

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo”

**Comportamiento de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) GM VI
en dos fechas de siembra**

Alumno: Martín Raúl Meneghello
D.N.I. N° 26.773.128

Director: Oscar Giayetto

Río Cuarto – Córdoba
Agosto de 2006

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Comportamiento de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) GM VI en dos fechas de siembra

Autor: Martín Raúl Meneghello
D.N.I. N° 26.773.128

Director: Ing. Agr. M.Sc. Oscar Giayetto

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del
Jurado Evaluador:

Ing. Agr. Elena M. Fernandez _____

Ing. Agr. Nidia Montani _____

Ing. Agr. José Omar Plevich _____

Fecha de Presentación: ____/____/____

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE DE TEXTOS

Resumen	6
Summary	7
Introducción	8
Hipótesis	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Materiales y Métodos	17
Resultados y Discusión	18
Conclusiones	23
Bibliografía Citada	24

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de la variedad A6001 sembrada en dos fechas de siembra (octubre y noviembre) en la zona rural de Coronel Baigorria..... 21
- Cuadro 2.** Componentes del rendimiento y producción de semillas de la variedad A6001 sembrada en dos fechas de siembra (27 de octubre, FS1 y 20 de noviembre, FS2) en la zona rural de Coronel Baigorria..... 22

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Valores decádicos de precipitaciones, temperatura media del aire y radiación durante el ciclo agrícola 2002-03. Las barras horizontales indican el momento de ocurrencia y la duración de las etapas reproductivas de la variedad A6001 sembrada el 27 de octubre (FS1) y el 20 de noviembre (FS2) en la zona rural de Coronel Baigorria..... 18
- Figura 2.** Duración comparada de las principales etapas fenológicas de la variedad A6001 sembrada el 27 de octubre (FS1) y el 20 de noviembre (FS2) en la zona rural de Coronel Baigorria..... 19
- Figura 3.** Producción y acumulación de biomasa aérea total y por órganos de la variedad A6001 (GM VI) sembrada el 27 de octubre de 2002 en la zona rural de Coronel Baigorria..... 20
- Figura 4.** Producción y acumulación de biomasa aérea total y por órganos de la variedad A6001 (GM VI) sembrada el 20 de noviembre de 2002 en la zona rural de Coronel Baigorria..... 20
- Figura 5.** Biomasa aérea total de la variedad A6001 (GM VI) sembrada en dos fechas (27 de octubre, FS1 y 20 de noviembre, FS2 de 2002) en la zona rural de Coronel Baigorria. Las flechas indican el momento de ocurrencia de la etapa R5..... 21

RESUMEN

La fecha de siembra del cultivo de soja es clave para la expresión potencial de la interacción genotipo-ambiente. El objetivo del trabajo fue evaluar los cambios fenológicos, cuantificar los componentes del rendimiento y el rendimiento del cultivo de soja, grupo de madurez VI, sembrado en dos fechas: 27 de octubre y 20 de noviembre. El experimento se realizó en la zona rural de Coronel Baigorria, ubicada 40 Km al norte de la ciudad de Río Cuarto. En las etapas R1, R5 y R7 del cultivo se registraron el peso seco de tallos, hojas y frutos por planta y en la cosecha (etapa R8) el número de plantas por superficie, de frutos y semillas por planta, el peso de 1000 semillas y el rendimiento. El atraso de la siembra entre el 27 de octubre el 20 de noviembre, no produjo una reducción significativa de la longitud del ciclo, debido a que la influencia fotoperiódica fue similar para ambas fechas de siembra. La producción de biomasa aérea total a cosecha disminuyó en la fecha de siembra de noviembre, principalmente el peso de tallos y hojas. La mayor biomasa de la fecha de siembra de octubre se correspondió con un mayor grado de cobertura y, por ende, de captura de radiación incidente. El número de plantas por superficie y de semillas por fruto fue similar en ambas fechas de siembra; mientras que el número de frutos por planta fue superior en la fecha de siembra de octubre. En consecuencia, la cantidad de semilla por superficie también resultó mayor en esa fecha de siembra. El peso individual de los granos fue mayor en la segunda fecha de siembra; sin embargo, el rendimiento (kg/ha) de la siembra del 27 de octubre superó significativamente a la de noviembre.

SUMMARY

Sowing date (SD) in soybean crop is a key point for the potential expression of the genotype-environment relationship. The objective was to assess the phenologic changes, to quantify the yield components and yield, of soybean cultivar MG IV, sowed in two different dates (October 27th and November 20th). The experiment was carried out in the rural area of Coronel Baigorria, located 40 km at north of Río Cuarto city. In the R1, R5 and R7 stages the weight of stems, leaves and fruits per plant were recorded, and in the harvest, the number of plants, fruits and seeds per plant, the 1000 seed weight and the yield were recorded. Delay in sowing date from October 27th to November 20th did not produce a significant reduction in the cycle length, since the photoperiodic influence was similar for both sowing dates. The total aerial biomass production to harvest decreased in November SD, mainly the stem and leaves weight. The greatest biomass of the early SD corresponded with a greater soil coverage grade and, consequently, with a greater grade of incident radiation interception. The number of plants per area and the number of seeds per fruit was similar on both sowing dates, while the number of fruits per plant was higher in October SD. Consequently, the seed number per area was also greater in the October sowing. The individual seed weight was greater in the November sowing. However, the yield (kg/ha) of October 27th SD exceeded significantly the yield of November 20th.

INTRODUCCIÓN

La soja, cuyo nombre científico es *Glycine max* (L.) Merr., es una especie nativa del este asiático. Su producción estuvo prácticamente localizada en el norte y centro de China hasta 1894-1895 (Probst y Judd, 1973). De allí se expandió a Corea y Japón en distintas épocas, también a Indonesia, Polinesia y África del Norte.

En Europa las primeras siembras fueron realizadas en París en el año 1740; luego, en 1875, se trató de difundir la producción de este cultivo pero no se logró, probablemente debido a problemas de manejo y condiciones climáticas poco favorables (Piper y Morse, 1923).

En América del Norte, fue introducida en Georgia e Illinois (EE.UU.) en 1765 y 1851, respectivamente; sin embargo, la gran expansión del cultivo en ese país se inició en la década del '40, liderando la producción mundial de soja a partir de 1954.

En Brasil fue introducida en 1882, su difusión comenzó a principios del siglo XX y la producción comercial se concretó en la década del '40 (Fundação Cargill, 1983); constituyéndose en la actualidad en el segundo productor mundial de este cultivo (Bolsa de Cereales, 1994/95 y 1995/96; Federación Agraria Argentina, 1996).

En Argentina, se realizaron distintos intentos para arraigar este cultivo, tanto desde la actividad oficial como privada. Las primeras siembras se realizaron en 1862 pero no hubo aceptación en el campo argentino de aquella época (Piquin, 1968; Zeni, 1971). A partir de 1909, se comenzaron a realizar ensayos en distintas Instituciones. En 1934 se probó un grupo de variedades, pero recién en 1965 se intensificaron los trabajos de investigación en el tema (Pascale, 1989).

En síntesis, hacia 1956 en la Argentina no se conocían aún los aspectos básicos de la soja como cultivo; sin embargo, la perseverancia y el esfuerzo de investigación y promoción del cultivo realizados por unos pocos, permitieron su incorporación definitiva a partir de la década del '60. Se incrementó en los años '70, hasta alcanzar en la campaña 2003-04 14.287.239 de hectáreas cosechadas, con una producción de 31.554.252 toneladas, convirtiendo a la Argentina en el tercer productor mundial de grano de soja (SAGPyA, 2005).

A partir de 1977, se destaca la etapa de desarrollo creciente y sostenido, favorecido no sólo por el aumento de la superficie cultivada -avance sobre tierras aptas y marginales-, sino por la incorporación paulatina de las tecnologías adecuadas. Cultivares de distintos Grupos de Madurez adaptados a distintas regiones ecológicas y latitudes y un mayor conocimiento de la fisiología del cultivo, el manejo cultural, la fecha y densidad de siembra, el manejo de malezas, plagas y enfermedades, la tecnología de cosecha, entre otros aspectos, son fruto de la constante investigación y transferencia de resultados por parte del sector estatal y privado.

Esto se reflejó en los rendimientos unitarios promedio, que pasaron de aproximadamente 1.000 kg/ha a 2.208 kg/ha en la campaña 2003-04 (SAGPyA, 2005). Los rendimientos más altos corresponden a las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires; que poseen condiciones favorables de clima y suelo para el cultivo; siendo una consecuencia lógica, entonces, que la mayor densidad de siembra y producción se encuentren también en esas provincias (Pascale y Damario, 1996).

Por otro lado, se están realizando importantes avances en el mejoramiento de cultivares adaptados a regiones marginales, con resistencia y/o tolerancia a las principales enfermedades y sequía; como así también en el manejo del cultivo, sistemas de labranzas, incorporación de riego, etc.; todo lo cual contribuirá a la expansión de la soja a ambientes menos favorables, siempre asociada con los precios internacionales ventajosos (Rodríguez, 1997).

Asimismo, acompañando este escenario, la industria aceitera está realizando inversiones, aumentando la capacidad de molienda, mejorando las instalaciones portuarias y ampliando las instalaciones de almacenamiento (SAGPyA, 1997).

Este crecimiento particular, se debe a la plasticidad del cultivo, a la calidad industrial del grano y a los importantes avances que siguen acompañando su expansión, entre los que podemos mencionar:

1. El mejoramiento genético.
2. Las ventajas de la siembra directa.
3. La evolución del parque de maquinarias.
4. El avance en el conocimiento de la ecofisiología del cultivo, que ha contribuido a aumentar el potencial productivo de los cultivares, y a un mejor ajuste entre la elección y el manejo de los genotipos (Baigorri y Croatto, 2000).

Es esperable, en consecuencia, que el cultivo de la soja continúe siendo uno de los pilares del desarrollo agropecuario del país.

Ecofisiología del cultivo

La soja presenta características fisiológicas que la diferencian del resto de los cultivos entre las que se destacan su alta respuesta al fotoperíodo y la gran plasticidad reproductiva. El conocimiento de estas características, al igual que su crecimiento y desarrollo es sumamente importante para la adecuada elección del cultivar y la planificación de las prácticas de manejo que permitan incrementar la expresión del potencial de rendimiento del mismo.

Desarrollo: El desarrollo del cultivo de soja incluye cambios cualitativos que ocurren en la planta a lo largo de su ciclo biológico, destacándose cuatro etapas principales:

embrional, juvenil, de madurez y senil (Caffaro *et al.*, 1988; Nooden y Guiament, 1989). Existen varias clasificaciones de la ontogenia del cultivo siendo más difundida la propuesta por Fehr y Caviness (1977) que emplea dos escalas: una para los estadios vegetativos y otra para los estadios reproductivos. Cada etapa se designa con una clave alfa numérica que combina la letra **V** para los estadios vegetativos con números que hacen referencia a los nudos sobre el tallo principal (Ritchie *et al.*, 1985), a excepción de la etapa de emergencia (VE) y la cotiledonar (VC).

Entre VC y V5, el tiempo de ocurrencia de un nuevo estado vegetativo es de aproximadamente 5 días y se reduce a 3 días entre V5 y R5 (Baigorri *et al.*, 2000). En este último es donde la planta alcanza el mayor número de nudos.

La letra **R** simboliza los estados reproductivos y los números definen el inicio y plenitud de las etapas: floración, R1 y R2; formación de vainas R3 y R4; llenado de granos, R5 y R6; y madurez, R7 y R8.

Al promediar el estado R5.5, ocurren varios eventos; entre ellos, se alcanzan los valores máximos de altura, número de nudos e índice de área foliar y las semillas inician un período de rápida acumulación de materia seca y de nutrientes. Poco después de R5.5, la acumulación de materia seca y de nutrientes de las hojas, pecíolos y tallos se hace máxima, comenzando la redistribución hacia las semillas. El período de rápida acumulación de materia seca de la semilla continua hasta poco después de R6.5 y la tasa de acumulación de peso seco y nutrientes empieza a declinar poco después de R6 en la planta entera y poco después de R6.5 en la semilla. El peso seco y la acumulación de nutrientes se hacen máximos en la planta entera poco después de R6.5 y en la semilla en R7.

El fotoperíodo y la temperatura son los factores que ejercen mayor influencia como reguladores del desarrollo del cultivo de soja.

Fotoperíodo: las hojas son los órganos que reciben el estímulo fotoperiódico. La soja es una especie de día corto con respuesta cuantitativa (Cregan y Hartwing, 1984); lo que significa que cada cultivar tiene un fotoperíodo crítico por debajo del cual el período emergencia-floración no incrementa su duración. Con fotoperíodos más largos que el crítico, la tasa de desarrollo de los órganos reproductivos se torna más lenta y la floración se retrasa (Thomas y Raper, 1983b). El control fotoperiódico en soja ocurre hasta prácticamente la madurez del cultivo.

Temperatura: Bajo fotoperíodos inductivos los procesos se hacen más lentos con temperaturas sub-óptimas y supra-óptimas. Las temperaturas bajo las cuales el proceso es más rápido oscilan entre 26 y 34 °C diurnos y entre 22 y 30 °C nocturnos. Con días largos, la tasa de desarrollo de los órganos reproductivos se vuelve más lenta y las bajas temperaturas disminuyen el número de primordios reproductivos así como su tasa de desarrollo, estimulándose el crecimiento vegetativo (Thomas y Raper, 1983a).

Otro factor ambiental importante es la disponibilidad hídrica, cuya escasez reduce el número de estructuras reproductivas y modifica la tasa de desarrollo hasta antes de la antesis. La deficiencia de nutrientes u otras condiciones de estrés, en general, alargan la duración de las etapas vegetativas y acortan la duración de las reproductivas (Ritchie *et al.*, 1985).

Crecimiento: El crecimiento vegetativo comienza cuando las plántulas alcanzan la etapa autotrófica, a partir de la primera hoja trifoliada, y continúa hasta que finaliza la formación de tallos, hojas y raíces; aproximadamente hasta que se inicia el periodo de llenado de granos, dependiendo del hábito de crecimiento del cultivar (Egli *et al.*, 1985). Durante esta etapa se desarrolla el sistema radical y el aparato fotosintético que contribuirán a la formación y crecimiento de los frutos.

Existen tres hábitos de crecimiento del tallo principal y de inicio de floración: determinado, indeterminado y semideterminado (Bernard, 1972).

En el primero de ellos, el tallo principal detiene la formación de nudos y, en consecuencia, su crecimiento en altura poco después de iniciada la floración. Los cultivares de crecimiento indeterminado, luego de comenzar la floración, continúan la producción de nudos sobre el tallo principal y, en consecuencia, su altura puede ser mayor que la de los cultivares determinados del mismo ciclo y fecha de floración. Los cultivares de crecimiento semideterminado forman después de la floración un número de nudos intermedio al de los otros dos hábitos de crecimiento.

Acumulación de materia seca

La acumulación de materia seca en el cultivo de soja responde a una función de tipo sigmoidea. Al principio del ciclo es lenta y se hace máxima generalmente al comienzo de la floración, durante el establecimiento de los frutos y en la primera parte del llenado de los granos. Este período de máxima tasa de crecimiento dura entre 20 y más de 40 días, según cultivares y fecha de siembra; decrece durante la etapa final del llenado de granos y se detiene poco después de R6.5 (Ritchie *et al.*, 1985). Se han determinado tasas de crecimiento del cultivo promedio diarias entre 83 y 186 kg de materia seca/ha/día (Baigorri y Giorda, 1997a).

Condiciones favorables de temperatura, radiación, disponibilidad de agua y nutrientes y un buen estado estructural del suelo, contribuyen a una mayor tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Este es el índice más significativo para caracterizar el crecimiento del canopeo e indica la acumulación de materia seca por unidad de superficie y tiempo. La TCC está estrechamente relacionada con la intercepción de radiación solar la que depende, a su vez, del índice de área foliar (IAF) (Shibles y Weber, 1965). La TCC aumenta a medida que aumenta el IAF hasta que éste alcanza un valor correspondiente al 95% de interceptación de la radiación solar incidente. Al valor mínimo de IAF con el cual el canopeo alcanza su

máxima TCC se denomina IAF crítico, que en soja oscila entre 3,1 y 4,5; dependiendo de la arquitectura de la planta, la densidad de siembra y el espaciamiento.

Rendimiento

Los fotoasimilados producidos por los tejidos fotosintéticos son transportados a otras partes del tejido vegetal donde se los utiliza en distintos procesos como crecimiento, desarrollo, almacenaje, entre otros. Cuando comienza la floración y fructificación, los fotoasimilados comienzan a dirigirse hacia las estructuras reproductivas. A la distribución de asimilados entre las distintas partes de las plantas se la denomina partición. Ésta afecta directamente al rendimiento, determinando la proporción de asimilados que se acumulan en los órganos cosechables -las semillas- y no cosechables como las raíces, tallos y hojas. La relación entre el rendimiento de la parte cosechable y la producción de biomasa total del cultivo se la denomina índice de cosecha.

$$IC = RE / RB$$

donde:

IC = índice de cosecha

RE = rendimiento en granos (g/m²).

RB = producción de biomasa total (g/m²).

El índice de cosecha es un indicador de la cantidad de materia seca producida que es particionada hacia los órganos cosechables. El mismo es afectado por factores ambientales que interactúan con el genotipo (Morandi *et al.*, 1994).

El aumento de rendimiento en los cultivares modernos, se produjo por el incremento en la producción de biomasa total sin cambios en el índice de cosecha (Hume *et al.*, 1989).

El rendimiento en grano puede separarse en componentes, cuyo producto determinará el peso final de la semilla a madurez y que se puede expresar de la siguiente forma:

$$R = Nr * Ng * Pg$$

donde:

R = rendimiento en grano (g/m²).

Nr = número de estructuras reproductivas por unidad de superficie (número de frutos/m²)

Ng= número de semillas por unidad reproductiva (número de semillas/fruto).

Pg = peso promedio de las semillas (g/semillas)

Los componentes del rendimiento pueden ser modificados por el genotipo, el ambiente y las prácticas de manejo, afectando el rendimiento final. La soja tiene la capacidad de compensar reducciones de un componente del rendimiento debidas a factores de estrés, aumentando el componente subsiguiente en el orden de definición, una vez desaparecido el estrés.

El componente más asociado con variaciones del rendimiento es el número de semillas por unidad de superficie (Quijano *et al.*, 1996; Ritchie *et al.*, 1985). Dicho componente es función de la tasa de crecimiento del cultivo entre R2 y R5; a medida que la TCC disminuye, el número de destinos reproductivos fijados es menor. Dicha disminución sólo puede ser compensada, parcialmente, por el aumento del peso unitario de las semillas.

Se han encontrado relaciones directas entre la longitud del período de llenado y el rendimiento (Hanway y Weber, 1971; Nelson, 1986). Además, se ha reportado que el mayor rendimiento de los nuevos cultivares se debe a un incremento en la duración del período de llenado de granos (Gay *et al.*, 1980; Mc Blain y Hume, 1980).

El fotoperíodo no sólo afecta la duración del período VE-R1, sino que también modifica la duración de los demás períodos reproductivos. Los fotoperíodos cortos reducen la duración de la etapa de llenado de los granos, pero incrementan la tasa de crecimiento de las semillas.

Condiciones de estrés como temperatura alta o deficiencia de humedad, reducen el rendimiento debido a una disminución en uno o más de sus componentes.

A medida que la planta de soja progresa de R1 a R5.5, su capacidad para compensar la ocurrencia de un estrés se reduce y el potencial de pérdida de rendimiento por efecto del mismo se incrementa (Ritchie *et al.*, 1985).

Manejo del cultivo

El correcto manejo del cultivo permite la expresión del potencial productivo del cultivar utilizado en un ambiente determinado. La selección de las prácticas de manejo que permitan alcanzar este objetivo implica contar previamente con un adecuado conocimiento tanto del ambiente como de los atributos de los cultivares disponibles. Las tres principales prácticas de manejo del cultivo que poseen una estrecha relación con la elección de los cultivares son:

- La fecha de siembra.
- El espaciamiento entre surcos.
- La densidad de siembra.

Fecha de siembra: La fecha de siembra del cultivo depende de las características climáticas (condiciones térmicas e hídricas) de cada lugar y de la secuencia de cultivos (Baigorri y Giorda, 1997b).

Respecto al régimen térmico, es muy importante el período libre de heladas como determinante de la extensión del período de siembra. Ambos, período libre de heladas y extensión del período de siembra, guardan una relación inversa con la latitud y la altura sobre el nivel del mar.

El régimen hídrico determina la fecha a partir de la cual hay probabilidades de contar con humedad para la siembra y los momentos más favorables para el llenado de granos, etapa crítica para el cultivo de soja.

La rotación de cultivos no sólo afecta la siembra de soja por la fecha de cosecha de los cultivos antecesores, sino que también es afectada por la prioridad de siembra de otros cultivos como por ejemplo el maní en la provincia de Córdoba.

En relación con la fecha de siembra de cada cultivar, la misma está influenciada por las condiciones ambientales y las características genotípicas del mismo. Entre las primeras, el fotoperíodo y el régimen térmico afectan la longitud del ciclo. El régimen hídrico, al igual que las características físicas y químicas del suelo, influye sobre el crecimiento de las plantas. A ello, deben agregarse los potenciales problemas sanitarios de cada zona.

Del cultivar, debemos tener en cuenta la longitud del ciclo, altura de la planta, tolerancia al vuelco, hábito de crecimiento, respuesta fenológica al atraso de la siembra y comportamiento sanitario frente a las diferentes enfermedades y plagas.

El atraso de la fecha de siembra provoca la reducción de la longitud del ciclo de los cultivares, con independencia de su grupo de madurez (GM). Mientras mayor es el grupo de madurez, mayor es esa reducción. Por tal motivo, en fechas de siembra tardías algunos cultivares de GM VII presentan igual o ligeramente menor longitud de ciclo que otros de GM VI o más cortos (Baigorri *et al.*, 1995a). El conocimiento de la respuesta a la fecha de siembra de cada cultivar es de fundamental importancia para decidir su manejo, en especial en fechas de siembra tardías, donde la utilización de cultivares con un menor acortamiento de ciclo puede resultar en pérdidas de rendimiento importantes por la posible ocurrencia de heladas tempranas. Por otra parte, los cultivares que presentan un mayor acortamiento de su ciclo, pueden tener menor crecimiento y, en estos casos, puede ser necesario ser un ajuste de espaciamiento y densidad para compensar la menor producción de biomasa por superficie.

La producción de biomasa aérea total (BAT) a cosecha, se reduce con el atraso de la fecha de siembra. Dicha reducción fue estimada en 94 kg/ha de materia seca, por cada día de atraso de la fecha de siembra, para un cultivar de GM III en la localidad de Balcarce. En Marcos Juárez, se han determinado valores de entre 2 y 12 t/ha de materia seca para cultivares de GM III al GM VII, en fechas de siembra entre el 7 de octubre al 7 de febrero (Baigorri *et al.*, 1995b). Para una fecha de siembra determinada, la producción de BAT en general se incrementa con la longitud del ciclo.

El rendimiento en grano también se reduce con el atraso de la fecha de siembra, dicha reducción varía entre 20 y 34 kg/ha por cada día de atraso de la fecha de siembra (Baigorri *et al.*, 1995c). Dicha reducción depende de las fechas de siembra analizadas y de los cultivares y ambientes considerados.

Análisis realizados en el INTA Marcos Juárez (Baigorri y Giorda, 1997c), en los que se incluye información del mes de octubre, muestran que el adelanto de la fecha de siembra trae aparejado, para algunos cultivares, un incremento del rendimiento.

Estudios sobre el crecimiento de cultivares en función de la fecha de siembra, evidencian que la respuesta de la altura de planta presenta una forma de campana, con un techo en siembras de la segunda quincena del mes de noviembre y reducciones de la misma tanto con el adelanto como con el atraso de la fecha de siembra. El vuelco y el número de nudos presentan un comportamiento similar al de la altura.

En general, la fecha de siembra óptima de un cultivar es aquella que:

- Asegura un buen crecimiento, evitando el vuelco.
- Ubica el período crítico en un momento con buena disponibilidad hídrica y de mayor radiación y temperatura.
- Minimiza la probabilidad de daños por heladas; y
- Coloca el período de cosecha en un momento de baja probabilidad de demoras y sin afectar la calidad de semillas.

HIPÓTESIS

Diferentes fechas de siembra determinan cambios en el crecimiento y desarrollo del cultivo de soja que se hacen evidentes en el rendimiento y sus componentes:

- La producción de biomasa aérea total a cosecha se reduce con el atraso de la fecha de siembra, al igual que el número de nudos y el rendimiento de granos.
- El atraso de la fecha de siembra, provoca la reducción del ciclo del cultivar.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento del cultivo de soja, grupo de madurez VI, en dos fechas de siembra (octubre y noviembre) en la región central de la provincia de Córdoba.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los cambios fenológicos.
- Cuantificar los componentes del rendimiento.
- Evaluar el rendimiento por superficie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó durante la campaña agrícola 2002-03, en la zona rural de Coronel Baigorria, Departamento Río Cuarto, Córdoba (Argentina); latitud 33° 00', longitud 264° 40' en un suelo Haplustol típico franco arenoso fino.

El experimento se dispuso según un diseño completamente al azar, empleando 2 parcelas, de rastrojo de maíz, de una hectárea cada una a las que se asignaron los tratamientos consistentes en dos fechas de siembra: 27 de octubre y 20 de noviembre de 2002, empleando en ambas la variedad A6001RG (GM VI).

El tamaño de las muestras en cada parcela fue de un metro lineal de surco y con tres (3) repeticiones y las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- 1) **Durante el ciclo del cultivo:** registro de las fechas de ocurrencia de las etapas VE, R1, R2, R3, R4, R5, R6 y R7. En cada una de ellas se midió:
 - a) Peso seco de tallo por planta.
 - b) Peso seco de hojas por planta.
 - c) Peso seco de frutos por planta.

- 2) **A cosecha (etapa R8):** se cuantificaron:
 - a) Los componentes del rendimiento:
 - Número de plantas/m².
 - Número de frutos por planta.
 - Número de semillas por fruto.
 - Peso de 100 semillas.
 - Peso seco total.
 - b) El rendimiento por superficie.

Durante el ciclo del cultivo, se registraron los datos meteorológicos de temperatura media del aire y radiación incidente en la Estación Agrometeorológica ubicada en la UNRC y de precipitaciones diarias en el campo donde se realizó el experimento.

Se realizó el seguimiento y monitoreo permanente de las parcelas para determinar la presencia de plagas y enfermedades sobre el cultivo y realizar el control pertinente cuando fuera necesario.

Las variables se sometieron a análisis de la varianza (ANOVA) y las comparaciones entre medias se realizaron por el Test de Duncan (5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones meteorológicas: en la Figura 1, se muestran las condiciones meteorológicas prevalentes durante el ciclo del cultivo.

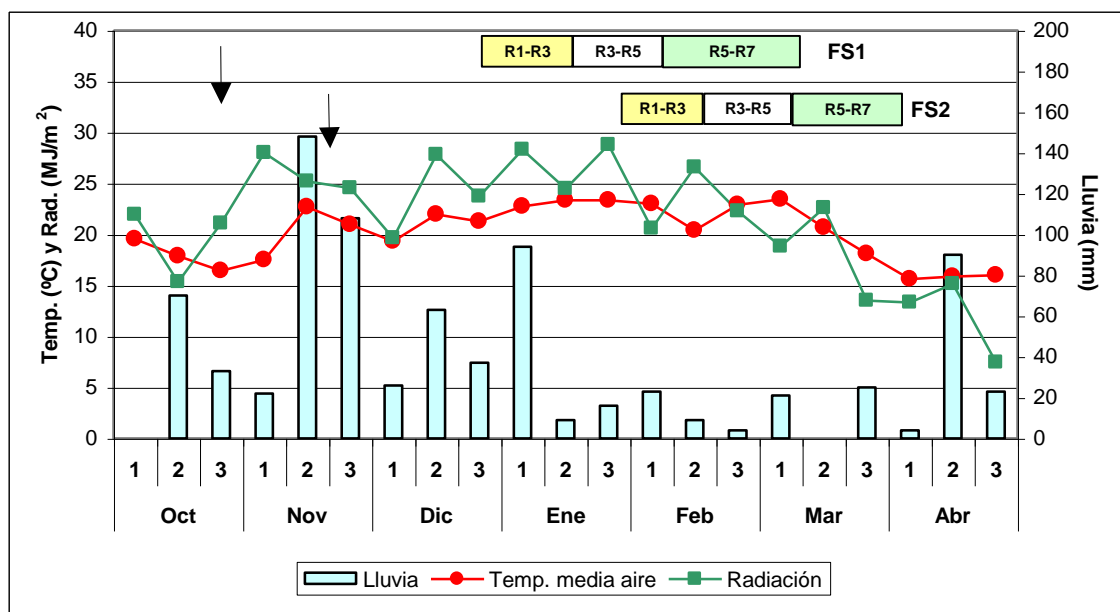


Figura 1. Valores decádicos de precipitaciones, temperatura media del aire y radiación durante el ciclo agrícola 2002-03. Las barras horizontales indican el momento de ocurrencia y la duración de las etapas reproductivas de la variedad A6001 sembrada el 27 de octubre (FS1) y el 20 de noviembre (FS2) de 2002 en la zona rural de Coronel Baigorria. Las flechas verticales indican el momento de siembra para cada fecha.

Las lluvias registradas durante el ciclo fueron de 580 y 439 mm para las fechas de siembra del 27 de octubre (FS1) y del 20 de noviembre (FS2), respectivamente. Teniendo en cuenta que las necesidades de agua del cultivo de soja varían entre 500 y 650 mm (Baigorri y Giorda, 1997d), la FS1 dispuso de una cantidad suficiente para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo; mientras que la FS2 no logró cubrir esa demanda. Otra diferencia entre ambas fechas de siembra, se produjo entre las etapas R1 y R3 (con 108 y 18 mm, respectivamente); mientras que durante el período crítico (R3–R5) los milímetros de agua recibidos fueron similares (48 para la FS1 y 34 para la FS2); valores que representan tan sólo el 8,4% de las lluvias registradas durante todo el ciclo.

La temperatura promedio del ciclo fue de 21,8 °C para la FS1 y de 21,2 °C para la FS2 y durante el periodo crítico R3–R5, la misma fue de 23,3 °C y 22,2 °C, respectivamente; temperaturas éstas levemente inferiores a las óptimas descritas por Thomas y Raper (1983a) para un adecuado desarrollo del cultivo. También se observó una mayor disminución de la temperatura hacia el final del ciclo (R5–R7) en la FS2, llegando a un valor promedio de 19,5 °C; mientras que en la FS1 dicho valor fue de 22,4 °C.

En cuanto a la radiación, durante el ciclo del cultivo, se registraron valores promedios diarios de 24,5 MJ/m² para la FS1 y de 22,5 MJ/m² para la FS2; registros muy similares se

dieron durante la etapa crítica del cultivo R3–R5 (24,6 y 22,6 MJ/m², respectivamente); mientras que en el período final del ciclo, etapa R5–R7, la radiación recibida por la FS2 disminuyó mucho registrándose un promedio diario de 17,1 MJ/m² al tiempo que la FS1 tuvo un valor medio de 22,1 MJ/m².

Fenología: La Figura 2, muestra la fenología comparada de la variedad A6001RG sembrada en octubre y noviembre con una diferencia de 24 días entre ambas fechas. No se aprecian diferencias en la longitud total del ciclo del cultivar (período S-R8), debido a que la influencia fotoperiódica –factor regulador principal del desarrollo- fue similar para ambas siembras. Sin embargo, al analizar el período vegetativo se observa un ligero atraso en el tiempo a floración (S-R1) y un periodo de desarrollo de los órganos reproductivos más corto para la segunda fecha de siembra, coincidiendo con lo descrito por Tomas y Raper (1993a, 1983b).

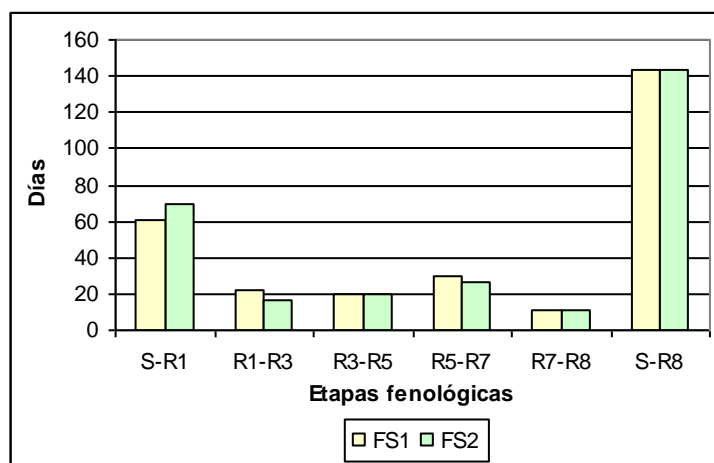


Figura 2. Duración comparada de las principales etapas fenológicas de la variedad A6001 sembrada el 27 de octubre (FS1) y el 20 de noviembre (FS2) en la zona rural de Coronel Baigorria.

Observando las condiciones meteorológicas (Figura 1) bajo las cuales se produjo el desarrollo reproductivo (R1-R7), se observa que fueron notoriamente diferentes entre ambas fechas de siembra. Particularmente, la etapa donde se define el número de estructuras reproductivas, tuvo condiciones hidrológicas y de radiación levemente más favorables en la primer fecha de siembra, no habiendo diferencia en la temperatura promedio durante dicho periodo. En cambio, si fue notoria la declinación de la temperatura y radiación experimentada por la segunda fecha de siembra entre R5 y R7 que resultó en una disminución del período de llenado de granos.

Según lo expresado por Baigorri *et al.* (1995a), el atraso de la fecha de siembra provoca una reducción de la duración del ciclo del cultivo, situación que aquí no se llegó a expresar, ya que si bien hubo un atraso de 24 días entre la primera y segunda fecha de

siembras, ambas se concretaron dentro del período considerado óptimo (mes de noviembre) según lo analizado por Baigorri y Giorda (1997b).

Producción y acumulación de biomasa aérea: El crecimiento del cultivo fue evaluado a través del monitoreo de la producción y acumulación de biomasa aérea durante el desarrollo fenológico. Las Figuras 3 y 4 muestran las curvas de peso seco de los órganos presentes en cada etapa y la biomasa total por planta en función del ciclo del cultivo para la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente.

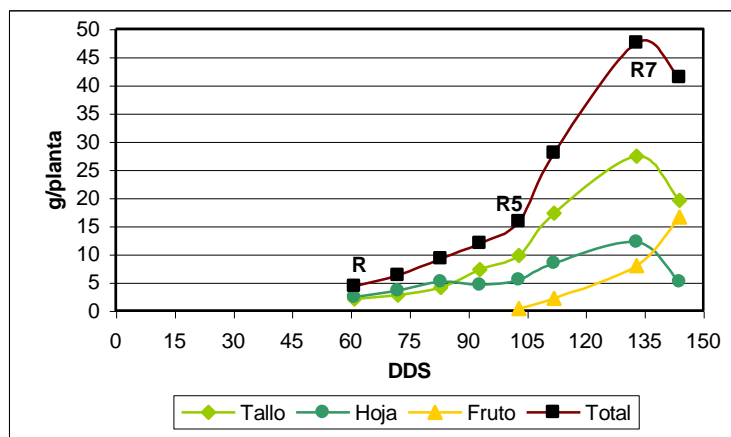


Figura 3. Producción acumulada de biomasa aérea total y por órganos de la variedad A6001 (GM VI) sembrada el 27 de octubre de 2002 en la zona rural de Coronel Baigorria.

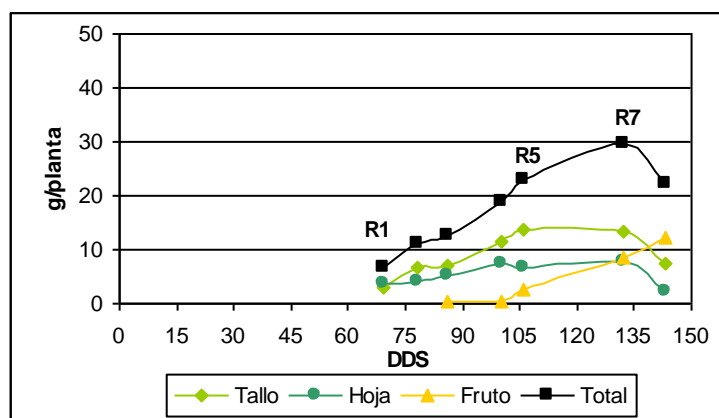


Figura 4. Producción acumulada de biomasa aérea total y por órganos de la variedad A6001 (GM VI) sembrada el 20 de noviembre de 2002 en la zona rural de Coronel Baigorria.

El crecimiento de la variedad A6001 varió con la fecha de siembra, particularmente en el peso seco de hojas y tallo+ramas que resultó significativamente menor en la siembra de noviembre ($P < 0.0001$). Es posible suponer, como consecuencia de lo anterior, que la mayor biomasa de la siembra temprana se correspondió con un mayor grado de cobertura y, por ende, de captación de la radiación incidente, según lo determinado por Shibles y Weber (1965). Hecho que resulta particularmente importante en la etapa de definición de los componentes del rendimiento, número de frutos y peso de la semilla.

También resultó evidente la diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre ambas fechas de siembra cuando se compararon las respectivas curvas de crecimiento de biomasa aérea total por superficie (Figura 5).

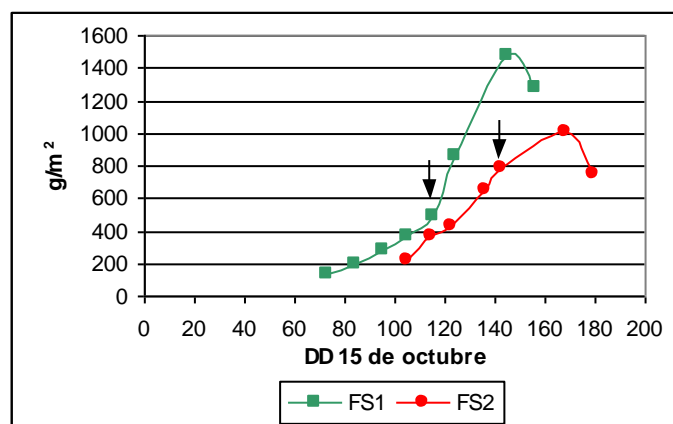


Figura 5. Biomasa aérea total de la variedad A6001 (GM VI) sembrada en dos fechas (27 de octubre, FS1 y 20 de noviembre, FS2 de 2002) en la zona rural de Coronel Baigorria. Las flechas indican el momento de ocurrencia de la etapa R5.

Entre R1 y R5, la tasa promedio de crecimiento del cultivo fue mayor en la segunda fecha de siembra, correspondiéndose con una mayor cantidad de biomasa aérea acumulada al final de ese período (786 g/m^2) respecto a la siembra temprana (490 g/m^2). Sin embargo, entre R5 y R7, la siembra de octubre tuvo una tasa promedio de crecimiento marcadamente superior a la registrada por las plantas de la siembra de noviembre (Cuadro 1), acumulando 238.2 g/m^2 más que la FS2. De ello, se desprende que por cada día de atraso de la fecha de siembra entre octubre y noviembre, la TCC se redujo en 99.2 kg/ha , valor similar al límite inferior del rango $83\text{-}186 \text{ kg/ha}$ citado por Baigorri y Giorda (1997a) y muy cercano a los 94 kg/ha determinados por Baigorri *et al.* (1995b).

Cuadro 1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de la variedad A6001 sembrada en dos fechas de siembra (octubre y noviembre) en la zona rural de Coronel Baigorria.

Períodos	27 de octubre		20 de noviembre	
	$\text{g/m}^2/\text{día}$	R^2	$\text{g/m}^2/\text{día}$	R^2
R1-R5	8.4	0.98	14.5	0.98
R5-R7	32.0	0.99	8.4	0.99

Componentes del rendimiento (Cuadro 2): El número de plantas por superficie al momento de la cosecha fue similar en ambas fechas de siembra (31 y 34 pl/m^2 en FS1 y FS2, respectivamente). Sin embargo, el número de frutos por planta fue superior en la primer fecha de siembra, duplicando significativamente a la segunda fecha de siembra ($P=0.0004$). En consecuencia, para un número de semillas por fruto similar (dif.= NS), la cantidad de

semillas por superficie también resultó significativamente mayor en la siembra de octubre ($p=0.04$), lo cual evidencia la importancia del número de frutos logrados por planta.

Como expresión de la capacidad compensatoria de los componentes del rendimiento, ante la reducción del número de frutos descrito en la FS2, el peso individual de las semillas fue 1,30 g mayor ($p=0.02$) que el registrado en la FS1. Sin embargo, el peso de semillas por superficie de la siembra temprana superó significativamente a la FS2 ($P=0.009$) debido a la influencia del mayor número de semillas señalado antes. Este resultado corrobora que el componente determinante del rendimiento de la soja es el número de semillas por planta, tal lo citado por Quijano *et. al.* (1996) y Ritchie *et. al.* (1985) y que el proceso de compensación entre componentes del rendimiento es parcial.

El rendimiento de semillas se redujo 54.4 kg/ha por cada día de atraso entre ambas fechas de siembra, disminución superior a la citada por Baigorri *et al.* (1995c) pero concordante con los análisis realizados por Baigorri y Giorda (1997c).

Cuadro 2. Componentes del rendimiento y producción de semillas de la variedad A6001 sembrada en dos fechas de siembra (27 de octubre, FS1 y 20 de noviembre, FS2) en la zona rural de Coronel Baigorria.

Fecha de Siembra	Nº plantas (m ²)	Nº frutos por planta	Nº semillas por fruto	Peso 100 semillas (g)	Nº semillas (m ²)	Peso semillas (m ²)
FS1	31 a	42,6 b	2,0 a	12,8 a	2625,1 b	337,2 b
FS2	34 a	21,2 a	2,0 a	14,1 b	1465,7 a	206,5 a
Valor de P	NS ($p=0,3624$)	** ($p=0,0004$)	NS ($p=0,7418$)	** ($p=0,0165$)	* ($p=0,0415$)	** ($p=0,0086$)

El mayor rendimiento de semillas por hectárea logrado por la variedad A6001 en la siembra de octubre (3.372 kg/ha) respecto a la de noviembre (2.065 kg/ha) se explica, principalmente, por la mayor cantidad de estructuras reproductivas diferenciadas y fijadas por las plantas de esa siembra en correspondencia con condiciones hidrológicas más favorables durante el período R3-R5. Aunque no se cuantificó el número de nudos producidos por planta, es posible suponer que la menor cantidad de frutos formados por planta en la siembra de noviembre, se haya debido al menor crecimiento de tallo+ramas como lo evidenció el peso seco alcanzado por esas estructuras (ver Figura 4). Esto se corresponde, además, con el hábito de crecimiento determinado de esta variedad cuya producción de nudos se completa antes de la etapa R3.

CONCLUSIONES

Para las condiciones ambientales de la campaña 2002/03 se puede concluir que:

1. El atraso de la fecha de siembra del cultivar A6001 entre el 27 de octubre y el 20 de noviembre, no produjo una reducción de la longitud de su ciclo debido a que ambas soportaron un régimen fotoperiódico similar.
2. El crecimiento del cultivar A6001 disminuyó con el atraso de la fecha de siembra alcanzando una menor producción de biomasa aérea total a cosecha, particularmente en tallo + ramas.
3. El rendimiento de semillas alcanzó su mayor valor en la fecha de siembra temprana (27 de octubre).
4. El componente del rendimiento que explica la diferencia del rendimiento de semillas fue el número de frutos y de semillas por superficie.
5. Se verificó también la capacidad parcial de compensación, propia del cultivo de soja, entre los componentes del rendimiento número y peso de semillas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BAIGORRI, H.E.J. y D.R.M. CROATTO 2000. **Manejo del cultivo de la soja en Argentina**. Editar, San Juan. 5.
- BAIGORRI, H.E.J. y L.M. GIORDA 1997a. **El Cultivo de la soja en Argentina**. Editar, San Juan. 40.
- BAIGORRI, H.E.J. y L.M. GIORDA 1997b. **El Cultivo de la soja en Argentina**. Editar, San Juan. 127.
- BAIGORRI, H.E.J. y L.M. GIORDA 1997c. **El Cultivo de la soja en Argentina**. Editar, San Juan. 130.
- BAIGORRI, H.E.J. y L.M. GIORDA 1997d. **El Cultivo de la soja en Argentina**. Editar, San Juan. 144.
- BAIGORRI, H.E.J., M.I. TRAVERSO y F.H. ANDRADE 1995c. Desarrollo y crecimiento del cultivar Asgrow 3127 en Balcarce. **Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos**. Pergamino. Buenos Aires. 198-205.
- BAIGORRI, H.E.J., M.L. BODRERO, E.N. MORANDI, R.A. MARTIGNONE, F.H. ANDRADE y D.R.M. CROATTO 2000. Ecofisiología, formación del rendimiento y manejo del cultivo de soja. EEA-INTA Marcos Juárez. **Información para Extensión** 63: 3.
- BAIGORRI, H.E.J., R. SCAFARONI y B. MASIERO 1995a. Comportamiento de cultivares de grupo de madurez III al VII en cinco fechas de siembra entre Octubre y Febrero en Marcos Juárez. Parte 1: Desarrollo. **Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos**. Pergamino. Buenos Aires. 222-229.
- BAIGORRI, H. E. J., R. SCAFARONI y B. MASIERO 1995b. Comportamiento de cultivares de grupo de madurez III al VII en cinco fechas de siembra entre Octubre y Febrero en Marcos Juárez. Parte 2: Crecimiento. **Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos**. Pergamino. Buenos Aires. 214-221.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES 1994/95 y 1995/96. **Anuarios Estadísticos**. Buenos Aires.
- BERNARD, R.L. 1972. Two geneaffecting stemtermination in soybeans. **Crop Sci.** 12: 235-239.
- CAFFARO, S.V., R.A. MARTIGNONE, R. TORRES y F. NAKAYAMA 1988. Photoperiod regulation of vegetative growth and meristem behaviour toward flowerinitiation of an indeterminate soybean. **Bot. Gaz.** 149: 311-316.
- CREGAN, P.B. y E.E. HARTWING 1984. Characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. **Crop Sci.** 24: 659-662.

- EGLI, D.B.; R.D. GUFFY. y J.E. LEGGETT 1985. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. **Agron. J.** 77: 917-922.
- FEDERACION AGRARIA ARGENTINA 1996. Soja. Análisis sectorial. **Síntesis Agroeconómicas** 50: 11-12
- FEHR, W.R. y C.E. CAVINESS 1977. Stages of soybean development. Iowa St. Univ. **Special Report** 80: 11pp.
- FUNDAÇÃO CARGILL 1983. Origem da especie, introdução e disseminação no Brasil. **Soja. Plantas, clima, pragas, molestias e invasoras** 1: 3-10
- GAY, S., D.B. EGLI y D.A. REIKOSKY 1980. Physiological aspects of yield improvement in soybeans. **Agron. J.** 72: 387-391.
- HANWAY, J.J. y C.R. WEBER 1971. Dry matter accumulation in soybean varieties. **Agron. J.** 63: 227-230.
- HUME, D.J., D.E. FEINDEL, J.P. WINTER, D. BLAIR y S. PARARAJASINGHAAM 1989. Assimilate partitioning in soybean. **Proceedings 1 of the World Soybean Research Conference IV**. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires. 177:182
- MC BLAIN, B. y D.J. HUME 1980. Physiological studies of higher yield in new early-maturing soybean cultivars. **Can. J. Plant Sci.** 60: 1315:1326.
- MORANDI, E.N., L.M. DOBRERO, R.A. MARTIGNONE y A. QUIJANO 1994. Respuesta de distintos tipos de genotipos de soja a la época de siembra y a la disponibilidad hídrica. Evolución. **Actas de la Primera Reunión Nacional de Oleaginosos**. Rosario. 89-95.
- NELSON, R. 1986. Defining the seed filling period in soybean to predict yield. **Crop Sci.** 26: 132-136.
- NOODEN, L.D. y J.J. GUIAMENT 1989. Regulation of assimilation and senescence by the fruit in monocarpic plants. **Plant Physiol.** 77: 267-274.
- PASCALE, A.J. 1989. Evolución del cultivo de la soja en Argentina. **Revista de la Asociación Argentina de la Soja** 10: 9-17.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO 1996. Evolución del cultivo de la soja en Argentina. **Oleaginosos** 5 (15): 5-10.
- PIPER, C.V. y W.J. MORSE 1923. **The Soybeans**. Mc Graw-Hill. New York, EE.UU. 329 pp.
- PIQUIN, A. 1968. Soja: cultivo del futuro argentino. **Revista Bolsa de Cereales** (2811): 38-43.
- PROBST, A.H. y R.W. JUDD 1973. Origin, U.S. history and development and world distribution. **Soybeans: improvement, production and uses**. Am. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, EE.UU. 1-15.

- QUIJANO, A., E.N. MORANDI, R.A. MARTIGNONE y M.L. BODRERO 1996. Número de semillas y rendimiento en soja en relación a la época de siembra y la disponibilidad hídrica. **Actas de la XXI Reunión Anual Soc. Fisiol. Veg.** Mendoza. 222-223.
- RITCHIE, S.W.; J.J. HANWAY; H.E. THOMPSON. y J.D. BENSON 1985. How a soybean plant develops. Iowa. **Special Rep.** 53: 20 pp.
- RODRIGUEZ, J.M. 1997. Perspectivas de los aceites y harinas proteicas. **ExpoSoja 97.** Marcos Juárez. Córdoba. 17:21.
- SAGPyA 2005. Estimaciones agrícolas –Oleaginosas– Soja. En: www.sagpya.mecon.gov.ar
- SAGPyA 1997. La siembra y la cosecha. El crecimiento del sector agropecuario y pesquero argentino. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Público. **SAGPyA.** 104 pp.
- SHIBLES, R.M. y C.R. WEBER 1965. Leaf area solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Sci.** 5: 575-578.
- THOMAS, J.F. y C.D. RAPER Jr. 1983a. Photoperiod and temperature regulation of floral initiation and anthesis in soybean. **Ann. Bot.** 51: 480-489.
- THOMAS, J.F. y C.D. RAPER Jr. 1983b. Photoperiod effect on soybean growth during the onset of reproductive development under various temperature regime. **Bot. Gaz.** 144: 471-476.
- ZENI, E.R. 1971. El cultivo sagrado. **Revista Bolsa de Cereales** (2845): 3-7.