

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

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

**Comportamiento de cultivares de soja (*Glycine max* (L.)
Merr.) de hábito de crecimiento determinado e
indeterminado en relación a la época de siembra**

**Alumno: Juan Cruz Giavelli
D.N.I. N° 25.172.606**

Directora: Elena M. Fernandez

**Río Cuarto – Córdoba
Junio de 2008**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Comportamiento de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) de hábito de crecimiento determinado e indeterminado en relación a la época de siembra.

Autor: Juan Cruz Giavelli

DNI: 25.172.606

Director: Elena M. Fernandez

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

Prof. Adriana Marinelli _____

Prof. José Plevich _____

Prof. Rosana Malpassi _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

I. ÍNDICE DE TEXTO

	Página
I. Índice de Texto.....	III
II. Índice de Figuras.....	IV
III. Resumen.....	V
IV. Summary.....	VI
1. Introducción.....	1
2. Hipótesis.....	6
3. Objetivo General	6
4. Objetivo Específicos.....	6
5. Materiales y Métodos.....	7
6. Resultados y Discusión.....	8
7. Conclusión.....	19
8. Bibliografía citada.....	20

II. ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Valores decádicos de temperatura media del aire y precipitaciones durante el período octubre 2001-mayo 2002 en el campo experimental de la UNRC.....	8
Figura 2: Número de ramas por planta, en R5, según la fecha y el cultivar	10
Figura 3: Número de ramas por planta según fecha de siembra.....	10
Figura 4: Número de nudos por planta según fecha de siembra.....	11
Figura 5: Número de nudos por planta según cultivar.....	11
Figura 6: Peso seco de hojas según fecha de siembra y cultivar, R7.....	12
Figura 7: Peso seco de hojas según fecha de siembra durante el ciclo.....	12
Figura 8: Peso seco de los pecíolos según fecha de siembra.....	12
Figura 9: Peso seco de los tallos según fecha de siembra.....	12
Figura 10: Número de frutos por planta según fecha de siembra y cultivar, R3.....	13
Figura 11: Número de frutos por planta según fecha de siembra y cultivar, R5.....	13
Figura 12: Número de frutos por planta según cultivar, en R7.....	13
Figura 13: Peso de frutos por planta según fecha de siembra y cultivar, R3.....	14
Figura 14: Peso de frutos por panta según fecha de siembra.....	14
Figura 15: Peso de frutos por planta según cultivar.....	14
Figura 16: Peso total por planta según fecha de siembra.....	15
Figura 17: Número de nudos fértiles por planta según fecha de siembra.....	16
Figura 18: Número de frutos por planta según fecha de siembra.....	16
Figura 19: Número de semillas por planta según fecha de siembra (a) y Cultivar(b).....	16
Figura 20: Peso de 100 semillas según fecha de simbra.....	17
Figura 21: Índice de cosecha según cultivar.....	17
Figura 22: Rendimiento se soja según fecha de siembra (a) y cultivar (b).....	18
Figura 23: Relación entre el rendimiento con el número de semillas m ⁻² y el Peso de 100 semillas.....	18

III. RESUMEN

La fecha de siembra del cultivo de soja es una de las prácticas de manejo más importantes para la elección de los cultivares y tiene una alta influencia en el rendimiento. Por lo cual se evaluó el comportamiento de dos cultivares de soja, Grupo de Madurez V, de hábito de crecimiento determinado e indeterminado sembrados en dos fechas: 15/11 y 12/12. El estudio se realizó durante el ciclo agrícola 2001/2002 en el Campo Experimental de la FAV-UNRC, en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Se registró el momento de ocurrencia de los estados fenológicos R3, R5 y R7. En estos se determinó el número y el peso de la materia seca de los órganos presentes, además en R7 se estimó el índice de cosecha. A cosecha se evaluó el número de plantas, nudos, frutos y semillas por planta, el peso de 100 semillas y el rendimiento. La duración del ciclo de los cultivares fue prácticamente igual entre fechas de siembra. Las plantas de la primera fecha de siembra tuvieron mayor peso seco como consecuencia del mayor número de ramas, el cultivar A 5409 (indeterminado) alcanzó el mayor peso y además tuvo mayor número de nudos. El número de nudos fértiles, el número de frutos por planta y el número de semillas por superficie fue significativamente mayor en la primera fecha de siembra. El peso de 100 semillas fue mayor en el cultivar A 5520 pero esta diferencia fue compensada por una mayor cantidad de semillas por superficie en el cultivar A 5409. El índice de cosecha alcanzó el mayor valor en la siembra del 12 de diciembre; mientras que el rendimiento (kg ha^{-1}) fue mayor en la siembra del 15 de noviembre debido a un mayor número de semillas por superficie.

Palabras claves: soja, hábito de crecimiento, fecha de siembra, materia seca, rendimiento.

IV. SUMMARY

The sowing date of soybean crop is one of the most important management practices for selection of cultivars and it has great influence on yields. For this reason, the behaviour of two soybean cultivars was evaluated, V Maturity Group, which has a determinate and indeterminate growth habit, sown on two dates 15/11 and 12/12. The research was done during the farming cycle 2001/2002 in the Experimental Field of the FAV-UNRC in Río Cuarto, Córdoba, Argentina. The moment of occurrence of phenological stages R3, R5 and R7 was recorded. During in these ones, the number and weight of dry matter of existing organs was determined and, in addition to this, the harvest index in the R 7 was estimated. At harvest, number of plants, fruit nodes and seeds per plant, weight of 100 seeds and the yields were evaluated. The duration of cultivar cycle was similar for the two sowing dates. The plants corresponding the first sowing date had higher dry weight than the second date ones as a consequence of higher number of branches. The A 5409 cultivar (indeterminate growth habit) reached the highest weight and it also had the highest number of nodes. The number of fertile nodes, the number of fruits per plant, and the number of seeds per surface were significantly higher during the first sowing date in comparison to the second one. The weight of 100 seeds was higher in the A 5520, cultivar but this difference was compensated by a higher quantity of seeds per surface produced by the A 5409 cultivar. The harvest index reached the highest value in the sowing on December 12; while the yield (kg ha^{-1}) was higher in the sowing on November 15, due to a higher number of seeds per surface.

Key word: soybean, growth habit, sowing date, dry matter, yield.

INTRODUCCIÓN

Las primeras plantaciones de soja en Argentina se hicieron en 1862, pero no encontraron eco en el campo argentino de aquellos años, luego se realizaron distintos intentos para arraigar el cultivo, tanto a través de la actividad oficial como privada, aunque esta última jugó un rol fundamental en la implantación definitiva (Piquin, 1968).

En la campaña 1970/71 la producción fue de 59.0000 tn y en 30 años alcanzó más de 20 millones de tn (campaña 1999/2000). En el mismo período, la superficie de siembra evolucionó de 37.700 has a 16.000.000 has; de este modo se convirtió en el principal producto de la agricultura nacional, por su participación en el valor total de la producción y la exportación (Baigorri y Croatto, 2000). La campaña 2004/2005 alcanzó un área siembra de 14.200.000 has y una producción que llegó a las 37,5 millones de toneladas (SAGPyA, 2005). Actualmente, el cultivo de soja ocupa una amplia zona ecológica que se extiende desde los 23° (en el extremo norte del país) a los 39° LS, concentrándose principalmente en la Región Pampeana, con casi el 94 % de la superficie sembrada y el 95 % de la producción total del país; Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires son las provincias con mayor producción por el área sembrada y magnitud de los rendimientos (Federación Agraria Argentina, 1996). Una de las causas que explica los incrementos productivos fue el aumento de la superficie dedicada a la actividad por desplazamiento de otros cultivos y por el traslado de las actividades ganaderas hacia áreas más marginales.

La soja es una especie que presenta un conjunto de características ecofisiológicas que la diferencian del resto de los cultivos más difundidos a nivel nacional y mundial, y que condicionan su manejo y utilización. El correcto manejo del cultivo permite la expresión del potencial productivo del ambiente y del cultivar utilizado. La determinación de las prácticas que permitan alcanzar este objetivo implica, como requisito previo, contar con un adecuado conocimiento tanto del ambiente como de los cultivares disponibles. La mejor combinación de las prácticas de manejo en función del ambiente (para la producción de la soja) define dos aspectos importantes a considerar: lograr una adecuada producción de materia seca y generar condiciones para el llenado de granos, transformando esa materia seca en grano que permita conseguir los máximos rendimientos. Las prácticas de manejo más importantes son las siguientes:

- a) Cultivar (grupo de madurez, hábito de crecimiento, potencial de rendimiento y sanidad).
- b) Fecha de siembra.
- c) Espaciamiento entre hileras y densidad de siembra.

Requerimientos ambientales

El fotoperíodo y la temperatura son los factores ambientales que mayor influencia tienen en el desarrollo del cultivo de soja. Esta especie es de días cortos con respuesta cuantitativa (Cregan y Hartwing, 1984); esto significa que cada cultivar tiene un fotoperíodo crítico, por debajo del cual el período entre emergencia y floración no incrementa su duración por efecto de este factor. El control fotoperiódico en soja ocurre hasta prácticamente la madurez del cultivo. Con fotoperíodos más largos que el crítico, la tasa de desarrollo (velocidad a la que se produce un fenómeno) de los órganos reproductivos se vuelve más lenta y la floración se retrasa (Thomas y Raper, 1983a). De acuerdo a las respuestas a este factor y su interacción con la temperatura, se pueden agrupar los genotipos de características similares.

La temperatura es el otro factor de incidencia notoria sobre el desarrollo, bajo fotoperíodos inductivos los procesos se hacen más lentos con temperaturas sub-óptimas y supra-óptimas. Las temperaturas medias, bajo las cuales el proceso es más rápido, oscilan entre 26 °C y 34 °C diurnas y entre 22 °C y 30 °C nocturnas, temperaturas menores a los 22 °C disminuyen el número de primordios reproductivos y su tasa de desarrollo, estimulándose el crecimiento vegetativo (Thomas y Raper, 1983b).

Prácticas de manejo

a) Cada **grupo de madurez (GM)**, en base a sus requerimientos fototérmicos, se adapta mejor a un rango latitudinal. Bernard (1972) describió tres hábitos de crecimiento (HC) del tallo principal y de iniciación floral [determinado (HCD), indeterminado (HCI), semideterminado (HCS)] los que están controlados genéticamente. Con el mejoramiento genético del cultivo se han seleccionado, generalmente, cultivares de HCI en los GM 000 al IV y cultivares con HCD en los grupos de madurez V al X (Baigorri, 1997a), aunque actualmente en el mercado se encuentran cultivares de HCD hasta el GM IV y de HCI hasta el V y medio.

En los cultivares de HCD, después de iniciada la floración el tallo principal detiene la formación de nudos y, en consecuencia, su crecimiento en altura (Egli *et al.*, 1985). Los cultivares de HCI, luego de comenzar la floración, continúan la producción de nudos sobre el tallo principal y, en consecuencia, su altura puede ser considerablemente mayor que la de los cultivares HCD de la misma longitud de ciclo y fecha de floración. El número de nudos producidos después de la floración en los cultivares HCI puede ser el doble o más que en los de HCD, dependiendo fundamentalmente del GM del cultivar, la latitud y de la fecha de siembra.

Hacia el ápice se reduce el diámetro del tallo y el número de vainas por nudo. En los cultivares de HCS presentan un número de nudos intermedio entre los de HCD y HCI (Egli y Leggett, 1973). En evaluaciones realizadas por Nidera, en Venado Tuerto, con cultivares del GM V se pudo observar que en fechas de siembra más tempranas los cultivares de HCI alcanzaron mayor altura que los HCD (Baigorri y Croatto, 2000). En evaluaciones de la RECSO, se ha constatado que el cultivar A5409 (HCI) fue un 14.53 % más alto que el A5520 (HCD) (Baigorri, 2002, 2003 y 2004).

En los cultivares de HCD la floración comienza en la parte media del tallo y en menos de una semana alcanza el nudo terminal que presenta numerosas flores, mientras que en los de HCI se inicia en la porción inferior del tallo y progresa en forma ascendente a medida que se alargan los entrenudos superiores. Por lo cual, se pueden encontrar vainas totalmente desarrolladas en los nudos basales y otras recién formadas en el ápice. A pesar de estas diferencias en el inicio del desarrollo, todas alcanzan la madurez en el mismo momento, debido a que las semillas de los últimos frutos formados tienen tasas más altas de crecimiento (Gbikpi y Crookston, 1981). En los cultivares de HC semideterminado presentan un racimo terminal, de igual forma que los de HCD.

Con respecto al crecimiento durante el inicio de floración, en los cultivares de HCD las plantas han desarrollado la mayor parte de las estructuras vegetativas, en cambio en los de HCI, las plantas continúan creciendo durante varias semanas. En función de estas características de crecimiento, se produce una superposición en el crecimiento vegetativo y reproductivo de aproximadamente un 20 % en los HCD y del 40 % en los HCI, según las condiciones ambientales (Egli *et al.*, 1973).

Beaver *et al.* (1985) compararon el comportamiento fenológico y morfológico del cultivar semiprecoz determinado Elf (GM III), el indeterminado Williams (GM III) y una isolínea determinada del cultivar Clark (GM IV). El cultivar Williams acumuló más materia seca en tallo principal que los cultivares determinados. La menor acumulación de materia seca en el tallo principal de los materiales determinados fue parcialmente compensada por una mayor producción de ramificaciones.

Foley *et al.* (1986), evaluando el comportamiento de 21 líneas de HCD y HCI, encontraron que la modalidad de crecimiento no afectaba el rendimiento, pero la altura y el vuelco de la plantas era menor en las líneas de HCD.

El crecimiento de las ramificaciones comienza generalmente cerca de floración y continúa durante gran parte del período reproductivo, por lo que la máxima expresión del número de nudos del cultivo depende en gran medida de las condiciones ambientales que

prevalezcan luego de la floración. La disminución en el número de nudos en altas densidades, obedece principalmente a un menor crecimiento de las ramas y, salvo que la densidad sea extremadamente alta, no se afecta el número de nudos en el tallo. Por lo tanto, la capacidad de ramificación de un determinado material genético pasa a ser relevante en situaciones de baja densidad general o alta desuniformidad en el establecimiento (Baigorri, 1997a). Los cultivares de HCI pueden desarrollar ramas hasta aproximadamente R6 (Pietro, 2004).

En los cultivares con HCD la mayor parte del crecimiento vegetativo entre la floración y la formación de las vainas ocurre sobre las ramas, mientras que en los de HCI se produce sobre el tallo (Baigorri, 1997a).

En cuanto a los componentes del rendimiento, se ha constatado en las evaluaciones de la RECSO, que el cultivar A5520 (HCD) tiene mayor peso de los granos que el A5409 (HCI), en promedio es un 9 % más pesado (Baigorri, 2002, 2003 y 2004). En estudios realizados por Nidera, en Venado Tuerto, se ha observado que en el GM V, los cultivares de HCI logran el mayor rendimiento en fechas de siembra más tempranas que los de HCD (Baigorri y Croatto, 2000).

b) La fecha de siembra (FS) es una de las prácticas de manejo del cultivo más importante en la elección de los cultivares y tiene una alta influencia en el rendimiento. Constituye una estrategia clave porque permite planificar la ocurrencia de los períodos críticos de un cultivo en relación a las mejores condiciones ambientales de un determinado sitio (Baigorri, 1997b)

Entre las características climáticas más importantes que condicionan la elección de la FS se encuentran el régimen térmico y el hídrico. El primero condiciona la FS básicamente por el período libre de heladas característico de cada sitio. El fotoperíodo influye sobre la FS por la gran influencia que ejerce sobre la longitud del ciclo de los distintos cultivares (Baigorri, 1997b).

En FS tardía (posteriores al 15 de diciembre), las heladas tempranas pueden afectar el llenado de granos y, en consecuencia, es importante evitar que esta etapa se extienda demasiado y se incrementan los riesgos de pérdidas de rendimiento por esa causa. Además, el atraso de la siembra provoca la reducción de la longitud del ciclo de los cultivares, con independencia del GM a que pertenezcan. En ese sentido, mientras mayor es el GM del cultivar, mayor es esa reducción. Por ello, en FS tardías algunos cultivares de GM VII presentan menor longitud de ciclo que otros de GM VI o más cortos (Baigorri *et al.*, 1995a). Quijano *et al.* (1996) observaron

que en siembras tardías se producía un acortamiento del período R2-R5, pero no había modificación de la duración entre R5-R7.

La producción de biomasa aérea total (BAT) a cosecha, se reduce con el atraso de la FS. En Marcos Juárez se han determinado reducciones de entre 2 y 12 t ha⁻¹ de materia seca en cultivares de GM III al VII, en siembras entre el 07/10 y el 07/02, en la misma localidad y siendo un poco más específico la caída de BAT en el cultivar A5409 entre el 06/11 y 06/12 fue de aproximadamente 2 t ha⁻¹ (Baigorri *et al.*, 1995b).

El número de nudos presenta un comportamiento similar a la altura, especialmente en los cultivares de HCD, alcanzando las mayores cantidades en las siembras realizadas en el mes de noviembre (Baigorri, 2004a), en cambio los cultivares con HCI, de ciclo más largo, logran mayor número de nudos en las siembras de Octubre, dependiendo de la latitud y del GM del cultivar (Baigorri, 2004b).

En cuanto a los componentes del rendimiento, Quijano *et al.* (1996) observaron que tanto el número como el peso de las semillas en siembra de segunda fueron significativamente menores que en la de primera.

El rendimiento en grano también se reduce con el atraso de la FS, variando entre 20 y 34 kg ha⁻¹ por cada día de demora en la siembra (Baigorri *et al.*, 1995c). Según Quijano *et al.* (1996) los bajos rendimientos de la segunda FS se debieron tanto al bajo número de semillas como a su bajo peso unitario; ya que el llenado de los granos se produce con menores temperaturas y radiación solar, restringiendo la tasa de crecimiento de las semillas.

En una fecha determinada, el índice de cosecha (IC) presenta generalmente una relación inversa con la longitud del ciclo de los cultivares; los de ciclo más corto tienen un IC entre 50 y 60 % y los de ciclo más largo entre 40 y 50 %, en FS de siembra tempranas a óptimas. Además, se observa una tendencia creciente del IC con el atraso de la FS, de menor importancia en los cultivares de ciclo corto y que crece en forma importante a mayor longitud de ciclo, en especial en las FS posteriores al 15 de diciembre (Baigorri, 2004).

c) El **espaciamiento entre surco** (EES) depende de la FS, la latitud, las condiciones ambientales y las características del cultivar. El acortamiento del EES permite compensar las reducciones de rendimiento, motivadas por el atraso de la FS (Pepper, 1981). Las FS más tardías (fines de diciembre, principios de enero) acentúan las diferencias en cobertura e interceptación de la radiación de los diferentes EES. Sin embargo, no todos los cultivares responden igualmente a la distancia entre surcos (Baigorri *et al.*, 1995a).

HIPÓTESIS

El cultivar de crecimiento indeterminado tendrá mayor rendimiento en la fecha de siembra óptima y el de crecimiento determinado en fecha tardía, debido a que éste tiene mayor capacidad de ramificar y consecuentemente mayor cantidad de sitios para desarrollar frutos.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de cultivares de soja de hábitos de crecimiento determinado e indeterminado en dos fechas de siembra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el desarrollo ontogénico de dos cultivares de soja de Grupos de Madurez V, de hábito de crecimiento indeterminado y determinado, en dos épocas de siembra.
- Evaluar el número de estructuras vegetativas y reproductivas.
- Evaluar el peso de la materia seca de los órganos vegetativos y reproductivos durante el ciclo del cultivo.
- Evaluar los componentes de rendimiento e índice de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola 2001/2002 en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, en Río Cuarto, Córdoba, Argentina (33° 00'; longitud 64° 40'; 420 msnm). El suelo es un Haplustol típico franco arenoso fino.

La siembra se realizó con cultivares de soja del Grupo de Madurez V. El diseño utilizado fue de bloques completamente aleatorizado con diseño factorial, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron la fecha de siembra y el hábito de crecimiento de los cultivares. La primera siembra se realizó el 15/11 y la segunda el 12/12. Los cultivares utilizados fueron uno de crecimiento determinado (cv A 5520) y el otro indeterminado (cv A 5409). La unidad experimental fue de 6 surcos de 6 m de largo y la distancia entre hileras de 50 cm, colocándose 24 semillas por metro lineal.

Se utilizaron los datos de temperaturas ambiente y precipitaciones diarias registradas en la estación meteorológica de la FAV-UNRC.

Durante el ciclo del cultivo se determinó la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos de R3, R5 y R7. En cada uno de ellos se evaluaron en 5 plantas los siguientes parámetros:

1. Peso de la materia seca de hojas, pecíolos, tallos, frutos y semillas, para lo cual los órganos fueron llevados a estufa de circulación forzada de aire a 105 °C hasta peso constante. A partir de esos datos se obtuvo el peso de la materia seca total por planta.
2. Número de nudos fértiles y de frutos por planta.

En R7 se estimó el índice de cosecha, el cual se obtuvo con los valores obtenidos de peso de la materia seca de los órganos vegetativos y reproductivos.

A cosecha (R8), en una superficie de 0.5 m² se evaluó:

1. Número de nudos fértiles y de frutos por planta.
2. Número de semillas por planta, estos valores se utilizaron para estimar el valor por superficie.
3. Peso de 100 semillas.
4. Número de plantas.

Con los valores de temperatura y las fechas de las etapas fenológicas se estimaron las sumas térmicas entre cada una de ellas utilizando como temperatura base a 6 °C.

Los datos fueron analizados con ANOVA con el programa Infostat y las medias comparadas con el test de Duncan (P= 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales y fenología

La temperatura media del aire y las precipitaciones registradas durante el período octubre 2001 - mayo 2002 se presentan, en valores decádicos, en la Figura 1. Desde la FS 1 (15/11/01) no llovió hasta pasados los 45 días, lo que provocó un déficit hídrico en el período de implantación de las dos fechas de siembra (FS). Debido a esta situación se produjo una importante reducción en el stand de plantas, a pesar del riego artificial implementado, por lo que se debió descartar parte del ensayo. Por otra parte, durante el ciclo de crecimiento del cultivo la distribución de las precipitaciones fue muy irregular.

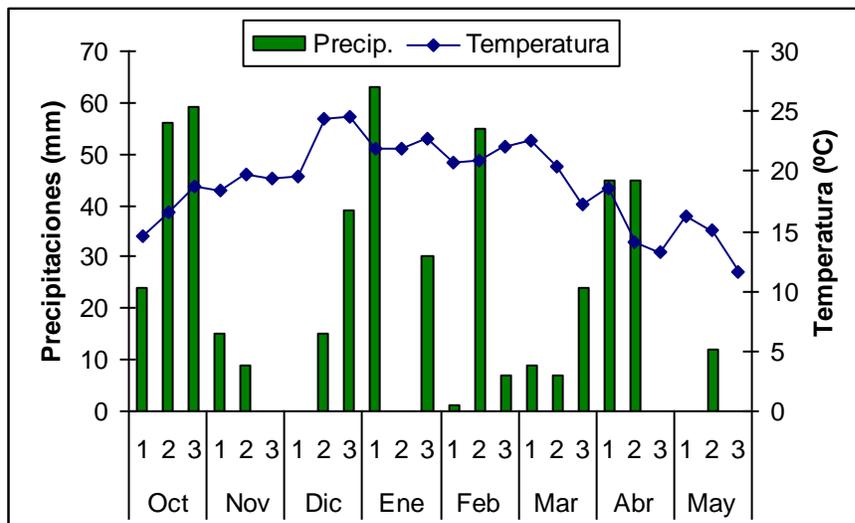


Figura 1: Valores decádicos de temperatura media del aire (C°) y precipitaciones (mm) durante el período octubre de 2001-mayo 2002 en el campo experimental de UNRC.

En el Cuadro 1 se detalla la fenología de los 2 cultivares (cv) de grupo de madurez (GM) V sembrados en noviembre y diciembre (27 días entre ambas fechas) y las temperaturas medias y precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo. Las condiciones ambientales en las cuales se produjo el desarrollo reproductivo de ambos cultivares y FS presentaron algunas diferencias. Podemos ver que el período S-R3 en la FS1 presentó un acortamiento al inicio del desarrollo de las vainas (11 días), probablemente debido a las menores precipitaciones (147 mm) que las ocurridas en la FS2 (215 mm). En el período entre R3-R5 -que es cuando se define el número de estructuras reproductivas- la FS1 tuvo mejores condiciones hídricas (63 mm vs 31 mm) y mayor temperatura media (21,35 °C vs 18,29 °C) y suma térmica (547,1 vs 312,2). Si observamos el período de llenado de granos (R5-R7) podemos ver por un lado que las lluvias

favorecieron la FS2 (90 mm vs 36 mm), y por el otro hubo una importante reducción de la temperatura (19,85 °C vs 15,38 °C).

Cuadro 1: Precipitaciones, temperatura media y sumas térmicas según las etapas fenológicas.

Etapa fenológica	Fecha de siembra	Duración (días)*		Precipitaciones + riego (mm)		Temperatura media (°C)		Sumas térmicas (grados días)	
		A 5409	A 5520	A 5409	A 5520	A 5409	A 5520	A 5409	A 5520
S – R3	FS1	77	77	147	147	22,24	22,24	1286,5	1286,5
	FS2	88	88	215	215	22,38	22,38	1509,0	1509,0
R3 – R5	FS1	34	34	63	63	21,35	21,35	547,1	547,1
	FS2	24	24	31	31	18,29	18,29	312,2	312,2
R5 – R7	FS1	22	22	36	36	19,85	19,85	323,6	323,6
	FS2	26	26	90	90	15,38	15,38	259,3	259,3
S – R8	FS1	135	135	246	246	21,46	21,46	2157,3	2157,3
	FS2	138	138	336	336	20,31	20,31	2080,5	2080,5

* Días después de la siembra

No hubo diferencias en la duración total del ciclo (S-R8), a pesar de haber casi 30 días de diferencia entre ambas FS. La falta de precipitaciones, que pueden haber conducido a un marcado déficit hídrico contribuyó a disminuir dicho período (Calviño y Sadras, 1999). De todos modos las bajas temperaturas deben haber tenido un gran impacto en la duración del ciclo de ambos cultivares, pues se observó una menor acumulación de grados días y temperaturas que por debajo de los 21 °C afectan el crecimiento (Kantolic *et al.* 2003). Los resultados de esta experiencia coinciden con lo observado en otros cultivares y ambientes (Baigorri *et al.*, 1995 a y b). Según datos de Nidera¹, la duración del ciclo de los cv para La Pampa Central es de 64 días a R1 y 154 el total en A 5409 y de 64 y 152 en A 5520, estos valores que se aproximan bastante a lo ocurrido en esta experiencia. Otro dato a resaltar es el acortamiento de 10 días en el período R3-R5 en la FS2, coincidiendo con Quijano *et al.* (1996), mientras que prácticamente no hubo modificación (sólo 4 días) entre R5-R7, como registraron estos autores.

Número y peso seco de estructuras vegetativas y reproductivas

El número de ramas por planta presentó interacción entre la FS y cv en R5 (Fig. 2); el cv 5409 incrementó el número en la FS2 y el cv 5520 fue indiferente. Esto se debe a que el número

¹ Catálogo Nidera Semillas 2004.

de nudos y por ende de ramas producidas después de la floración, en los cv de HCI puede ser mayor que en los HCD, pues los primeros tienen la capacidad de seguir desarrollando estos órganos hasta R6 (Piretro, 2004), siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables para el desarrollo de las mismas (Baigorri, 1997a).

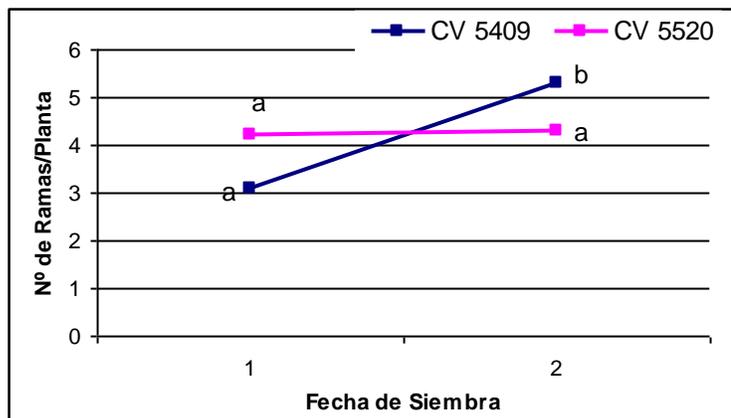


Figura 2: Número de ramas por planta, en R5, según fecha de siembra y cultivar. Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

Considerando el efecto particular de la FS, se observó que las plantas en la FS1, independientemente del cv, tuvieron mayor número de ramas que en la FS2 (Fig. 3). En la FS1 las precipitaciones en el período R3-R5 fueron levemente inferiores (32 mm) pero temperaturas medias superiores y un mayor período de crecimiento (Cuadro 1), que favorecieron el desarrollo de las ramas. Estas diferencias no se mantuvieron en el tiempo, pues en R7 los valores entre las FS eran semejantes. La reducción, aunque no significativa, entre R5 y R7 fue observada en otras situaciones (ambientes y cultivares) (Piretro, 2004; Rosso, 2007).

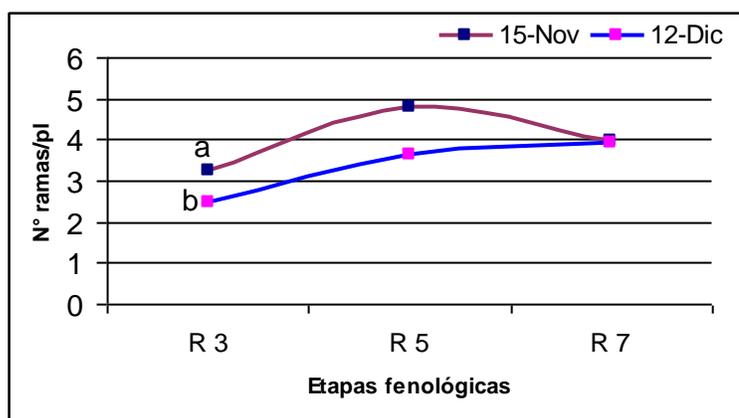


Figura 3: Número de ramas por planta según fecha de siembra. Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El número de nudos por planta no presentó efecto de interacción, pero se observaron diferencias entre FS y entre cv.

El efecto de la FS sobre el número de nudos (Fig. 4) se observó sólo en R3, alcanzando en la FS1 el mayor valor, respecto a la FS2, esta tendencia se mantuvo, aunque no estadísticamente. Estas diferencias estarían relacionadas al mayor número de ramas (Fig. 3). Este efecto de la FS sobre los nudos coinciden con lo registrado por Baigorri *et al.* (1995b), quienes, además, lo relacionaron con la disminución de la altura y el vuelco en siembras tardías.

Las diferencias entre cv se observaron (Fig. 5) a partir de R5 pero sólo fueron significativas en R7, cuando el cv 5409 de HCI tuvo mayor número de nudos que el cv 5520 de HCD, esto se debe a que los cv indeterminados siguen produciendo nudos después de floración (Egli y Leggett, 1973).

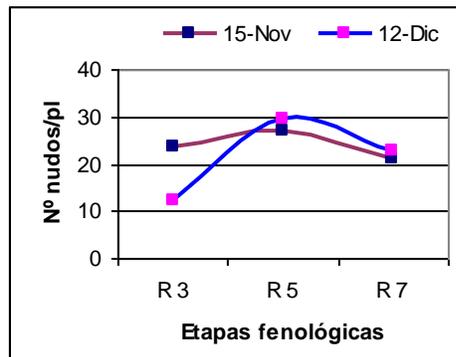


Figura 4: Número de nudos por planta según fecha de siembra.

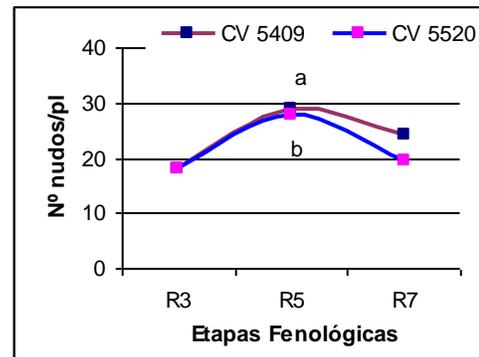


Figura 5: Número de nudos por planta según cultivar.

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El peso (PS) de las hojas por planta presentó efecto de interacción entre FS y cv, en R7 (Fig. 6); en donde el cv 5409 alcanzó el mayor PS en la FS1, en cambio en la FS2 fue el cv 5520. Este mismo efecto se observó en el número de ramas (Fig. 2), estos cv de HCI tienen la capacidad de continuar el crecimiento vegetativo en estadios reproductivos avanzados.

En la FS1 se logró el mayor PS de las hojas al inicio del desarrollo de las vainas –en R3– (Fig. 7), durante este período las plantas tuvieron mayor número de ramas (Fig. 3) las cuales pueden haber sido sitios para el desarrollo de las hojas. Las temperaturas medias a partir de R3 comenzaron a disminuir en la FS2 (Cuadro 1) pero estas no afectaron el crecimiento o la permanencia de las hojas. No hubo diferencias entre cultivares.

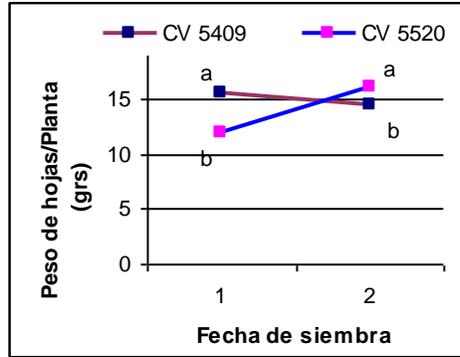


Figura 6: Peso seco de hojas según fecha de siembra y cultivar, en R7.

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

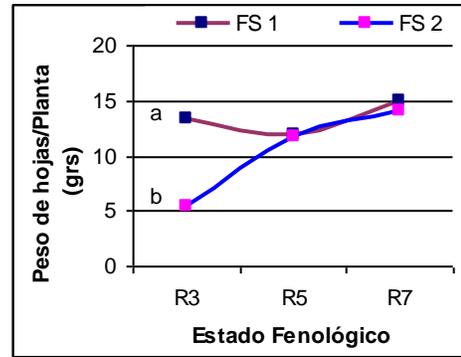


Figura 7: Peso seco de hojas según fecha de siembra durante el ciclo.

El PS de los pecíolos (Fig. 8) y los tallos + ramas (Fig. 9) sólo fue modificado por la FS, siendo significativamente mayor en la FS1. En las siembras más tempranas las plantas alcanzaron mayor producción de biomasa de estas estructuras de soporte, independientemente del cv. El mayor peso de los tallos estaría relacionado con el mayor número de ramas (Fig. 3) en la FS más temprana.

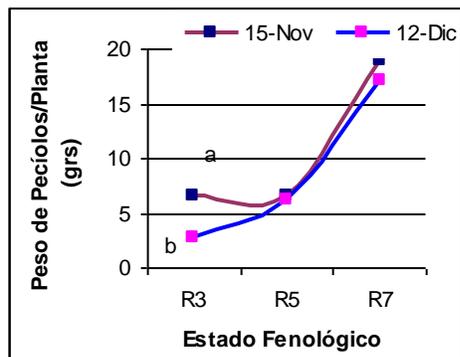


Figura 8: Peso seco de los pecíolos según fecha de siembra

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

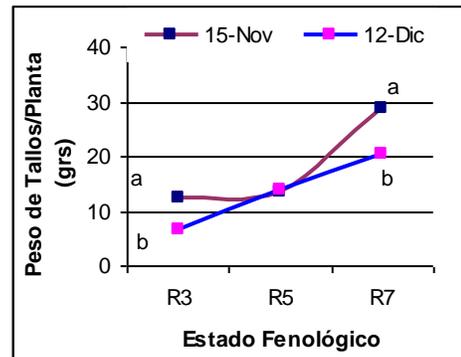


Figura 9: Peso seco de los tallos según fecha de siembra.

El número de frutos por planta presentó interacción entre FS y cv, en R3 (Fig. 10) y en R5 (Fig. 11). En la FS1 el cv 5520 alcanzó mayores valores que el cv 5409, pero no hubo diferencias en la FS2. Estos resultados no coincidirían con lo observado en el número de nudos, pues no hubo interacción entre FS y cv. Es para destacar en la FS2 el bajo número de frutos en ambos cv en R3, como así también el incremento registrado entre R3 y R5.

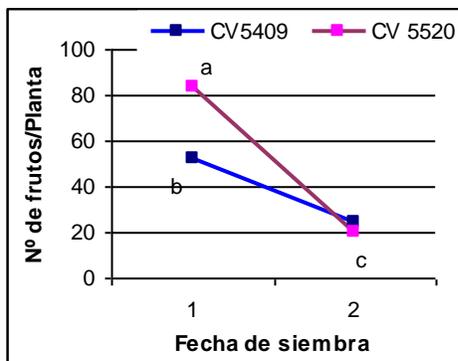


Figura 10: Número de frutos por planta según fecha de siembra y cultivar, en R3.

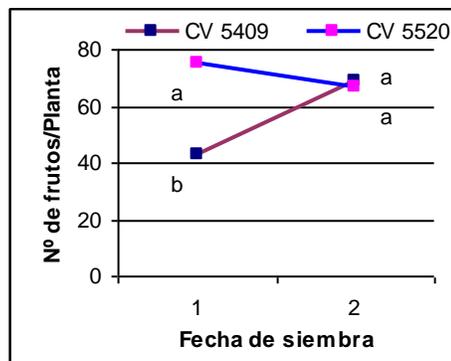


Figura 11: Número de frutos por planta según fecha de siembra y cultivar, en R5.

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

En R7 sólo hubo efecto del cv sobre los frutos (Fig. 12), siendo mayor en el cv 5409, este cv de HCI tiene la capacidad de continuar desarrollando ramas por un período prolongado de tiempo. Esto que produjo mayor cantidad de sitios (nudos) (Fig. 5), favoreciendo el incremento de los frutos.

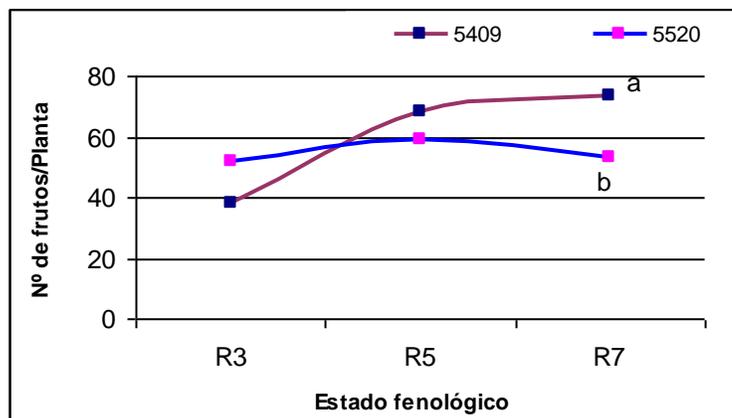


Figura 12: Número de frutos por planta según cultivar, en R7.

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El peso de los frutos por planta, en R3, tuvo efecto de interacción entre FS y cv (Fig. 13); en la FS1 el cv 5520 tuvo mayor número de frutos que el cv 5409 (Fig. 10) y por lo tanto mayor peso, pero estos valores son muy bajos por lo que se los podría considerar despreciables.

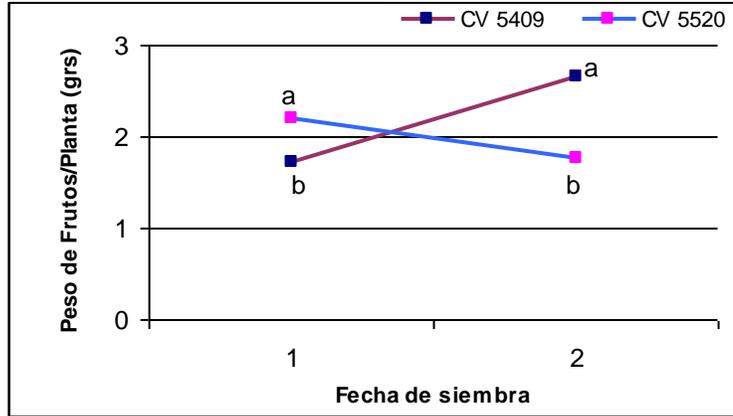


Figura 13: Peso de frutos por planta según fecha de siembra y cultivar, en R3. Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

A partir de R5 (Fig. 14) desaparece el efecto de interacción y se observan diferencias entre FS y entre cv. En la FS1 se obtuvo un mayor peso de frutos por planta, en R5 y R7 (Fig. 14). El atraso en la FS colocó al período de llenado de granos en condiciones ambientales más desfavorables al crecimiento ya que la temperatura media fue 4,5 °C menor en la FS2 (19,85 vs 15,38 °C) (Cuadro 1), siendo muy inferiores a los óptimos (Kantolic *et al.*, 2003). Esto coincide con Quijano *et al.* (1996), quienes observaron que tanto el número como el peso de los frutos son significativamente menores en siembras de segunda que en las de primera.

Si se analiza la diferencia entre cv (Fig. 15) en R5 se observa que el cv 5520 tuvo mayor PS de frutos que el cv 5409, en cambio en R7 el comportamiento de los cv fue inverso, lo que estaría relacionado al mayor número de frutos (Fig. 10).

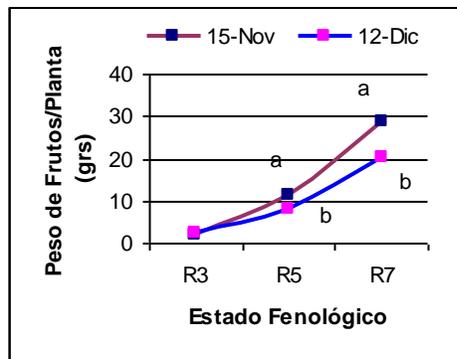


Figura 14: Peso de frutos por planta según fecha de siembra.

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

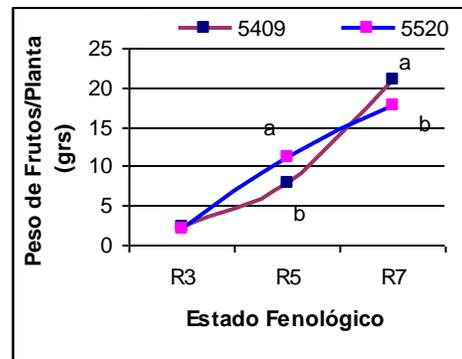


Figura 15: Peso de frutos por planta según cultivar.

El PS total por planta no presentó efecto de interacción ni del cv, aunque Baigorri *et al.* (1995b) observó en el cv 5409 una reducción del PS total con el atraso de la FS entre el 6/11 y 6/12. En esta experiencia sólo hubo diferencias entre FS (Fig.16). En general, las plantas de la

FS1 tuvieron mayor PS que las de las FS2. Si se analiza el efecto de este factor sobre el PS de cada uno de los órganos se observa una reducción en R5, que no fue estadísticamente significativa, pero posiblemente la suma de cada uno de ellos provocó esa caída en el peso total de la planta. Durante ese período se registraron bajas precipitaciones (Cuadro 1) que pudieron ocasionar un estrés hídrico que afectó negativamente el crecimiento del cultivo (Calviño y Sadras, 1999).

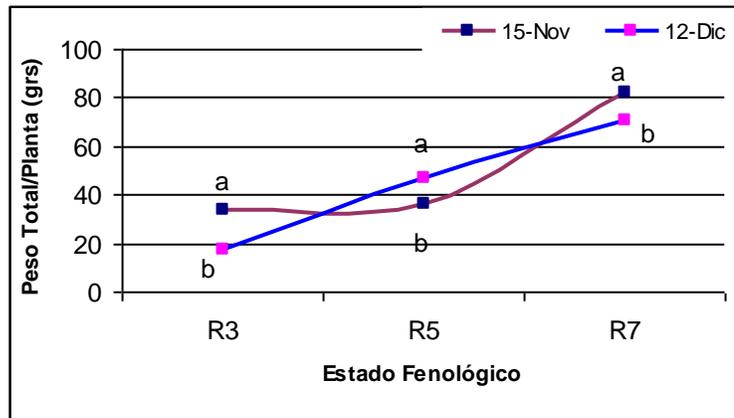


Figura 16: Peso total por planta según fecha de siembra. Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El número de nudos fértiles por planta (Fig. 17), al igual que el número de frutos por planta (Fig. 18), fue significativamente mayor en la FS1. Es evidente que el menor número de frutos en la FS2 se debe a que en la misma fecha también hubo un menor número de nudos, coincidiendo con lo descrito por Baigorri (2004), quien dice que el número de nudos alcanza las mayores valores en las siembras tempranas, debido a que se expone al cultivo a condiciones ambientales sub-óptimas (Cuadro 1). Poffo (2005) también observó este efecto en un conjunto de cultivares en los que estaba incluido cv 5504. La diferencia observada con los nudos registrados durante el ciclo (Fig. 4) es debida a que a cosecha sólo se contaron los fértiles, lo mismo ocurrió con los frutos (datos no mostrados).

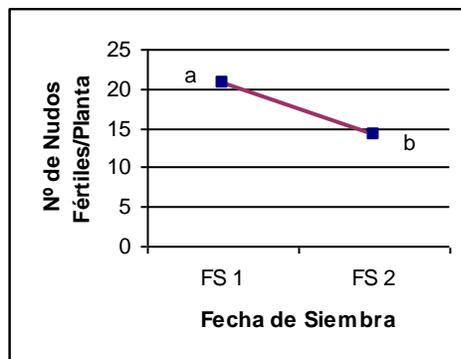


Figura 17: Número de nudos fértiles por planta según fecha de siembra.

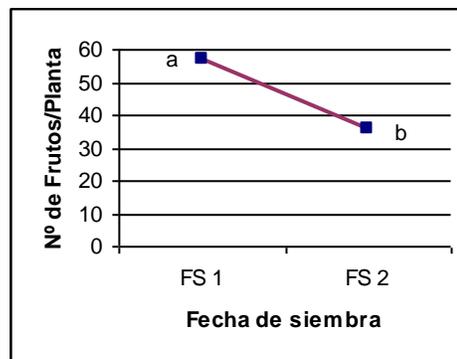


Figura 18: Número de frutos por planta según fecha de siembra.

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El número de semillas por superficie (Fig. 19) presentó diferencias significativas entre FS y cv. La FS1 presentó mayor número que la FS2 relacionándose directamente con el número de frutos (Fig 18). Estos pueden haber sido reducidos debido a la bajas temperaturas durante el período de llenado en la FS2 (Cuadro 1), según Kantolic *et al.* (2003) el número de granos está limitado por la disponibilidad de asimilados. En cuanto a los cv, el cv 5409 fue el que alcanzó el mayor valor. Esto se debe a que el cv 5409 tuvo al final del ciclo mayor número de frutos (Fig. 12), además de tener comparativamente con otros cvs mayor número de semillas por fruto (Poffo, 2005).

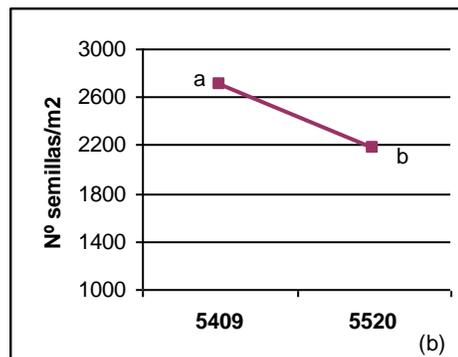
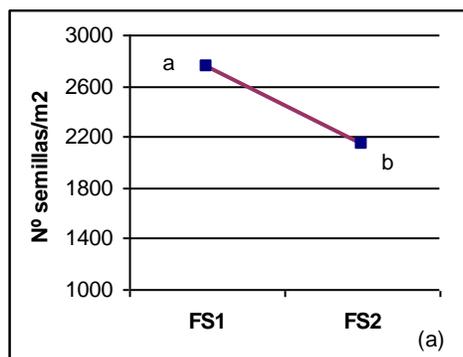


Figura 19: Número de semillas por planta según fecha de siembra (a) y cultivar (b).

Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El peso de 100 semillas (Fig. 20) fue mayor en el cv 5520. Esto coincide con lo observado en la RECSO 2002/2003/2004, donde el cv 5520 en todas las experiencias tuvo mayor peso de las semillas (Baigorri 2002, 2003 y 2004).

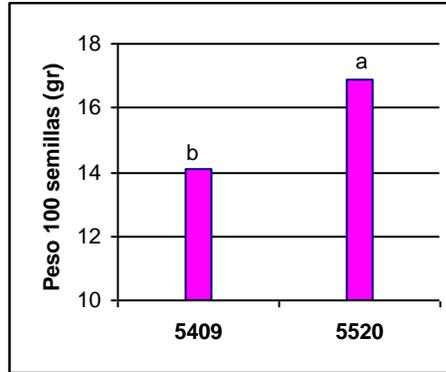


Figura 20: Peso de 100 semillas según cultivar.
Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El índice de cosecha (IC) (Fig.21), presentó diferencia significativa entre FS, siendo la FS2 la de mayor valor. Esto concuerda con lo observado por Baigorri (2004), quien sostiene que existe un incremento del IC con el atraso de la FS.

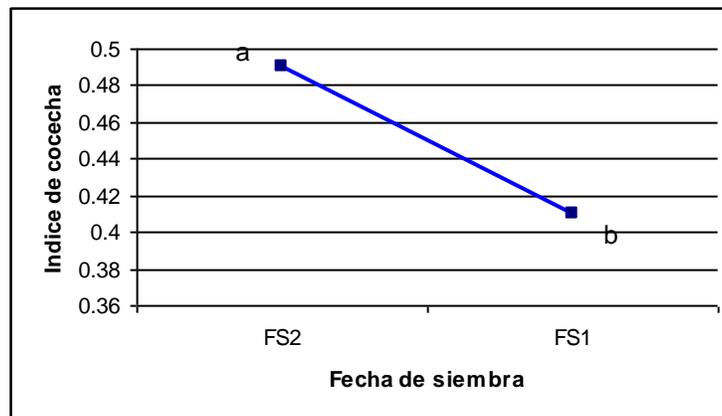


Figura 21: Índice de cosecha según fecha de siembra.
Letras distintas indican diferencias significativas con el test de Duncan ($p < 0.05$).

El número de plantas no fue modificado por la FS ni por el cultivar, los valores estuvieron entre 28 y 30 planta m^2 . A pesar que se sembró un mayor número de semillas, la falta de precipitaciones durante la emergencia provocó una drástica reducción del número de plantas.

El rendimiento no tuvo efecto de interacción ni del cv pero hubo diferencias entre las FS (Fig. 22 a y b), siendo la FS1 (4.178 kg ha^{-1}) la que alcanzó el mayor valor, superando en un 27 % a la FS2 (3.292 kg ha^{-1}). El rendimiento de semillas se redujo $32,8 \text{ kg ha}^{-1}$ por cada día de atraso entre ambas fechas de siembra, disminución aproximada a la citada por Baigorri *et al.* (1995c).

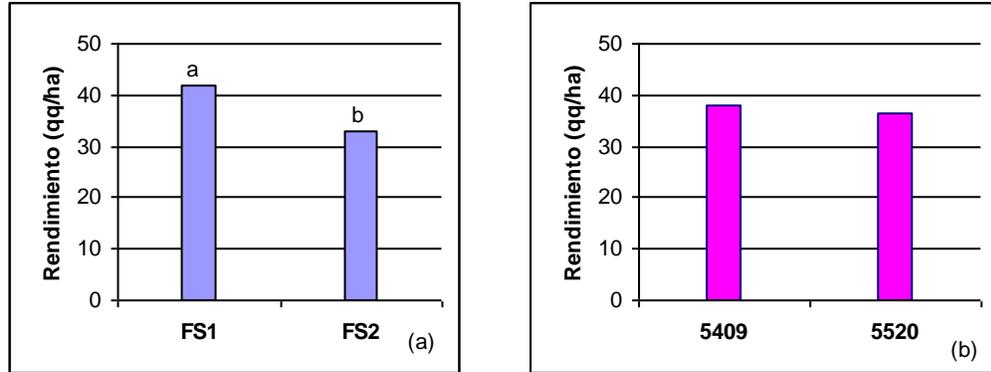


Figura 22: Rendimiento de soja según fecha de siembra (a) y cultivar (b).

La reducción del ciclo y las bajas temperaturas durante el período de llenado contribuyeron a la disminución del rendimiento en la siembra de segunda (11/12), pues se constató una disminución del tamaño de la planta (Fig. 16), debido a los cambios producidos por los diferentes órganos, y del número de frutos (Fig. 18) que afectó el número de granos que es el componente directo de mayor efecto sobre el rendimiento. En la Fig. 23 se observa una alta asociación entre el rendimiento con el número de granos por m^{-2} (a), en cambio no hay relación con el peso de 100 semillas (b), coincidiendo con lo expresado por Kantolic *et al.* (2003). Es por eso que a pesar de existir diferencias en el peso de las semillas entre cultivares no fue suficiente para modificar el rendimiento.

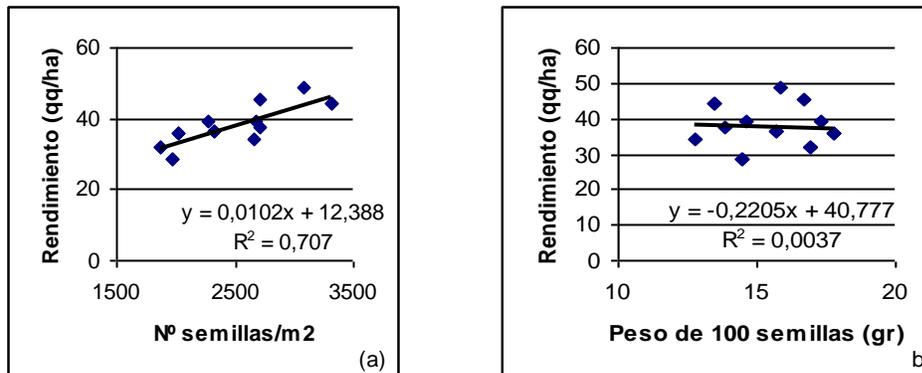


Fig. 23: Relación entre el rendimiento con el número de semillas m^{-2} y el peso de 100 semillas.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la campaña 2001/02 se puede concluir que:

1. El atraso en la fecha de siembra de los cultivares A 5520 y A 5409 entre el 15 de noviembre y el 12 de diciembre, no mostró una reducción de sus ciclos debido a que la falta de precipitaciones enmascararon la diferencia de tiempo.
2. Independientemente del cultivar, la primer fecha de siembra alcanzó la mayor producción de biomasa aérea total a cosecha, debido a que hubo un mayor desarrollo de nudos y ramas.
3. El número de nudos y ramas después de floración fue mayor en el cultivar A 5409.
4. El rendimiento de semilla, sin importar el cultivar, fue mayor en la fecha de siembra más temprana (15 de noviembre).
5. La diferencia en el rendimiento es explicada por el número de frutos y semillas por superficie.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BAIGORRI, H.E.J. 1997a. Ecofisiología del cultivo. En: GIORDA, M.L. y H.E.J. BAIGORRI. 1997. **El cultivo de la soja en Argentina**. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez – EEA Manfredi. Cap. 2. p: 29-50.
- BAIGORRI, H.E.J. 1997b. Manejo del cultivo. En: GIORDA, M.L. y H.E.J. BAIGORRI. 1997. **El cultivo de la soja en Argentina**. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez – EEA Manfredi. Cap. 6. p: 125-138.
- BAIGORRI, H.E.J. 2002. **Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja**. Subregión II-4. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez.
- BAIGORRI, H.E.J. 2003. **Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja**. Subregión II-4. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez.
- BAIGORRI, H.E.J. 2004. **Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja**. Subregión II-4. INTA. Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez.
- BAIGORRI, H.E.J. y D.R. CROATTO. 2000. **Manejo del cultivo de soja en Argentina**. Editar, San Juan. 50.
- BAIGORRI, H.E.J.; A. DEL PINO y L. SEGURA. 2004a. Soja Actualización. EEA-INTA Marcos Juárez. **Información para Extensión** 89: B-68.
- BAIGORRI, H.E.J.; A. DEL PINO y L. SEGURA. 2004b. Soja Actualización. EEA-INTA Marcos Juárez. **Información para Extensión** 89: B-69.
- BAIGORRI, H.E.J.; R. SCARAFONI 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. **Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos**. Pergamino - Bs As. AIANBA. Parte 1: Desarrollo. p: 222-229.
- BAIGORRI, H.E.J.; R. SCARAFONI 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. **Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos**. Pergamino – Bs As. AIANBA. Parte 2: Crecimiento. p: 214-221.
- BAIGORRI, H.E.J.; M.I. TRAVASSO 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**. AIANBA. Pergamino – Bs As. p: 198-205.
- BEAVER, J.S.; R.L. COOPER y R.J. MARTIN. 1985. Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate soybeans. **Agron. J.** 77: 675-679.

- BERNARD, R.L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. **Crop Sci.** 12: 235-239.
- CALVIÑO, P.A. y V.O. SADRAS. 1999. Interannual variation in soybean yield: Interaction among rainfall, soil depth, and crop management. **Field Crop Res.** 63: 237-246.
- 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., and LEGGETT J.E., J.E. 1973. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. **Crop Sci.** 13: 220-222.
- EGLI, D.B.; R.D. GUFFY y J.E. LEGGETT. 1978 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.
- FOLEY, T.C.; J.H. ORF y J.W. LAMBERT. 1986. Performance of related determinate and indeterminate soybean lines. **Crop Sci.** 26: 5-8.
- GBIKPI, P.J. y R.K. CROOKSTON. 1981 Effect of flowering date on accumulation of dry matter and protein in soybean seed. **Crop Sci.** 21: 652-655.
- KANTOLIC, A., P.L. GIMENEZ y E.B DE LA FUENTE. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En Satorre, E. **Producción de granos. Bases funcionales para su manejo.** Cap. 9. p: 167-201.
- PEPPER, G.E. 1981. Narrow-row soybeans: what to consider. University of Illinois at Urbana-Champaign. College of Agriculture. Cooperative Extension Service. Illinois. EE.UU. Circular 1161.
- PIRETRO, E. 2004. **Comportamiento de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) de crecimiento determinado en fecha de siembra tardía.** Trabajo Final de Grado. FAV – UNRC. 20 p.
- PIQUIN, A. 1968. Soja : cultivo del futuro argentino. **Revista Bolsa de Cereales.** 2811: 38-43.
- POFFO, F. 2005. **Comportamiento de cultivares de soja de diferentes grupos de madurez en relación a la fecha de siembra en la Región de Achiras.** Trabajo Final de Grado.FAV – UNRC. 52 p.
- 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.
- ROSSO, S. 2007. **Comportamiento de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) de grupos de madurez III y V en una situación de loma y bajo.** Trabajo Final de Grado.FAV – UNRC. 40 p.

SAGPyA. 2005. Estimaciones agrícolas –oleaginosas-Soja. En: www.sagpya.mecon.gov.ar.

Consultado: 25/09/05.

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 regimes. **Bot. Gaz.** 144: 471-476.

