanzando las mayores cantidades en las FS del mes de noviembre, en especial en cultivares de HC determinado. Los cultivares con HC indeterminado de ciclo más largo tienden a adelantar la FS en la que logran el mayor número de nudos al mes de octubre, dependiendo de la latitud y del GM del cultivar.

La evolución del vuelco en función de la FS, también presenta un comportamiento similar a la altura. Ambos depende del número de nudos y del largo de entrenudos (que alcanza sus valores máximos en las FS de principios de diciembre). Cabe destacar que el vuelco guarda relación directa con la densidad de siembra, en especial en los cultivares de ciclo medio a largo, en las FS y en los ambientes, en los que alcanzan la mayor altura.

El conocimiento de la respuesta del número de nudos y largo de entrenudos a la FS, según las características del cultivar (GM, HC, juvenilidad, desarrollo vegetativo y tendencia al vuelco) y el ambiente, debe ser utilizado para ajustar el crecimiento de los cultivares en cada situación, de modo tal de asegurar una adecuada cantidad de biomasa vegetativa, erecta y sana.

La evolución de la producción de biomasa aérea total a cosecha (BAT) en función de la FS, depende del GM, HC, cultivar y la condición ambiental. Los cultivares de ciclo corto, generalmente alcanzan su máxima producción de BAT con la misma FS en la que logran su mayor altura, es decir en las FS del mes de noviembre y los de ciclo más largo en FS de octubre, a pesar que en dicha FS presenten menor altura.

En una FS determinada, la producción de BAT en general se incrementa con la longitud del ciclo. Entre cultivares de un mismo GM, existen diferencias importantes en la producción de BAT; además algunos cultivares pueden presentar mayor producción de BAT que otros de mayor GM.

El rendimiento presenta una relación con la FS, que depende del cultivar (GM, HC y juvenilidad) y el ambiente. En condiciones hídricas no limitantes y empleando diferentes combinaciones de cultivares y FS, según las características del ambiente, es posible incrementar el rendimiento en forma lineal con el adelanto de la FS, hasta la FS en la que ocurran heladas tardías que logren matar una cantidad variable de plantas.

La fecha en la que ocurren éstas heladas dependen de dos parámetros fijos para cada ambiente: latitud y altura sobre el nivel del mar y de otros sumamente variables en cada campaña, el régimen térmico e hídrico, la velocidad del viento y la humedad relativa.

Las heladas producen un daño variable sobre la productividad. Las heladas tardías pueden no dañar el follaje ó necrosar un porcentaje variable de la planta, desde el ápice y hacia la base. Cuando la helada necrosa meristemas, hojas y tallo por encima del nudo cotiledonar, el cultivo se recupera del daño. En los casos en los que se necrosa el nudo cotiledonar, la planta se pierde, porque allí se encuentran las últimas yemas capaces de regenerar el tallo. La cantidad de plantas muertas por la helada, que producirán una reducción de la productividad, dependen del GM, HC y juvenilidad del cultivar.

En las diferentes experiencias en las que se combinaron GM y FS de sur a norte del país, conducidas en ambientes con adecuada a buena disponibilidad hídrica, se lograron mayores rendimientos en FS del mes de octubre que en FS posteriores.

En condiciones hídricas no limitantes, el GM de los cultivares con los que se alcanza el mayor rendimiento varía con la FS considerada, en FS de octubre con los cultivares del GM que funciona como ciclo medio y con HC semideterminado ó indeterminado, en las de noviembre con los de ciclo medio y en las de diciembre con los de ciclo corto.

La pendiente del incremento de rendimiento al adelantar la FS varía entre 20 y 34 Kg/ha/día. Dicho incremento depende de las FS analizadas y de los cultivares y ambientes considerados.

La relación entre la altura y la FS es directa hasta que el cultivar en cuestión logra la producción de biomasa vegetativa (BV) óptima, una vez que la supera, la aparición de vuelco y problemas sanitarios, puede determinar que esta relación pase a ser inversa. Por este motivo, los cultivares de ciclo corto generalmente presentan relaciones directas entre altura y rendimiento y los de ciclo largo ó medio pueden presentar relación nula a inversa. Cuando las condiciones ambientales posibilitan un crecimiento exuberante de los cultivares de ciclo corto, la FS de siembra que permite lograr el mayor rendimiento se adelanta a la FS en la que se logra la mayor altura.

Cuando la condición ambiental y en especial la disponibilidad hídrica son superiores ó inferiores a lo normal, se producen modificaciones en la evolución del patrón de crecimiento del cultivo en función de la FS.

Se han observado modificaciones del patrón de la altura en suelos poco profundos ó con baja capacidad de almacenaje de agua, ante la ocurrencia de estrés hídrico, en los que acható la característica campana de altura y se redujo la diferencia de altura entre FS. Además en ambientes de excelente calidad, en lo referente a suelo (clase de capacidad de uso) y disponibilidad hídrica (precipitaciones y aporte de napa freática), determinó que en las FS de principios del mes de octubre, no se observara la típica reducción de altura de los cultivares de GM V con HC indeterminado manifestando altos niveles de vuelco y posibilitó que los cultivares de ciclo más corto (GM III y IV) alcanzaran los mayores rendimientos.

Los cultivares de ciclo más corto tienen índices de cosecha de entre 50 y 60% y los de ciclo más largo entre 40 y 50%, en FS tempranas a óptimas. En una FS determinada, el IC presenta generalmente una relación inversa con la longitud del ciclo de los cultivares. Además se observa una tendencia creciente del IC con el atraso de la FS, de menor importancia en los cultivares de ciclo más corto y que crece en forma importante a mayor longitud de ciclo, en especial en las FS posteriores al 15 de diciembre.

4.2- Espaciamiento entre surcos:

La distribución espacial de plantas ideal es la de equidistancia en la línea de siembra y entre líneas de siembra, porque es la que hace óptima la distribución de los recursos entre ellas, la energía solar, el agua y los nutrientes.

El espaciamiento entre surcos (EES) presenta mayores diferencias en el crecimiento la densidad de siembra. Las mayores variaciones son debidas al mayor efecto sobre el rendimiento y control de malezas.

La elección del EES depende de la FS, la latitud, las condiciones ambientales y las características del cultivar :

- Cuando la condiciones ambientales (suelo, clima, malezas) limitan el crecimiento del cultivo, la reducción del EES contribuye a mejorar el aprovechamiento de la radiación solar, control de malezas e incrementa el rendimiento.

- El EES entre surcos óptimo se reduce con el incremento de la latitud. Esto es debido a que a mayores latitudes, la estación de crecimiento más corta limita la producción de biomasa, siendo necesario reducir el EES para anticipar la cobertura del suelo e incrementar la producción de biomasa.

- Los cultivares con más crecimiento, ya sea por su mayor longitud de ciclo, tendencia al vuelco y altura, tienen menores exigencias de reducción del EES.

El espaciamiento entre surcos óptimo es el que permite lograr:

- Una cobertura que asegura un uso eficiente de la radiación solar.
- Un buen crecimiento evitando el vuelco.
- Una reducción de la incidencia de enfermedades y
- Una altura adecuada de inserción de las vainas inferiores para facilitar y evitar pérdidas de cosecha.

En general las diferencias en rendimiento entre distintos EES son menores a nulas en FS del mes de noviembre. En FS tardías (posteriores al 15 de diciembre) y tempranas (setiembre y octubre), se obtienen mayores rendimientos con distancias inferiores a 52 cm.

La REES permite compensar las reducciones de rendimiento motivadas por el adelanto y atraso de la FS, con respecto al mes de noviembre. Las FS más tardías (fines de diciembre y principios de enero) y las tempranas (setiembre y octubre), acentúan las diferencias en cobertura e interceptación de la radiación de los diferentes EES.

No todos los cultivares responden igual al EES. Los cultivares más precoces y con menos ramificaciones presentan mayor respuesta a la REES. La magnitud del incremento de rendimiento debido a la reducción del EES de 70 a 35 cm, alcanza valores máximos de hasta un 30 %. Se han obtenido incrementos de rendimiento con la REES, generalmente en FS tardías. No obstante, en ensayos con FS temprana y óptima, también se lograron incrementos de rendimiento con la REES, en especial con cultivares de ciclo corto.

En el caso de FS tempranas (Octubre), en las que se reduce la altura y el número de nudos, también se obtuvieron incrementos del rendimiento con menores EES, con cultivares con hábito de crecimiento determinado.

La REES presentará menores diferencias en rendimiento en situaciones de estrés, ocasionado por malezas, sequía, ó problemas de fertilidad, enfermedades ó plagas.

Se han reportado además efectos positivos de la REES sobre el control de malezas. La REES permite realizar una competencia temprana a las malezas, debido a una mejor distribución de las raíces y a un rápido sombreado del suelo, aumentando el porcentaje de radiación solar interceptada y disminuyendo la competencia entre plantas del cultivo.

La REES, además de incrementar el rendimiento, reduce la producción de tubérculos de cebollín (*Cyperus rotundus L.*) y mejora la acción de los herbicidas.

En ambientes con alta infestación de sorgo de alepo (*Sorghum halepense L.*), se han realizado experiencias en las que la REES también incrementó el rendimiento, mejoró el control de esta maleza (reduciendo en un grado muy alto la producción de rizomas y el número de yemas de los mismos) y la acción del herbicida. Además la REES determina una menor resurgencia de malezas, después de las aplicaciones de herbicidas postemergentes.

La REES determina:

- 1- Un incremento del diámetro de los tallos.
- 2- Reducción del vuelco y altura.
- 3- Reducción de la emergencia tardía de malezas.
- 4- Mayor conservación de la humedad superficial.
- 5- Reducción de la erosión del suelo, una vez que el cultivo está establecido.
- 6- Distribución más uniforme del sistema radicular.

Las limitaciones que con más frecuencia se le asigna a la REES son el vuelco y la mayor incidencia de enfermedades. No obstante, los problemas de vuelco derivan en general de una falta de ajuste de la densidad de siembra al EES, el ambiente, la FS, el GM y el cultivar elegido.

En relación a las enfermedades, si bien se menciona como criterio general que la REES incrementa la incidencia de las mismas, con infestaciones medias a altas de *Sclerotinia sclerotiorum*, no se observaron diferencias en el porcentaje de plantas atacadas entre espaciamentos entre surcos.

Cabe mencionar que las condiciones climáticas pueden determinar que el EES óptimo varíe entre campañas. Se recomienda reducir el EES cuando el cultivar elegido para un determinado ambiente y FS no logra un desarrollo adecuado. El EES de 52 cm ha reemplazado al tradicional EES de 70 cm, debido a que se utilizan cada vez más cultivares de ciclo corto y al adelantamiento de la FS. Además el EES a 52 cm, permite iniciar más temprano y terminar más tarde las siembras que con el EES a 70 cm, sin sufrir reducciones de rendimiento.

Los EES de 35 cm ó menores, se adecúan en especial a siembras muy tardías con independencia del cultivar o muy tempranas (setiembre y octubre) con cultivares de ciclo corto, en las Regiones Norte y Centro y en todas las situaciones en la Región Sur.

4.3- Densidad de siembra:

La soja es una especie con alta plasticidad a la densidad de siembra, debido a que tiene buena capacidad de compensación a través del número de ramas y frutos por planta.

En el inicio de la difusión del cultivo de soja en el país se utilizaban densidades altas a los efectos de mejorar la competencia con las malezas, asegurar un número adecuado de plantas (muchas veces por desconocimiento de la calidad de la semilla utilizada) y facilitar la emergencia en suelos que se compactan después de una lluvia.

La densidad de plantas óptima es aquella que:

- Permite un buen crecimiento evitando el vuelco (plantas con tallos no muy finos y un sistema radicular bien desarrollado).
- Reduce la incidencia de enfermedades.
- Asegura una adecuada altura de inserción de las vainas inferiores para facilitar la cosecha y evitar pérdidas.

La densidad de plantas óptima depende de la FS, latitud, condiciones ambientales, características del cultivar y del EES:

- Mientras más tardía sea la FS es recomendable incrementar la densidad de siembra. En siembras sobre trigo de la segunda quincena de diciembre se han reportado incrementos de rendimiento con el aumento de la densidad de siembra. En FS de setiembre y octubre en las que se reduce la altura, también es necesario incrementar la densidad de siembra.
- A mayor latitud las densidades óptimas tienden a ser mayores, complementando la REES, para lograr coberturas de suelo más rápidas e incrementar la eficiencia de uso de la radiación solar, en especial en FS sobre trigo, de fines del mes de diciembre y principios del mes de enero.
- Cuando las condiciones ambientales (suelo, clima, malezas) limitan el crecimiento del cultivo, es necesario incrementar la densidad de siembra para lograr una mejor cobertura.
- Los cultivares con más crecimiento, ya sea por su mayor longitud de ciclo, tendencia al vuelco y altura, tienen densidades óptimas menores.
- La densidad de plantas debe ajustarse al EES en función del ambiente, la FS y las características del cultivar elegido. Existe variabilidad de la densidad óptima para un mismo cultivar, en función de los ambientes considerados y el EES.

Para determinar la cantidad de semillas necesarias para alcanzar dichas cantidades de plantas a cosecha, se deberán realizar ajustes para cada lote de acuerdo a la calidad de la semilla, las características físicas y sanitarias del suelo, la sembradora y el sistema de siembra (siembra directa, labranza reducida, etc.) .

Una densidad de plantas adecuada es importante para alcanzar un mejor control de malezas y aprovechamiento de la energía solar. Se ha reportado que en lotes con alta infestación

con cebollín se lograron los mejores resultados, tanto en rendimiento de soja como en la reducción de la producción de tubérculos de cebollín, combinando incrementos de densidades de siembra con la REES y la utilización de herbicidas.

Cabe destacar que es fundamental no solo la densidad promedio sino la distribución de las plantas. Plantas con tallos muy finos tienen más vuelco, menor rendimiento, sistema radicular menos desarrollado y mayores problemas sanitarios. Un sistema radicular bien desarrollado mejora el aprovechamiento de los nutrientes y el agua del suelo y disminuye la competencia entre plantas.

La reducción de la densidad de siembra, aumenta en forma lineal el número de ramificaciones y de nudos por planta y determina un acortamiento de los entrenudos (lo que provoca una reducción en la altura y el vuelco), un engrosamiento de los tallos y un incremento del número de nudos.

No todos los cultivares responden de igual modo a la modificación de la densidad de siembra; cada uno presenta una densidad óptima en función de las condiciones ambientales. Se han reportado en cultivares de ciclo corto y en FS tardías, respuestas crecientes del rendimiento a la densidad de siembra.

En general se considera que la reducción de la densidad de siembra disminuye la incidencia de enfermedades tales como *Sclerotinia sclerotiorum*. No obstante se dispone de información experimental que indica que con infestaciones de *Sclerotinia sclerotiorum* medias a altas, no se observaron diferencias en la incidencia de esta enfermedad con modificaciones de la densidad.

Generalmente se obtuvieron diferencias significativas en rendimiento entre cultivares, con diferencias a favor del de mejor comportamiento y escape (menor altura y vuelco) a la enfermedad, reduciendo la longitud del ciclo y/o adelantando la FS.

Se recomiendan mayores densidades de siembra a menor longitud de ciclo y para un mismo cultivar a medida que se adelanta o atrasa la FS con respecto al mes de noviembre.

5- Etapas de la producción de soja asociadas a la combinación de GM y FS

La producción de soja puede ser dividida en 4 etapas, referidas a la generación ó determinación de:

- 1- Biomasa vegetativa.
- 2- Rendimiento.
- 3- Calidad física del grano y
- 4- Valor del grano.

La producción de biomasa vegetativa (BV), depende de 2 componentes, la duración de la etapa de emergencia a R5 y de las condiciones ambientales ocurridas durante esta etapa. Dichos componentes están condicionados por el GM, HC, juvenilidad, ambiente y FS (**Figura 5**).

Los cultivares que funcionan como ciclos cortos a cualquier latitud, son los que presentan mayores limitaciones para alcanzar niveles adecuados de BV. Los cultivares indeterminados de GM III y IV, que funcionan en la Región Pampeana Norte como cultivares de ciclo corto, producen la mayor cantidad de BV en la etapa de R1 a R5 y presentan una relación directa entre la tasa de crecimiento del cultivo en esta etapa y el rendimiento.

En cambio los cultivares de GM V al VII, que se comportan como de ciclo medio a largo en esta Región, producen generalmente mayor cantidad de BV que los anteriores y la mayor proporción de la misma en la etapa de emergencia a R1. Además debido a que tienen más tiempo para generar una adecuada cantidad de BV, el rendimiento guarda relación más estrecha con la disponibilidad hídrica durante el llenado de granos.

Una adecuada elección del cultivar por GM, HC, juvenilidad y de su manejo en FS y espaciamiento, en función del ambiente, permiten lograr un adecuado control de la primer etapa, es

decir una adecuada producción de BV y contribuye a diversificar el riesgo de ocurrencia de estrés hídrico durante el llenado de granos (R5-R7).

En situaciones con disponibilidad hídrica no limitante, el rendimiento depende de la cantidad de BV producida y del índice de cosecha (IC) del cultivar. Los cultivares de ciclo más corto tienen índices de cosecha mayores que los de ciclo más largo.

En consecuencia, el manejo del cultivo debe estar orientado a asegurar una adecuada producción de BV de los cultivares de ciclo corto y a evitar el excesivo crecimiento de los de ciclo más largo y a incrementar su productividad. En definitiva el manejo debe contribuir a lograr una producción de BV, en cantidad adecuada, erecta y sana y a transformar la mayor cantidad de la misma en rendimiento.

En ambientes con buena disponibilidad hídrica, se prioriza el ajuste entre la duración y la tasa de llenado de granos. Por ejemplo en un ambiente de alta calidad y con adecuada disponibilidad hídrica, sobre una situación de referencia, en la que se obtienen 40 q/ha de rendimiento con una duración del llenado de granos de 40 días, se plantea en primer lugar incrementar el rendimiento en 10 q/ha, mediante dos estrategias:

- 1- Mantener duración del llenado de granos e incrementar la tasa del mismo, ó
- 2- Mantener la tasa de llenado de granos e incrementar su duración.

Además se podría plantear un objetivo aún más ambicioso:

- 3- Incrementar la productividad en 20 q/ha, aumentando la tasa y la duración del llenado de granos.

En ambientes con incidencia de estrés hídrico es necesario recurrir a una adecuada combinación de cultivares de diferente GM en diferentes FS, que contribuya a diversificar el riesgo de ocurrencia de estrés hídrico durante el llenado de granos. Es recomendable usar todas las combinaciones de cultivares de diferente GM y FS, ajustando su crecimiento con calidad del lote y espaciamiento entre surcos, para diversificar la fecha de ocurrencia del llenado de granos.

En la Región Pampeana Norte, es posible sembrar cultivares de GM III al VII y combinando la elección de los mismos con FS de principios del mes de octubre a principios del mes de diciembre, se pueden lograr duraciones del llenado de granos entre 44 y 60 días y diversificar riesgos, instalando esta etapa tan importante desde el mes de diciembre y hasta el de abril. Según la combinación de GM y FS elegidas y la ocurrencia de las precipitaciones, será la combinación más favorecida en productividad.

Es importante la cantidad de precipitaciones, pero es más importante la distribución de las mismas, en especial en los meses con mayor evapotranspiración (diciembre a marzo).

Además cabe destacar que una combinación de GM y FS, de escasa altura (un GM III con FS de principios del mes de octubre), puede alcanzar la mayor productividad de la campaña, cuando cuenta con disponibilidad hídrica más oportuna que el resto. Por ejemplo, buenas precipitaciones entre los meses de octubre y mediados de enero, seguida de una intensa sequía hasta mediados del mes de marzo. Estos resultados se verían mejorados en el caso que se haya incrementado el crecimiento, a partir de un lote de alta calidad y la reducción del espaciamiento entre surcos e incremento en la densidad.

El conocimiento del efecto de la FS sobre el crecimiento de los GM elegidos en un ambiente determinado, permite lograr una altura adecuada de cultivo en un amplio rango de FS. En la medida en que la producción de biomasa vegetativa supera el óptimo, es posible reducir la longitud del ciclo para la misma FS, a los efectos de incrementar la partición de la producción de biomasa aérea total al grano ó adelantar la FS del mismo cultivar para lograr mayor productividad.

En los ambientes en los que la disponibilidad hídrica está asegurada ó en los que generalmente es adecuada, se prioriza el ajuste de la duración y la tasa del llenado de granos, para asegurar un alto rendimiento. Esto se logra con FS tempranas y/o reduciendo la longitud del ciclo

de los cultivares en uso, adelantando la FS al mes de octubre para los cultivares de mayor longitud de ciclo elegidos y destinando los de ciclo más corto a la FS del mes de noviembre.

Cuando la probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico es alta, se debe priorizar la diversificación de la ubicación del período crítico, utilizando todas las combinaciones de GM y FS que permiten alcanzar adecuadas productividades en campañas con disponibilidad hídrica adecuada, asignando la mayor superficie de siembra a las más recomendables. De este modo es posible distribuir el llenado de granos entre los meses de enero a marzo en la Región Pampeana Sur, entre los meses de diciembre y abril en la Región Pampeana Norte y entre los meses de noviembre y mayo en la Región Norte.

La calidad física del grano depende de las condiciones ambientales durante el llenado de granos, en especial en la etapa final del mismo y hasta que ocurre la cosecha. La combinación de cultivares de diferente GM en diferentes FS, permite diversificar además la ocurrencia del período crítico, para el logro de semilla de buena calidad. En la Región NEA, es frecuente la ocurrencia de temporales entre los meses de marzo y abril, por tal motivo, con la combinación de GM y FS, se instala el período de cosecha en forma previa al mencionado período.

El valor del grano generalmente sufre una caída entre el mes de enero y el de mayo. En el norte de Argentina es posible iniciar la cosecha en el mes de enero y extenderla hasta el mes de mayo ó junio. En consecuencia las diferentes combinaciones de GM y FS, logran precios diferentes de grano, según la fecha de cosecha y las cotizaciones de cada campaña. Además en la Región Norte es en la que puede obtenerse mayor variabilidad.

6- Recomendación de elección y manejo de cultivares por regiones de cultivo:

En función del período libre de heladas, la Región Norte de Argentina es la que más combinaciones permite utilizar de GM y FS y es la que presenta los períodos más amplios de siembra y cosecha. Se siembran cultivares de 6 GM (GM IV al IX), a lo largo de 6 meses de siembra (agosto a enero) y con 6 meses de cosecha (enero a junio).

En la Región Pampeana Norte es posible utilizar cultivares de 5 GM (III al VII), en 4 meses de siembra (mediados de setiembre a mediados de enero), con 4 meses de cosecha (febrero a mayo) y en la Región Pampeana Sur cultivares de 3 GM (GM II al IV), en algo más de 2 meses de siembra (fines del mes de octubre a principios del mes de enero) y con 2 meses cosecha (marzo y abril).

Para elaborar programas de siembra es necesario considerar la variabilidad entre campañas de la relación del rendimiento con la FS y la longitud del ciclo de los cultivares en uso. El rendimiento presenta una tendencia lineal y creciente con el adelanto de la FS. La FS en la que se alcanza el mayor rendimiento se adelanta de sur a norte del país, en la medida que se incrementa el período libre de heladas.

La información experimental disponible, indica que en ausencia de estrés hídrico, en el extremo sur del actual área de producción sojera de Argentina (sudeste de la provincia de Bs.As.), los mayores rendimientos se obtienen con FS de fines del mes de octubre y en el extremo norte del país con FS de principios del mes de setiembre.

Si analizamos para la región central del país, la evolución del rendimiento en función de la FS a partir del momento en el que se alcanzan los mayores rendimientos, por ejemplo desde el 1 de octubre y hasta fines de enero, ante diferentes situaciones hídricas, tanto en cantidad como distribución durante el ciclo de cultivo, pueden obtenerse diferentes relaciones.

En ausencia de estrés hídrico la relación es lineal y decreciente a tasa constante, a lo largo de todo el ciclo de cultivo. Por debajo de dicha tendencia potencial existen en primer término, numerosas relaciones lineales y decrecientes, con menor nivel de rendimiento a medida que se incrementa la intensidad del estrés hídrico, cuando el mismo se presenta entre los meses de febrero

y marzo. En consecuencia el rendimiento es menor mientras mas tardía es la ocurrencia del llenado de granos.

No obstante dicha relación puede no ser lineal, cuando el estrés hídrico se presenta más temprano, en los meses de diciembre y enero, afectando en mayor medida el llenado de granos de las FS del mes de octubre con cultivares de todos los GM y alcanza las mayores productividades con cultivares de ciclo medio a largo en FS de fines del mes de noviembre.

Las FS a partir del 15 de diciembre generalmente presentan menor rendimiento que las del mes de noviembre, independientemente de la cantidad y distribución de las precipitaciones, debido a que se reducen todos los parámetros de desarrollo y crecimiento del cultivo. En estas FS tardías la reducción del rendimiento puede ser superior a los 30 Kg/ha por cada día de atraso de la FS, pudiendo alcanzar valores de 50 Kg/ha/día ó mayores cuando se combinan diferentes factores de estrés, tales como el hídrico con heladas tempranas, que afectan ó interrumpen el llenado de granos.

Otra relación observada entre el rendimiento y la FS, en el área centro-oeste de la Región Pampeana Norte, con estrés hídrico intenso en los meses de enero y febrero, presenta los valores máximos de rendimiento en FS de principios del mes de octubre con cultivares de ciclo corto, valores mínimos en las FS de fines del mes de octubre y principios del mes de noviembre y valores intermedios con cultivares de ciclo medio a largo en FS de principios del mes de diciembre.

Las diferentes relaciones que pueden llegar a obtenerse en el mismo lote de producción, entre el rendimiento y la FS, de acuerdo a la cantidad y distribución de las precipitaciones en diferentes campañas, debe ser tenido en cuenta al momento de elaborar los programas de siembra.

El cultivar con el que se logra el mayor rendimiento no siempre es el mismo en todas las FS, este varía dependiendo de su potencial de rendimiento, de su ciclo y las condiciones ambientales durante el llenado de granos.

Las relaciones entre el rendimiento y la longitud de ciclo de los cultivares en una FS determinada, puede presentar relaciones directas, indirectas ó no presentar relación a niveles altos medios ó bajos de rendimiento. El largo de ciclo con el que se logra el mayor rendimiento varía entre campañas para un mismo lote y con el lote para una misma campaña.

El orden de importancia de las prácticas de manejo es el siguiente:

- 1- Caracterización del ambiente de producción
- 2- Elección de la combinación del GM, HC y juvenilidad del cultivar y la FS.
- 3- Elección del cultivar.
- 4- Espaciamento entre surcos.
- 5- Densidad de siembra.

1- Caracterización del ambiente de producción:

Para elegir y manejar cultivares es necesario disponer en primer lugar con una adecuada caracterización del ambiente de producción, ya que esto define el crecimiento del cultivo y determina cuales son los GM más adaptados y su manejo para obtener las mayores productividades. Además las características sanitarias del ambiente determinan cuáles son los cultivares más recomendables de cada GM.

El paulatino mejoramiento de la condición ambiental por medio de rotaciones, siembra directa, fertilización, riego, etc, incrementa el crecimiento del cultivo. Esto permite adelantar la FS y/o utilizar cultivares de ciclo más corto, que reducen los problemas sanitarios (como Sclerotinia) y el vuelco y tienen mayores posibilidades de expresar su potencial de rendimiento.

2- Elección de la combinación del GM, HC y juvenilidad del cultivar y la FS:

En función de las condiciones ambientales, se deben definir el listado de cultivares más adaptados en función de su GM, HC y juvenilidad y el porcentaje a usar de cada uno de los GM

elegidos y su FS. Estas decisiones de manejo determinan la producción de biomasa aérea total, el índice de cosecha y el llenado de granos (ubicación, duración y tasa).

3- Elección del cultivar:

Una vez elegidos los cultivares por sus características más importantes (GM, HC y juvenilidad), se procede a definir sus nombres entre los comerciales disponibles, por su potencial de rendimiento y sanidad, priorizando ésta última característica en los ambientes en los que los problemas sanitarios son una limitante de importancia.

La oferta de cultivares en Argentina, se ha visto seriamente afectada en la segunda mitad de la década del 90, por los crecientes problemas sanitarios (tales como el Cancro del tallo) y la liberación de cultivares tolerantes a glifosato. No obstante la intensa actividad del mejoramiento genético desplegado por empresas privadas y públicas, posibilitó el rápido recambio con cultivares que dieron respuesta a las 2 demandas mencionadas.

4- Espaciamiento entre surcos:

Una vez definido el listado de cultivares, se define el espaciamiento entre surcos, de acuerdo a las características previamente mencionadas y el desarrollo vegetativo de los cultivares seleccionados.

5- Densidad de siembra:

La densidad de siembra es la práctica de manejo menos importante y depende de todas las decisiones previas y es la encargada de dar el ajuste final a la distribución espacial de plantas. Tanto la reducción del espaciamiento entre surcos, como el incremento de la densidad de siembra son más importantes en FS muy tempranas o tardías y para los cultivares de ciclo más corto.

A continuación se presenta de sur a norte del país, las FS (agosto a enero) y calidades de ambientes (muy alta a muy baja), más recomendables para cada GM, en función de su HC. Tal como se comentó precedentemente, en este esquema es necesario definir primero las condiciones ambientales y el rango de GM mejor adaptados a las mismas, para cada planteo productivo. Además se presenta un esquema de la relación del rendimiento esperable en función de la FS y para condiciones hídricas con ligera a nula limitación hídrica, para los cultivares más adaptados por GM y HC.

Región Pampeana Sur:

El rango de FS tradicionalmente recomendadas para la Región Pampeana Sur, se iniciaba a partir del 1 de noviembre y se extendía hasta mediados del mes de diciembre. Actualmente se ha ampliado la recomendación de las FS.

Se utilizan cultivares de GM II como ciclo corto, GM III como ciclo medio y de GM IV como ciclo largo. Se recomienda aplicar un manejo que contribuya a incrementar el crecimiento de los cultivares de GM II y a evitar la instalación de la etapa final de llenado de grano de los cultivares de GM IV, en épocas con alta probabilidad de ocurrencia de heladas (abril).

Por tal motivo se recomienda implantar los cultivares de GM II, en los ambientes de alta calidad y en FS a partir del 15 de noviembre y con el espaciamiento entre surcos más reducido posible. Además, son los cultivares que en FS tardía, se verán menos afectados por heladas tempranas.

Con los cultivares de GM III, se recomienda iniciar las siembras a partir de principios del mes de noviembre y hasta fines del mes de diciembre y con los cultivares de GM IV iniciar las siembras el 20 de octubre hasta fines del mes de noviembre.

Con reducidas a nula incidencia de estrés hídrico, las FS de fines del mes de octubre, permitieron alcanzar mayores rendimientos que las del mes de noviembre. Por tal motivo es necesario estudiar la incidencia de daños por heladas con mayores adelantos de la FS y en campañas con diferente régimen de heladas, para poder aprovechar todas las posibilidades del mayor potencial productivo de las FS del mes de octubre.

Para FS muy tardías, en especial sobre trigo (fines de diciembre y principios de enero) se recomiendan cultivares de GM III corto y II. Atendiendo a que en este rango de fenología, se están inscribiendo numerosos cultivares, se debe evaluar cuáles son los que presentan la mejor combinación de producción de BV y longitud de ciclo, con espaciamientos entre surcos lo más estrecho posibles (17 cm) y altas densidades.

Región Pampeana Norte:

El rango de FS recomendadas para la zona central de país, se extiende entre el 15 de setiembre y el 15 de enero y se recomiendan cultivares de GM III al VII. En ambientes de alta calidad, se utilizan cultivares de GM III como ciclo corto, de GM IV como ciclo medio y de GM V como ciclo largo. En ambientes de calidad media, se utilizan cultivares de GM IV como ciclo corto, de GM V como ciclo medio y de GM VI como ciclo largo. En ambientes de baja calidad, se utilizan cultivares de GM V como ciclo corto, de GM VI como ciclo medio y de GM VII como ciclo largo.

En el caso de la soja con barbecho previo (antecesor maíz ó sorgo), se recomienda iniciar la FS de los cultivares de GM III a partir del 15 de noviembre y en ambientes de muy alta calidad. En lo referente a la distribución espacial de plantas se recomiendan generalmente distancias entre surcos a 35 cm.

Las siembras con cultivares de GM IV, pueden iniciarse entre principios a mediados del mes de octubre, con los de mayor desarrollo vegetativo y ciclo más largo y espaciamientos entre surcos de menos de 52 cm. Las FS de los de ciclo más corto es conveniente demorarla hasta fines del mes de octubre.

En el caso de los cultivares de GM V corto los de HC indeterminado son los más adaptados a las FS más tempranas del mes de octubre, en las FS del mes de noviembre es necesario implantarlos en ambientes de menor calidad para evitar el vuelco. Con los de HC determinado, es conveniente empezar las FS a mediados del mes de octubre. Con los del GM V largo, la recomendación es similar, pudiendo destinarlos a ambientes de menor calidad que los del GM V corto y empezar las siembras a principios del mes de octubre. En el caso de los de HC semideterminado las FS pueden iniciarse en fechas intermedias entre la de los de HC indeterminado y los determinados.

Con los cultivares de GM VI, la recomendación es similar, en función de su HC, pero por su mayor desarrollo vegetativo, se puede iniciar las FS más temprano y/o destinarlos a ambientes de menor calidad que los de GM V largo.

Respecto a los cultivares de GM VII, se lo utiliza en el norte de la región central y en suelos Vertisoles de la Provincia de Entre Ríos y de la ROU, en los ambientes de menor calidad.

Para FS sobre trigo, se recomiendan cultivares de GM IV al VI, destinando los de ciclo más corto a los mejores ambientes. Si las FS fueran posteriores al 10 de diciembre, es conveniente iniciar las FS con los de ciclo más largo y terminarlas con los de ciclo más corto, para evitar los daños de las heladas tempranas sobre los cultivares de ciclo más largo.

Como criterio general puede mencionarse que en la medida que se cuenta con mejores condiciones ambientales y se ajuste el manejo (espaciamientos y densidades de siembra), los cultivares de ciclo más corto alcanzan mayores rendimientos también en las siembras sobre trigo. Por otra parte, cuando el estrés hídrico es importante al inicio del crecimiento, los cultivares de mayor longitud de ciclo son los que logran más rendimiento. Por tal motivo, si no está asegurada la disponibilidad hídrica es necesario diversificar con cultivares de todos los GM sugeridos, incrementando según las características ambientales del lugar, la superficie de siembra con cultivares de GM V, VI y VII.

Región Norte:

El rango de FS recomendadas para la zona norte del país, se extiende desde el 15 de agosto y hasta fines del mes de enero y se recomiendan cultivares de GM IV al IX. En el caso de las FS de primavera (agosto a octubre), se recomiendan cultivares de GM IV y V con HC indeterminado, para lograr cosechas entre los meses de enero y febrero.

En estas FS también se pueden implantar cultivares con HC indeterminado ó semideterminado de mayor longitud de ciclo, pero la fecha de cosecha puede ocurrir en los meses de marzo y abril y dependiendo de la zona y la probabilidad de ocurrencia de temporales, pueden resultar afectados en su calidad y/o rendimiento y necesitar más aplicaciones de insecticidas. En la Subregión NEA, es más factible la incidencia de temporales en estos meses y se deben combinar los GM y sus FS para que la cosecha ocurra antes del mes de marzo ó después del mes de abril.

En las FS del mes de noviembre en adelante, se utilizan cultivares de GM VI como ciclo corto, de GM VII como ciclo medio y de GM VIII y IX como ciclo largo. Se los utiliza siguiendo el mismo criterio de asignación de los GM, en función del HC y la calidad del ambiente, precedentemente mencionado. En general se recomiendan los cultivares de GM VII y VIII y sólo para las FS tardías el GM IX, por su excesivo desarrollo vegetativo.