

INTRODUCCIÓN

El alto margen bruto de la producción de soja comparado con otras actividades agrícolas, el aumento internacional de los precios, y la demanda del cultivo, generó una expansión significativa en los últimos 10 años de la superficie sembrada, todo esto predispuso a que en el mercado actual se encuentre una amplia gama de cultivares de soja.

Es por esto que, al momento de realizar la siembra, elegir un cultivar para una determinada zona puede llegar a ser un problema no siempre de simple solución. La gran variedad de cultivares de soja disponibles en el mercado hacen de esta decisión una tarea difícil. Por esta razón determinar cuáles son los cultivares representativos de los grupos de madurez III largo, IV y IV largo de mayor rendimiento, en fechas de siembra media y tardía para la zona rural de la localidad de Chaján, es el problema a resolver.

REVISIÓN DE ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

El desarrollo del cultivo de soja se divide en cuatro etapas: una embrional, otra juvenil, seguida por una de madurez y por último una etapa senil. Durante las dos primeras etapas la planta es incapaz de captar el estímulo fotoperiódico. La tercera, se la puede dividir en dos fases, una inductiva, la cual comienza con la captación de dicho estímulo hasta la diferenciación de los meristemas, y otra fase postinductiva, que va desde diferenciación hasta floración.

La importancia de conocer estas fases radica en que la duración de las mismas esta regulada por la temperatura y el fotoperíodo (Sinclair *et al.*, 1991; Summerfield *et al.*, 1998; Kantolic y Slafer, 2001).

En cuanto al fotoperíodo, la soja es una especie de días cortos con respuesta cuantitativa (Cregan y Hartwig 1984). Es decir, que fotoperíodos mayores a un umbral retrasan la iniciación floral. No sólo es importante el efecto del fotoperíodo en la duración de las fases sino también la sensibilidad térmica y fotoperiódica de cada cultivar. Cabe destacar que estos dos aspectos presentan una importante variabilidad genotípica (Grimm *et al.*, 1994).

El fotoperíodo también modifica la tasa de desarrollo de la floración, fructificación y llenado de los granos. Bajo fotoperíodos cortos estos cambios ocurren más rápidamente (Summerfield *et al.*, 1998). A medida que la fecha de siembra se atrasa, la floración se reduce en forma lineal por efecto del fotoperíodo (Martignone *et al.*, 1987).

En cuanto a la influencia de la temperatura sobre los procesos de desarrollo, se sabe que al aumentar la temperatura éstos se llevan a cabo más velozmente, hasta alcanzar una temperatura óptima, punto en el que los mismo logran un valor máximo (Thomas y Raper, 1983).

En cuanto al crecimiento (se inicia con la germinación y finaliza con el comienzo de llenado de granos) (Fehr y Caviness, 1977), la tasa de aparición de las estructuras vegetativas depende de la temperatura (Kantolic y Slafer, 2001).

Una práctica cultural, de alto impacto sobre el rendimiento, que modifica la influencia del fotoperíodo y la temperatura sobre el cultivo de soja es la fecha de siembra.

La fecha óptima de implantación es aquella que asegura un buen crecimiento evitando el vuelco, y ubica el periodo crítico del cultivar en el momento de menor estrés y mayor disponibilidad de radiación y temperatura, además de reducir las pérdidas por heladas y el daño por enfermedades (Baigorri y Giorda, 1997).

Entre las características climáticas más importantes que condicionan la fecha de siembra se encuentran los regímenes térmico, hídrico y el fotoperíodo. Al modificar la fecha de siembra se alteran las condiciones ambientales a las que está expuesto el cultivo (principalmente, foto y termo

período) que son los que determinan en mayor medida el desarrollo de los mismos (Andrade *et al.*, 2000).

Es de esperar que el rendimiento de cultivos de soja sembrados en fechas de siembra temprana ó de primera, este altamente relacionado a la disponibilidad hídrica durante el periodo de llenado de granos. Contrariamente, el rendimiento del cultivo en fechas de siembra tardías ó de segunda dependerá de una mayor cantidad de factores. Entre ellos del contenido hídrico del suelo a la hora de la siembra y durante el ciclo del cultivo, las bajas temperaturas durante el llenado de granos y el acortamiento de esta etapa por efecto del fotoperíodo. Además la etapa de crecimiento reproductivo ocurre en condiciones de menor temperatura y radiación que en fechas tempranas (Baigorri, 1997).

Al atrasar la fecha de siembra se produce una disminución en la extensión de los estados fenológicos, y la magnitud de esa disminución depende del grupo de madurez. La relación entre la duración de las distintas etapas y la fecha de implantación, es lineal y decreciente con el atraso de esta última (Martinez Alvarez *et al.*, 2000). Con la modificación de la fecha de siembra, también se altera la duración y tasa a la cual se va a llevar a cabo cada etapa fenológica (Kantolic y Slafer, 2001). El atraso no sólo afecta los estados fenológicos sino también reduce el rendimiento, que resulta del efecto negativo del fotoperíodo sobre la fenología y la acumulación de materia seca, como así también de la incidencia de la radiación y temperatura (Andrade *et al.*, 2000).

Las modificaciones en la longitud del ciclo del cultivo se deben a alteraciones en el largo total del mismo, principalmente a modificaciones en las etapas vegetativas (Martignone y Nakayama, 1977). Por estas razones al atrasar la fecha de siembra se obtienen menores rendimientos. Las etapas fenológicas son más cortas y se modifica su ocurrencia con la consecuente disminución de radiación y temperatura incidente.

En el caso de altura de planta, la misma varia con la fecha de siembra, presentando una distribución con forma de campana, con un pico entre noviembre y diciembre según cultivar y región. Pero para un mismo hábito de crecimiento, los de mayor largo de ciclo son los que obtienen mayor altura. Cabe destacar que el número de nudos presenta una respuesta similar a la altura. (Baigorri y Giorda 1997)

En el cultivo de soja, el rendimiento resulta de dos competentes numéricos: el número de granos que se establece por unidad de área y el peso unitario que éstos alcanzan. El número de granos puede a su vez subdividirse en tres. Estos representan el número de sitios potenciales para el establecimiento de los granos (número de nudos por unidad de área del cultivo), la fertilidad de estos sitios (número de vainas por nudo), y la fertilidad de los frutos (número de granos por vaina) (Kantolic y Slafer, 2001).

El número de nudos por unidad de área depende de la cantidad de plantas emergidas, cuántos nudos aparecen en el tallo principal en cada una de ellas, cuantas ramificaciones poseen y cuántos nudos tiene esas ramificaciones. Cabe destacar que el número de plantas emergidas por unidad de superficie tiene un efecto neutro sobre el número de granos y sobre el rendimiento, ya que una menor densidad de plantas es compensada por un número mayor de nudos en las ramificaciones o por un aumento de la fertilidad de cada nudo (Ramesur *et al.*, 1984). Debido a la fuerte dependencia del número de vainas por nudo de la tasa de crecimiento del cultivo, este subcomponente muestra una marcada variabilidad frente a cambios en el ambiente. La importancia de la variabilidad de este subcomponente radica en que es el principal responsable de las modificaciones del número de semillas por unidad de área (Board *et al.*, 1999).

El número de vainas por nudo depende de cuantas inflorescencias se desarrollan en cada nudo y cuantas vainas se establecen en cada inflorescencia. Existe una alta variabilidad entre los nudos de la planta, entre genotipos y ante cambios en las condiciones ambientales (Board *et al.*, 1999).

Las semillas por fruto presentan una alta dependencia genética en la expresión de este carácter. Pero, en función del tipo y grado de estrés, puede ocurrir que el cultivo aborte granos dentro de una vaina antes de ingresar en el periodo de llenado efectivo. Sin embargo, este componente es mucho más estable que los demás (Baigorri y Giorda, 1997; Egli, 1998).

Otro de los factores que determinan el rendimiento es el peso de las semillas, que puede variar entre 80 y 400 mg por grano, pero generalmente, para las variedades de soja difundidas y para la mayor parte de las condiciones ambientales, el peso individual oscila entre 140 y 220 mg (Kantolic y Slafer, 2001). El mismo puede describirse como una función de su tasa de crecimiento y de la duración del periodo de llenado. Ambas características están gobernadas genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales.

Se sabe que el período de llenado de granos está dividido en dos partes: primero hay un aumento en el número de células, caracterizado por una alta división y diferenciación celular sin aumento de peso del grano, y el segundo en el cual la semilla acumula materia seca hasta madurez fisiológica. Es importante conocer estos dos periodos ya que diferencias genotípicas en la tasa de crecimiento modifican el número de células que se inician en los cotiledones durante las etapas tempranas del desarrollo de las semillas (Egli, 1998).

No obstante, la tasa de crecimiento también es modificada por factores ambientales, como fotoperíodo, radiación, temperatura, o disponibilidad de nitrógeno (Egli, 1998; Kantolic *et al.*, 1995). Para que se mantenga la elevada tasa de crecimiento la temperatura debe ser de alrededor de 23.5°C, mientras que fotoperíodos cortos en genotipos sensibles, tienden a aumentar la tasa de crecimiento de las semillas (Kantolic *et al.*, 1995; Raper y Thomas, 1978). La duración del periodo

de llenado de granos también es afectado por condiciones ambientales. Cabe destacar que la temperatura y el fotoperíodo tienen efecto en la duración del periodo, pero estos efectos se compensan al modificar la tasa.

Los componentes y subcomponentes del rendimiento se definen durante un periodo muy extenso del ciclo del cultivo. Sin embargo no todo el ciclo resulta igualmente crítico para definirlo. Condiciones adversas en etapas tempranas pueden ser compensadas si la calidad del ambiente mejora y el número de granos final no se modifica. Sin embargo esta tolerancia es máxima en prefloración y disminuye a medida que avanza el ciclo.

No está unánimemente definido el comienzo y el fin del periodo crítico, pero se dice que comienza en R4 y termina poco después de R6, cabe destacar que se tiene al período comprendido entre R4,5-R5,5 como especialmente crítico, ya que la floración ha concluido y se tiene aborto floral y de vainas pequeñas. Es por esta razón que la capacidad de compensación de la planta en este periodo en caso de ocurrir un estrés es muy baja (Baigorri y Giorda, 1997).

Cabe destacar que la soja tiene la capacidad de compensar reducciones en un componente debidos a un estrés, aumentando otro una vez que éste haya desaparecido. Es elemental tener presente que diferencias entre cultivares se pueden deber a las que ocurren en los componentes o las distintas capacidades de compensar de cada cultivar (Andriani y Bodrero, 1995). Estrés durante la floración temprana reducen el número de semillas por metro cuadrado; este componente es compensado parcialmente ante eventuales disminuciones por el peso de las semillas. Pero tanto este como el anterior tienen un límite determinado genéticamente (Morandi, *et al.*, 1994). Es por este motivo que los dos componentes principales del rendimiento están en general inversamente relacionados. Es decir, cultivares con un alto peso de semillas tienden a tener menor número de granos.

Sin embargo, diferencias en el rendimiento en distintas situaciones productivas, generalmente se deben a variaciones en el número de granos por unidad de área de cultivo. Por el contrario, el peso de los granos es raramente afectado (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2003; Raper y Kramer, 1987; Ritchie, *et al.*, 1985). Martínez Alvarez (2001) estudió en la localidad de Villa Mercedes, San Luis, que disminuciones en el rinde estaban relacionadas con una menor cantidad de vainas por unidad de superficie, mientras que el número de semillas por fruto se mantenía estable.

El componente de mayor variación en el rendimiento, es el número de semillas por unidad de área de suelo (Raper y Kramer, 1987; Ritchie, *et al.*, 1985). Generalmente, el número de frutos tiene mayor influencia que el número de semillas por fruto, sobre el número de semillas por metro cuadrado (Board *et al.*, 1999).

Otra práctica cultural de gran impacto en el rendimiento, es la adecuada elección de materiales genéticos para cada ambiente específico. Como norma general Baigorri y Giorda (1997) recomiendan aumentar al grupo de madurez a medida que las limitaciones del ambiente lo hagan. Esto es específicamente porque al aumentar el ciclo y definir el rendimiento en una época más tardía con menor evapotranspiración, el cultivo requiere menos agua para producir igual rendimiento.

HIPÓTESIS

Para la región sur-oeste de la provincia de Córdoba (Chaján), los cultivares del GM IV largo son los que mayor rendimiento alcanzan en fechas de siembra media y tardía respecto a otros de los GM III, IV corto.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar cultivares representativos de los GM III largo, IV corto, y IV largo para la zona oeste de Córdoba (Chaján), en dos fechas de siembra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar los componentes de rendimiento: número de frutos por planta, y peso de 100 semillas.
- Estimar el rendimiento de cada cultivar.

MATERIALES Y METODOS

El presente ensayo se realizó durante la campaña agrícola 2003/04 en la zona rural de Chaján, Departamento Río Cuarto, Córdoba, en el establecimiento “Las Lagunitas”.

El suelo es un Hapludol típico.

Los cultivares evaluados, representativos de cada GM fueron:

- 3901 Nidera (GM III largo)
- 4303 Nidera (GM IV)
- 4403 Asgrow (GM IV)
- 4404 Nidera (GM IV)
- 4500 Asgrow (GM IV)
- 4800 Don Mario (GM IV largo)

A continuación se transcriben los días a floración y madurez de los cultivares representativos de cada uno de los GM obtenidos de los catálogos de las empresas obtentoras de los materiales genéticos:

- N 3901: días a floración (R1): 39; días a madurez (R8) 129. ¹
- N 4303: días a floración (R1): 40; días a madurez (R8) 133. ²
- N 4500: días a floración (R1) 41; días a madurez (R8) 137. ³
- DM 4800: días a madurez (R8) 155 ⁴

La fecha de siembra media se realizó el 6 de diciembre y la tardía el 28 del mismo mes. Con una sembradora *Agrometal Mega TX* de 16 surcos espaciados a 52 cm. y una distancia entre surcos de 5 cm. De esta manera, la densidad de siembra fue para todos los cultivares de 20 semillas por metro lineal. Cada tratamiento esta sembrado en bloques 16.68 mts de ancho y 700 mts de largo, resultando en 1.16 has. y dos repeticiones.

El ensayo se mantuvo siempre por debajo de los niveles umbrales de control para los principales insectos plaga. En este caso, solamente se realizó una aplicación de Cypermetrina a razón de 100 cc.ha⁻¹ pc (producto comercial) para el control de *Rachiplusia nu* y otros lepidópteros defoliadores. En lo que al control de malezas respecta, se realizaron tres aplicaciones de glifosato, la primera se llevó a cabo el 4 de septiembre a razón de 2 lts.ha⁻¹ pc, en presiembra, la segunda fue el 4 de enero, a razón de 2 lts.ha⁻¹ pc. ambas aplicaciones se realizaron sobre el total de la superficie del ensayo, mientras que la última aplicación sólo se hizo sobre las parcelas correspondientes a la última fecha de siembra. La misma fue el 22 de enero a razón de 2 lts.ha⁻¹ pc.

¹ Catálogo de NIDERA semillas.

² Catálogo de NIDERA semillas.

³ Catálogo de NIDERA semillas.

⁴ Catálogo de Don Mario semillas.

Previo a la siembra la semilla fue tratada con carbendazim y thiram, en simultáneo con un inoculante con la cepa *Bradyrhizobium japonicum*.

Se realizó una fertilización fosfatada con superfosfato simple a razón de 40 kg.ha⁻¹ debajo de la línea de siembra.

En R8 se determinaron los componentes del rendimiento por m²:

- Peso de 100 semillas.
- Número de frutos por planta.

La cosecha se realizó con una maquina Massey Ferguson 5650, equipada con una plataforma de 11 surcos espaciados a 0.525 mts. Se cosechó la superficie total de la parcela (0,583 ha) de cada cultivar y repetición, luego se pesó el total de granos por medio de una balanza en la monotolva. Los resultados se expresan en kg.ha⁻¹.

Durante el ciclo del cultivo se registraron las precipitaciones en el establecimiento.

Caracterización edafo-climática de la zona rural de Chaján (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA 2003)

Caracterización climática de la zona rural de Chaján:

La temperatura media anual del área es de unos 18°C con un gradiente ligeramente negativo hacia el sur pero sin grandes diferencias ya que el área es bastante homogénea en este aspecto.

Las heladas son de regular intensidad comenzando en término medio a principios de mayo hasta fines de septiembre con una variabilidad para ambas fechas en más o menos 20 días.

Otro parámetro que vale la pena destacar es el de nubosidad, al respecto se puede decir que es una de las zonas del país que tiene mayor número de días de cielo despejado ya que el valor anual es de aproximadamente 100 días.

Las precipitaciones del área, oscilan alrededor de los 600-800 mm anuales. Las lluvias se concentran en verano y otoño representando las mismas el 70% del total anual siguiendo en monto las de primavera y luego con una cantidad muy baja las de invierno que representan sólo el 4% del total anual.

Caracterización edáfica de la zona rural de Chaján

Relieve general:

Planicie periserrana proximal: es una amplia faja ubicada al este y sur de las Sierras Comechingones con pendiente regional bien definida hacia el este de relieve ondulado y gradientes

que oscilan entre 1-3%, está constituida por sedimentos eólicos arenosos finos y areno franco hacia el sur, en el límite con la pampa medanosa.

Coincidente con la pendiente regional el escurrimiento de los cursos bien definidos de arroyos y pequeños cauces, tiene una intensa acción desecante de los potentes depósitos eólicos, confiriendo el aspecto de grandes cárcavas con paredes verticales. Son comunes las manifestaciones erosivas causadas por flujos concentrados del escurrimiento. Hacia el sur, la acción erosiva hídrica es menos significativa, adquiriendo importancia la actividad eólica.

Sólo se observan relictos de la vegetación de la provincia del espinal, en las partes altas de las lomas medanosas o en las márgenes de los cursos hídricos semipermanentes.

Descripción de los suelos que forman la unidad

Haplustol éntico:

Es un suelo excesivamente drenado desarrollado sobre materiales arenosos finos y se encuentra vinculado a lomas arenosas ligeramente onduladas, con pendientes que no superan el 1%.

La capa arable, horizonte A1 de 18 cm de espesor, es de color pardo grisáceo oscuro, de textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares débiles, en profundidad pasa gradualmente (horizonte de transición AC) al material originario (Horizonte C), de texto areno-franca. El calcáreo se encuentra muy profundo.

Son suelos aptos para agricultura, aunque su uso se encuentra muy limitado por, el clima, la baja retención de humedad y la susceptibilidad a la erosión eólica. La clasificación de uso del USDA de los mismos es VI.

Ustorthent típico:

Es un suelo algo excesivamente drenado, desarrollado sobre materiales arenosos finos, vinculados a lomas onduladas (lomas medanosas) con pendientes del 1-3%.

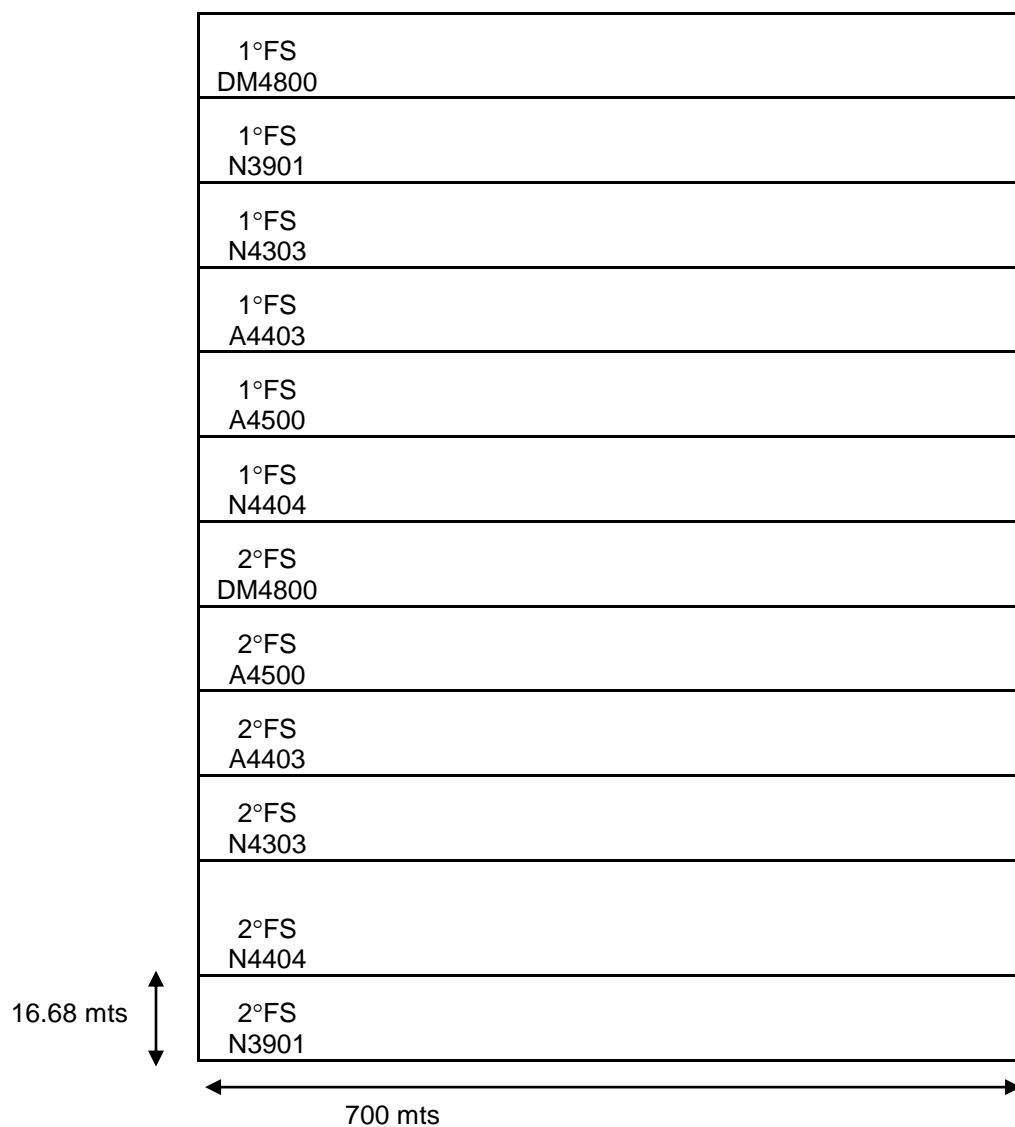
La capa arable horizonte A de 20 cm de espesor, es de color pardo oscuro, de textura arenosa franca y estructura masiva con tendencia a bloques. En profundidad pasa gradualmente (horizonte de transición AC) al material originario que se encuentra a una profundidad de 46 cm, de textura arenosa franca muy fina. El calcáreo se encuentra muy profundo.

Estos suelos presentan baja retención de humedad y la débil estructura superficial hace que sean muy susceptibles a la erosión eólica, limitando en cierta manera su uso agrícola principalmente. La clasificación de uso del USDA de los mismos es VI.

Diseño experimental y estadístico

El ensayo fue realizado con un diseño experimental en bloques al azar de 16.68 mt. x 700 mt para cada cultivar, con la fecha de siembra como factor principal y cultivar como subfactor, con dos repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 1,16 has.

Las variables se sometieron a análisis de la varianza (A.N.O.V.A.) por medio del programa estadístico Infostat. Se estudió el efecto de la interacción entre los factores fecha de siembra y cultivar. Las comparaciones entre medias se hicieron por el Test de Duncan ($\alpha=0.05$).



RESULTADOS Y DISCUSIONES

Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo

En la figura 1 se muestran los valores de precipitaciones (mm), ocurridas durante el ciclo del cultivo y las registradas en el período 1997/07. La misma muestra una concentración de lluvias, tipo monzónico típico, aunque el año se manifestó con demoras en la ocurrencia de las lluvias al comienzo del ciclo del cultivo, lo que ocasionó atrasos en la fecha de siembra, prevista para octubre y posteriormente llevadas a cabo el 6 y 28 de diciembre para las siembras medias y tardías respectivamente. Después de la segunda fecha de siembra las precipitaciones se normalizaron y fueron superiores o similares a la media registrada para la serie de 10 años, con excepción de la segunda década de febrero, la tercera de marzo; y la segunda y tercera década de abril, donde las precipitaciones fueron menores que las registradas en la serie 1997/07.

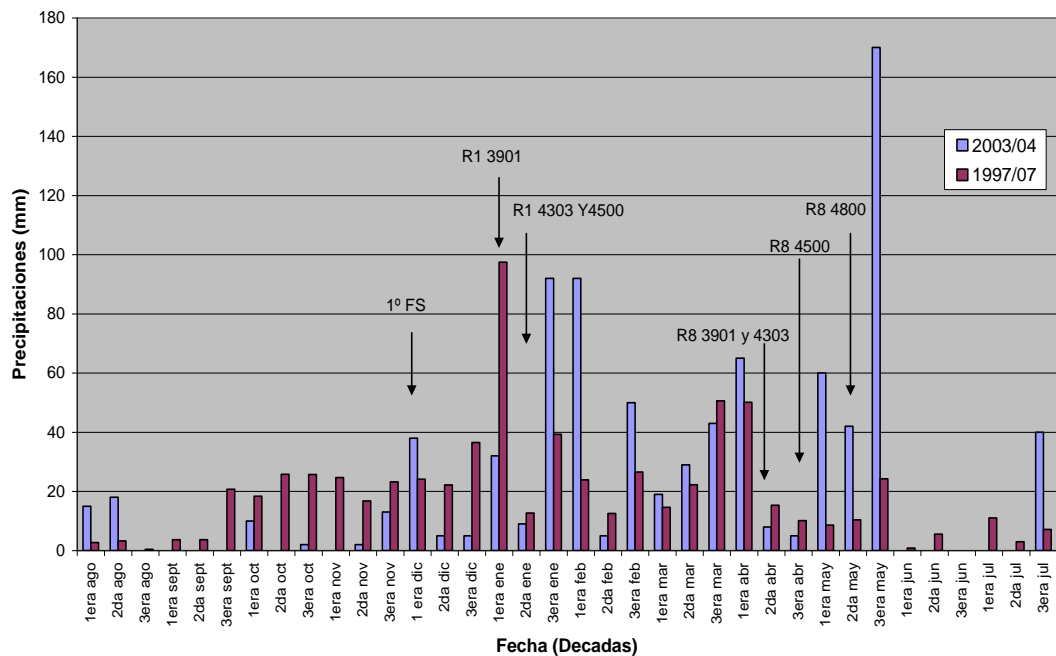


Figura 1: Precipitaciones decádicas durante el ciclo 2003/2004 y la serie 1997/2007 en la “Ea. Las Lagunitas - Chaján” para la primera fecha de siembra y los cultivares representantes de los GM IV corto, IV y IV largo. R1: Floración. R8: Madurez cosecha.

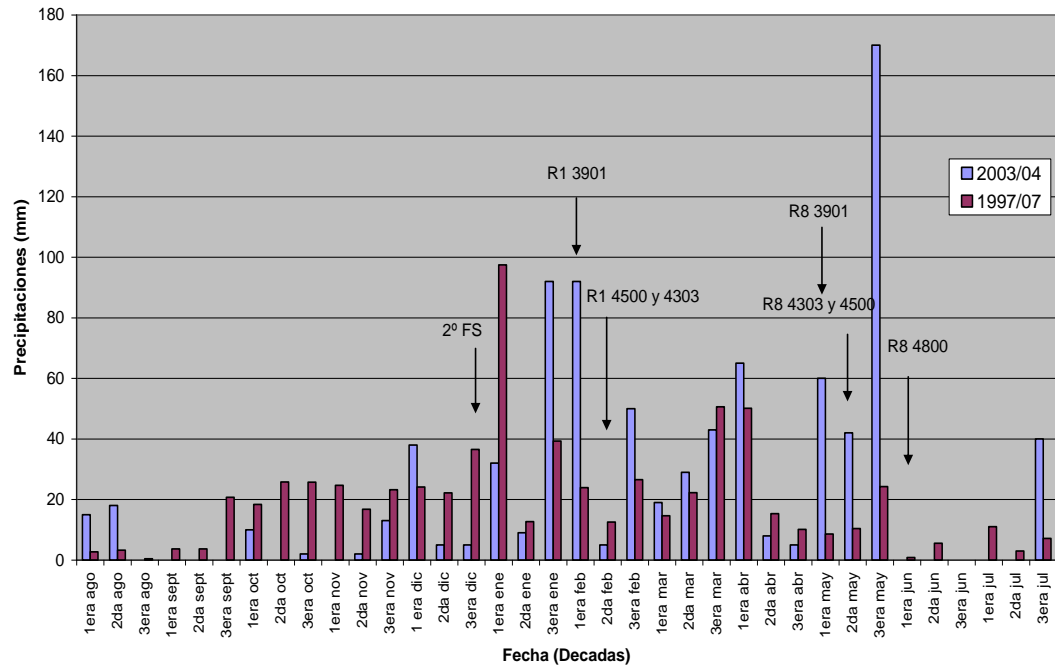


Figura 2: Precipitaciones decádicas durante el ciclo 2003/2004 y la serie 1997/2007 en la “Ea. Las Lagunitas - Chaján” para la segunda fecha de siembra y los cultivares representantes de los GM IV corto, IV y IV largo. R1: Floración. R8: Madurez cosecha.

Rendimiento y sus componentes

En la figura 3 se muestra el rendimiento de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para las dos fechas de siembras y los seis genotipos estudiados. En el modelo se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Cabe destacar que las variables estudiadas no presentaron interacción significativa ($p=0.1963$). En el anexo se muestra el test de Duncan para la interacción y las variables estudiadas.

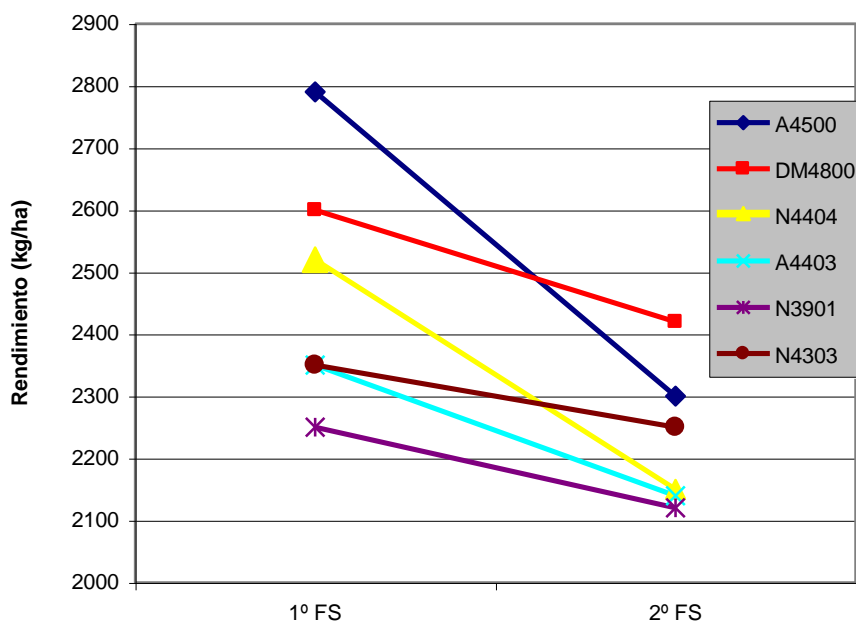


Figura 3: Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) según fecha de siembra. FS: fecha de siembra

Todos los cultivares disminuyeron su rendimiento con el atraso de la fecha de siembra. También, se puede ver que los cultivares se pueden agrupar en dos conjuntos según sus rendimientos. Los de alto rendimiento como: A4500 y DM4800 y aquellos de menor rendimiento como N3901, N4303 y A4403. En el caso de N4404, éste podría estar en un grupo intermedio ya que se comportó como un cultivar de alto rendimiento en la primera fecha de siembra y como uno de bajo en la segunda.

Los genotipos de mayor rendimiento, tanto en la primera como en la segunda fecha de siembra fueron de mayor duración de ciclo. El cultivar de ciclo más corto fue el de menor rendimiento en ambas fechas de siembra (N3901).

Hay muchos autores que analizaron las diferencias de rendimiento para distintos genotipos sembrados en una misma fecha de siembra. Algunos de ellos son Andriani y Bodrero (1995), quienes afirman que las diferencias entre cultivares se deben a las que ocurren en los componentes

del rendimiento, o a distintas capacidades de compensar de cada cultivar. En función de lo que Andriani y Bodrero afirman y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el sitio experimental (Chaján), los cultivares de mayor duración del ciclo tuvieron etapas fenológicas más prolongadas respecto a las de menor duración, donde los períodos de demanda de agua, luz y nutrientes fueron más prolongados, entonces, la capacidad de compensar algún estrés o disminución de alguno de sus componentes del rendimiento fue mayor. Al observar las figuras 1 y 2 se pueden apreciar las diferencias de largo de ciclo entre genotipos, como así también la mayor pluviometría recibida por los GM más largos que tuvieron mayores rendimientos.

Para entender la disminución observada en el rendimiento de todos los cultivares de la primera fecha de siembra respecto a la segunda, hay que tener en cuenta el efecto del fotoperíodo sobre el ciclo de la soja. La soja es una planta de días cortos con respuesta cuantitativa (Cregan y Hartwig, 1984), la misma acelera su desarrollo a medida que los días se acortan. Por esta razón, al atrasar la fecha de siembra las etapas fenológicas son menos extensas provocando disminución del rendimiento respecto a siembras tempranas.

Baigorri y Giorda (1997), indican que las reducciones en el rendimiento se deben a la menor duración del período de llenado de granos, y además la planta dispone de menores temperaturas y radiación solar.

La disminución del rendimiento al atrasar la fecha de siembra fue observada por numerosos autores entre ellos Andrade (2000), que sostiene que la reducción del rendimiento con el atraso del momento de implantación del cultivo resulta de la incidencia del fotoperíodo, la radiación y la temperatura, sobre la fenología y acumulación de materia seca. Por otro lado, Martignone *et al.*, (1987) sostiene que al atrasar la fecha de siembra el período R1-R7 se reduce de forma lineal por efecto del fotoperíodo. Por su parte Martínez Alvarez (2000) estudió esta reducción del rendimiento con el atraso de la fecha de siembra en la localidad de Villa Mercedes, San Luis (localidad a 40 km de Chaján y con características similares), y postula que, todos los estados fenológicos disminuyen su extensión al atrasar la fecha de siembra; y la relación entre la duración de las distintas etapas fenológicas y la fecha de siembra, fue lineal y decreciente con el atraso de esta última.

Al analizar los componentes del rendimiento individualmente, en la figura 4 se puede observar el efecto de la fecha de siembra sobre el peso de 100 semillas para los seis cultivares estudiados. En el modelo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). En el anexo se muestra el Test de Duncan para las variables mencionadas.

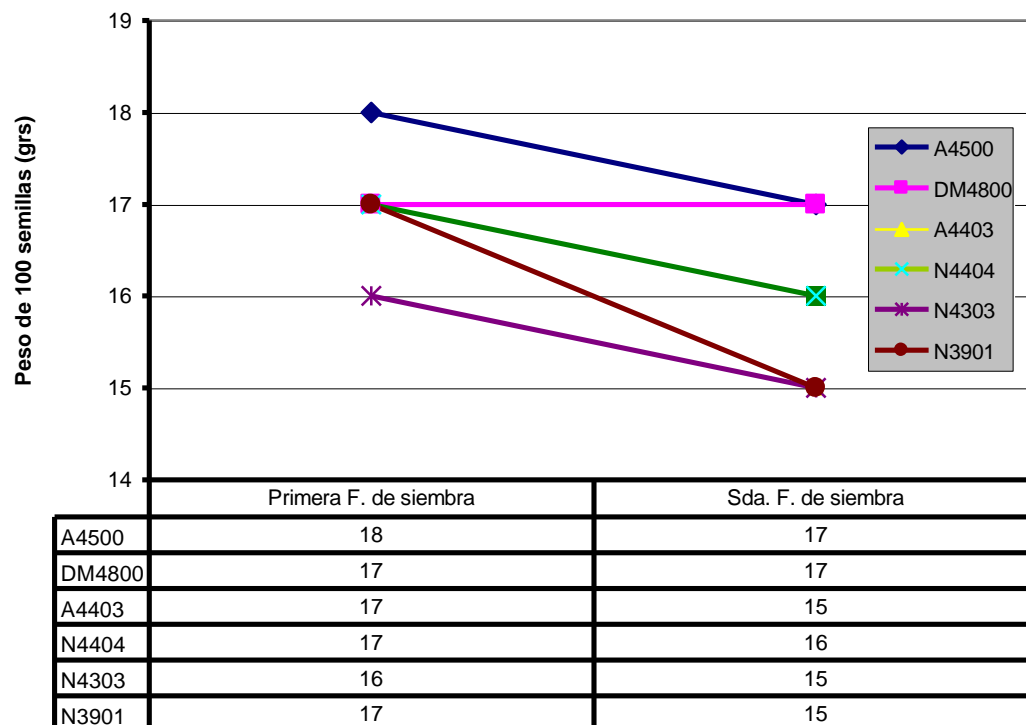


Figura 4: Efecto de la fecha de siembra sobre el peso de las semillas

Los cultivares que tuvieron mayor peso de 100 semillas en ambas fecha de siembra fueron aquellos de mayor duración del ciclo, mientras que los genotipos de menor ciclo tuvieron los menores valores.

También se puede apreciar en todos los cultivares, una tendencia a disminuir el peso de 100 semillas al atrasar la fecha de siembra, a excepción de DM 4800, que se mantiene.

Cabe destacar que no todos lo cultivares modificaron en igual magnitud el peso de 100 semillas, con el atraso en la fecha de implantación. De esta forma podemos agrupar a los genotipos en tres conjuntos; los cultivares N4303, N4404 y A4500 tuvieron una disminución intermedia; por otro lado se encuentra, N3901 y A4403 que presentaron la mayor disminución, y en contraposición a estos cultivares, se encuentra DM4800 que no presento variación.

Los cultivares de ciclos más prolongados (A4500 y DM4800) fueron aquellos de mayor peso de 100 semillas, en ambas fechas de siembra, mientras que los de mayor largo de ciclo son los que presentaron menores pesos y mayores disminuciones en el peso con el atraso de la fecha de siembra.

Para explicar estas diferencias, hay que tener en cuenta la disponibilidad de luz, nutrientes, y particularmente de agua durante el llenado de granos. La mayoría de los cultivares (A4500, DM4800, A4403, N4404 y N3901) presentaron pocas diferencias en cuanto al peso de 100 semillas en la primera fecha de siembra. Mientras que para la segunda fecha de siembra se observan mayores diferencias entre genotipos (la distribución del peso de 100 semillas entre cultivares es más homogéneo para la 2ªFS que para la 1ªFS). Este efecto se debería a que las condiciones climáticas a la hora del llenado de grano habrían sido limitantes, o tal vez no las óptimas. Entonces aquellos cultivares de mayor largo de ciclo, habrían sido los de mayor capacidad para compensar deficiencias o algún tipo de estrés.

En las figuras 1 y 2 se puede apreciar como, DM 4800 en ambas fechas de siembra recibió mayores precipitaciones al final de su ciclo reproductivo, especialmente en la segunda fecha de siembra (llenado de granos), lo que le habría permitido obtener un alto peso de 100 semillas y mantenerlo con el atraso de la fecha de implantación. En cuanto a los genotipos que tuvieron la mayor disminución del peso de 100 semillas, tal es el caso de N3901, se puede ver que en ambas fechas de siembra este cultivar tuvo periodos de deficiencia de agua hacia el final de su ciclo, principalmente en la segunda fecha de siembra, en donde el mismo fue más severo y prolongado. Esto habría generado esa importante disminución en el peso de 100 semillas. El caso de N4303 es similar a N3901 ambos similares en su longitud de ciclo, corto comparado con el resto de los genotipos, que no desarrolla altos pesos de semillas y que su caída del mismo no es tan severa con el atraso de la fecha de siembra, como N3901 porque su ciclo le habría permitido recibir más precipitaciones. El caso de N4500 es similar a este último pero con el efecto inverso, ya que su longitud de ciclo le permitiría generar altos pesos de semillas, y al mismo tiempo compensaría periodos de estrés, sin variar en gran medida este componente del rendimiento, con la modificación de la fecha de siembra.

Para explicar la disminución en el peso de 100 semillas observada en todos los cultivares (a excepción de DM4800) con el atraso en la fecha de siembra. Hay que tener en cuenta que el peso de los granos está determinado por la tasa y la duración del periodo de llenado. Las cuales dependen de la temperatura y el fotoperíodo respectivamente (Board *et al.*, 1999). En la segunda fecha de siembra la tasa habría disminuido, por menores temperaturas. Y, por efecto del fotoperíodo, la soja habría acortado la duración del llenado de granos. De este modo cultivares con ciclo más largo tendrían mayor peso de grano.

En la figura 5 se muestra el efecto de la fecha de siembra sobre el número de vainas por plantas para los seis genotipos estudiados. En el modelo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre cultivares. No obstante, sí las hubo en el número de vainas por planta

entre fechas de siembra ($p \leq 0.0093$). En el anexo se muestra el Test de Duncan para las variables estudiadas.

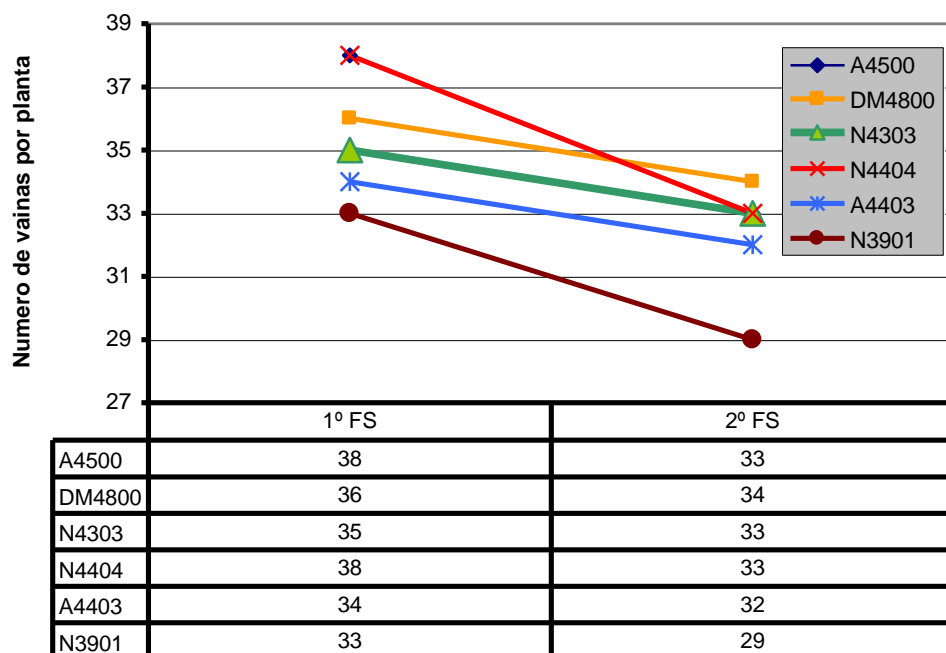


Figura 5: Efecto de la fecha de siembra sobre el número de vainas por planta.

Todos los cultivares tuvieron una disminución en el número de vainas por planta con el atraso de la fecha de siembra. Si bien esa caída no es igual en todos los genotipos es importante destacar, la disminución observada en N3901, A4500 y N4404. Por otro lado, se encuentran DM 4800, N4303 y A4403, que mostraron menores y similares reducciones entre si en esta variable.

Es importante tener en cuenta no sólo las variaciones en el número de vainas por planta según fecha de siembra, sino también, el comportamiento individual de cada cultivar en una misma fecha. Y aquí se destacan en la primera FS A4500 y N4404 por un lado y N3901 por otro, como las de mayor y menor cantidad, respectivamente.

Mientras que en la segunda fecha de implantación el dato más relevante es la menor cantidad de vainas por planta de N3901 con respecto al resto del lote de genotipos; los demás presentaron las mismas cantidades aproximadamente, con DM4800 como el CV que se destaca con el mayor número de vainas por planta.

A la hora de realizar el análisis de este componente, no hay que dejar de contemplar el marcado efecto que tiene sobre el rendimiento. Se sabe que este último, depende del peso de las semillas y del número de granos por unidad de área. Pero hay que tener en cuenta que los granos por unidad de área dependen casi en exclusividad del número de vainas por planta. Según Ramesur *et al.*, (1984), la densidades medias de siembra (como la usada en el ensayo) tendrían un efecto neutro sobre el número de granos por unidad de área y sobre el rendimiento, ya que sería compensada con variaciones en el número de nudos en las ramificaciones y por la fertilidad de cada nudo. Otro subcomponente del rendimiento que modifica el número de granos por metro cuadrado es la cantidad de semilla por fruto. Pero hay que destacar que el mismo es un carácter, que tiene una alta dependencia genética, y no así del ambiente (Baigorri y Giorda, 1997).

Por las razones anteriormente mencionadas para explicar las diferencias de rendimiento entre fechas de siembra, hay que realizar el análisis principalmente sobre el número de frutos por planta.

Raper *et al.* (1987) sostienen que el número de nudos que se diferencian sobre el tallo depende de las condiciones fotoperiódicas previas a floración. Y que bajo condiciones de días largos, se diferencian más nudos por haber una mayor actividad vegetativa del meristema apical. Ya que los nudos representan los sitios potenciales para el establecimiento de las vainas (Ramesur *et al.* 1984), una mayor cantidad de nudos se traduce en una mayor cantidad de vainas por planta.

Martínez Alvarez (2000) destaca que, con el atraso de la fecha de siembra hay una variación decreciente y lineal en el número de semillas por metro cuadrado, y que a su vez, esa disminución esta ligada a un menor numero de vainas por planta.

Es importante destacar las precipitaciones ocurridas y el efecto que estas tienen sobre este componente. Del análisis de las figura 1 surge, que entre la segunda década de febrero y la tercera de marzo hubo un periodo de deficiencias hídricas, cabe destacar que este periodo coincide aproximadamente con los periodos críticos de la mayoría de los cultivares, el mismo habría impactado en mayor medida sobre aquellos de menor largo de ciclo, ya que N4500 y DM4800 recibieron posteriormente mayores precipitaciones que le habrían permitido una mayor compensación en los componentes del rendimiento con respecto al resto.

En el caso de la figura 2, el efecto de las precipitaciones esta más claro aún que en la figura 1, DM4800 y N4500 por tener una mayor longitud de ciclo, recibieron precipitaciones notablemente superiores al resto. Al igual que en la primer fecha de siembra esto les habría permitido compensar en mayor medida las etapas anteriores de déficit de agua, para obtener los mayores rendimientos.

Del análisis de la figura 3 surge que la mejor combinación para ese año, en la zona rural de Chaján, fue A4500 y DM4800 en la primera fecha de siembra. Y que los cultivares con menores rendimientos fueron N3901 y N4403 en la segunda fecha de siembra.

Observando las últimas tres figuras, se podría concluir que, el cultivar DM 4800 sería aquel que logra una escasa variación en sus componentes y altos rendimientos ya que este es el que presenta menor variabilidad en ambos aspectos, para las dos fechas de siembra.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos validan la hipótesis planteada. En la región sur-oeste de la provincia de Córdoba (Chaján), dentro de los GM estudiados (III largo, IV corto y IV largo), los mayores rendimientos, en ambas fechas de siembra (media y tardía), fueron los de mayor ciclo (A4500 y DM4800).

Todos los cultivares disminuyeron el rendimiento cuando se atrasó la fecha de siembra. Esta respuesta se debió a los cambios en los componentes del rendimiento, número de vainas por planta y peso de 100 semillas. Las fechas de siembra tempranas tuvieron mayor número de vainas por planta, aunque los genotipos de grupo largo tuvieron una tendencia no significativa, en este componente. El peso de 100 aumentó en los GM más largos y disminuyó con el atraso de la fecha de siembra excepto el cv DM4800.

Se recomienda seguir realizando ensayos comparativos de rendimiento, con distintos tecnologías como fechas de siembra, densidades, GM, entre otros, en la zona rural de Chaján debido a la falta de información existente.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ANDRIANI, J.; M. L. BODREDRO. 1995. Respuesta de cultivares de soja a la disponibilidad hídrica. Cap II. Pag. 81-87: Primer Congreso Nacional de Oleaginosos. AIANBA, Ed. Pergamino. Bs. As. Argentina. 168 pp.
- ANDRADE F. H. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed. Metálica Panamericana S.A.
- BAIGORRI, H., L. GIORDA. 1997. El cultivo de la soja en Argentina. I.N.T.A.
- BOARD, J.E; M.S. KANG y B.G. HARVILLE. 1999. Path analysis of the formation process for late palnted soybean.
- CARLSON, J.B. 1973. Morphology. In: Cadwell, B.E. (Ed). Soybeans: improvement, production and uses, 1st Edition, Agronomy Monograph16. pp: 17-95 ASA CSSA SSA, Madison, WI.
- CREGAN, P. B. y E. E HARTWIG. 1984. Characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. **Crop Sci.** 24: 659-662.
- EGLI, D. B. 1998. Seed biology and yield of grain crops. CAB International, U.K. 178 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. 1977. sateges of soybean development. Iowa St. University. Special Report 80.11 p.
- GRIMM, S. S.; J. W. JONES; K. J. BOOTE and D. C. HERZOG. 1994. Modeling the occurance of reproductive satges after floweing for four soybeans cultivars. **Agron. J.** 86: 31-38.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA 2003. Agencia Córdoba D.A.C. y T.S.E.M. (Dirección de ambiente). Recursos Naturales. Los Suelos.
- KANTOLIC, A. G.; P. I. GIMENEZ; C. GUTIÉRREZ HACHARD y J. SARECHAGA. 1995. Tolerancia a la sequía durante el periodo reproductivo: comparación del comportamiento de

dos isóneas de soja con diferente tipo de crecimiento. Actas II. Reunión Nacional de oleaginosos. Congreso Nacional de soja. Pergamino. 24 al 27 de octubre de 1995.

KANTOLIC, A. G. y G. A. SLAFER. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Res.** 72: 109-118.

MARTIGNONE, R. A.; GUIAMET, J. J. and NAKAYAMA, F. 1987. Nitrogen partitioning and leaf senescence as related to nitrogen supply. **Field Crops Res:**17-24.

MARTIGNONE, R. A. y NAKAYAMA, F. 1977. Modalidad del crecimiento vegetativo y evolución del número de órganos reproductivos de en dos cultivares de soja. Vol I. Pag. 159-168 en: Actas V Reunión Técnica Nacional de Soja. Miramar. Argentina.

MARTINEZ ALVAREZ, D.; H. BAIGORRI; L. GIORDA; S. BOLOGNA; S. ESCUDERO; R. LUCERO; M. BONGIOVANNI; J. CARRERAS; y V. AMITRANO. Desarrollo y crecimiento de cultivares de GM III al IV en Villa Mercedes con fechas de siembra de Noviembre a Enero en la campaña 1998/99. Manejo del cultivo de la soja en la Argentina. Actualizaciones. Editado por: Ing. Agr. Hector E. J. Baigorri . Agosto 2002. I.N.T.A. Centro regional Cba. E.E.A. Marcos Juárez. PAG 64-69.

MARTINEZ ALVAREZ, D.; H. BAIGORRI; S. BOLOGNA; M. BONGIOVANNI y R. LUCERO. Desarrollo de cultivares de GM III al IV en fecha de siembra de octubre a diciembre, en Villa Mercedes, San Luis. Campaña 1999/00. En: Baigorri, H. E. J. **Manejo del cultivo de la soja en la Argentina.** Actualizaciones. Agosto 2002. I.N.T.A. Centro regional Cba. E.E.A. Marcos Juárez. p 73-76.

MARTINEZ ALVAREZ, D.; H. BAIGORRI; S. BOLOGNA; M. BONGIOVANNI; V. AMITRANO y S. ESCUDERO. Crecimiento de cultivares de GM III al IV en fecha de siembra de octubre a diciembre, en Villa Mercedes, San Luis. Campaña 1999/00. En: Baigorri, H. E. J. **Manejo del cultivo de la soja en la Argentina.** Actualizaciones. Agosto 2002. I.N.T.A. Centro regional Cba. E.E.A. Marcos Juárez. PAG 76-80.

MARTINEZ ALVAREZ, D.; H. BAIGORRI; S. BOLOGNA y M. BONGIOVANNI. Crecimiento de doce cultivares de GM II al VII en fecha de siembra de octubre a diciembre, en Villa

Mercedes, San Luis. Campaña 2000/01. En: Baigorri, H. E. J. **Manejo del cultivo de la soja en la Argentina**. Actualizaciones. Agosto 2002. I.N.T.A. Centro regional Cba. E.E.A. Marcos Juárez. PAG 80-85.

MORANDI, E. N.; M. L. BODRERO; R. A. MARTIGNONE y A. QUIJANO. 1994. Sowing date and irrigation effects on soybean dry matter partitioning and yield in the southern Santa Fe areas of Argentina. P: 128 in: Proceedings of the World Soybean Conference V. Chiang Mai. Thailand.

RAMESUR, E. L.; S. U. WALLACE y V. L. QUINSBERRY. 1984. Distribution pattern of yield components in Braxton soybeans. **Agron. J.** 76:493-497.

RAPER, C. D. (Jr.) y P. J. KRAMER. 1987. Stress physiology. P: 589-641 En: Wilcox, J. R. Soybeans: improvement, production and uses. Am. Soc. of Agron. Madison. Wisconsin. EE.UU.

RAPER, C.D. y J. F. THOMAS. 1978. photoperiodic alteration of dry matter partitioning and seed yield in soybeans. **Crop. Sci.** 18: 654-656.

RITCHIE, S. W.; J. J. HANWAY; H.E. THOMPSON y G. O. BENSON. 1985 How a soybean plant develops. Iowa State University and Technology. Cooperative Extension Service. Ames. Iowa. Special Report 53.20 p.

SINCLAIR, T.R.; S. KITANI; K. HINSON; J. BRUNIARD y T. HORIE. 1991. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. **Crop Sci.** 31: 786-798.

SUMMERFIELD, R. J; H. ASUMADU; R. H. ELLIS. y QI.1998. Characterization of the photoperiodic response of post flowering development in maturity isolines of soybean. ((Glycine Max (L.) Merrill) "Clark"). **Ann. Bot.** 82: 765-771.

THOMAS, J. F. y C.D. RAPER (Jr.). 1983. Photoperiod and temperature regulation of floral initiation and anthesis in soybean.

ANEXO

Figura 1: Análisis de la varianza de los genotipos y fechas de siembra estudiadas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RTO	24	0,85	0,71	4,87

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	898533,33	11	81684,85	6,22	0,0019
CVAR	418133,33	5	83626,67	6,37	0,0041
SIEMBRA	365066,67	1	365066,67	27,81	0,0002
CVAR*SIEMBRA	115333,33	5	23066,67	1,76	0,1963
Error	157506,00	12	13125,50		
Total	1056039,33	23			

Figura 2: Test de Duncan realizados a los rendimientos medios de los genotipos estudiados.

Error: 13125,5000 gl: 12

CVAR	Medias	n			
4500,00	2545,00	4	A		
4800,00	2510,00	4	A	B	
4404,00	2335,00	4		B	C
4303,00	2300,00	4			C
4403,00	2245,00	4			C
3901,00	2185,00	4			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura 3: Test de Duncan realizados a las fechas de siembra estudiadas.

Error: 16049,3725 gl: 17

SIEMBRA	Medias	n		
1ERA	2476,67	12	A	
2DA	2230,00	12		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura 4: Análisis de la varianza del peso de 100 semillas para los genotipos estudiados.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO/SEM	24	0,88	0,77	2,99

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,86	11	1,90	7,92	0,0006
CVAR	11,55	5	2,31	9,64	0,0007
SIEMBRA	7,59	1	7,59	31,70	0,0001
CVAR*SIEMBRA	1,72	5	0,34	1,43	0,2809
Error	2,88	12	0,24		
Total	23,74	23			

Figura 5: Test de Duncan realizados al peso de 100 semillas de los genotipos estudiados.

Error: 0,2396 gl: 12

CVAR	Medias	n			
4500,00	17,63	4	A		
4800,00	16,63	4		B	
4404,00	16,63	4		B	
4403,00	15,88	4		B	C
3901,00	15,75	4			C
4303,00	15,63	4			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura 6: Test de Duncan realizados a las fechas de siembra para el peso de las semillas

Error: 0,2396 gl: 12

SIEMBRA	Medias	n	
1ERA	16,92	12	A
2DA	15,79	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura 7: Análisis de la varianza del numero de vainas por planta de los genotipos estudiados.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VAIN/PL	24	0,52	0,08	10,43

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	160	11	15,03	1,17	0,3933
CVAR	79,33	5	15,87	1,24	0,3513
SIEMBRA	80,67	1	80,67	6,29	0,0093
CVAR*SIEMBRA	5,33	5	1,07	0,08	0,9936
Error	15,33	12			
Total	319,33	23			

Figura 8: Test de Duncan realizados al numero de vainas por planta de los genotipos estudiados.

Error: 12,8333 gl: 12

CVAR	SIEMBRA	Medias	n		
4500,00	1ERA	39,00	2	A	
4800,00	1ERA	38,00	2	A	
4404,00	1ERA	37,00	2	A	B
4403,00	1ERA	35,00	2	A	B
4303,00	1ERA	35,00	2	A	B
4500,00	2DA	34,00	2	A	B
4800,00	2DA	34,00	2	A	B
4303,00	2DA	33,00	2	A	B
3901,00	1ERA	33,00	2	A	B
4404,00	2DA	33,00	2	A	B
4403,00	2DA	32,00	2	A	B
3901,00	2DA	29,00	2		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Figura 9: Test de Duncan realizado a las fechas de siembra para el numero de vainas por planta.

Error: 12,8333 gl: 12

<u>SIEMBRA</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
1ERA	36,17	12	A
2DA	32,50	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)