

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**



**Proyecto de Trabajo Final  
para optar el grado de Ingeniero Agrónomo**

**RENDIMIENTO DE CULTIVARES DE SOJA DE GRUPO DE  
MADUREZ V Y VI CON RIEGO COMPLEMENTARIO**

**Alvarez, Carlos Alberto  
DNI: 28.498.991**

**Directora: Ing. Agr. Elena M. Fernández**

**Río Cuarto- Córdoba  
Octubre 2010**

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final:** Rendimiento de Cultivares de Soja de Grupos de Madurez V y VI con riego complementario.

**Autor:** Alvarez, Carlos Alberto

**DNI:** 28.498.991

**Directora:** Elena M. Fernández

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

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

## ÍNDICE GENERAL

	Página
Certificado de aprobación.....	I
Índice general.....	II
Índice de figuras.....	IV
Índice de cuadros.....	V
Resumen.....	VI
Summary.....	VII
1- Introducción.....	1
2- Hipótesis.....	8
3- Objetivos.....	8
4- Materiales y métodos.....	9
5- Resultados y Discusión.....	12
5.1- Condiciones ambientales.....	12
5.1.1- Precipitaciones y Riego.....	12
5.1.2- Temperaturas.....	13
5.2- Crecimiento y Desarrollo.....	14
5.2.1- Número de plantas emergidas.....	14
5.2.2- Número de plantas a cosecha.....	14
5.2.3- Altura de plantas a cosecha.....	15
5.2.4- Altura de primer nudo.....	15
5.2.5- Número de ramificaciones.....	16
5.2.6- Número de nudos.....	17
5.2.6.1- Número de nudos en el tallo principal.....	17
5.2.6.2- Número de nudos en las ramificaciones.....	17
5.2.6.3- Número de nudos totales.....	18
5.2.7- Número de frutos.....	19
5.2.7.1- Número de frutos en el tallo principal.....	19
5.2.7.2- Número de frutos en las ramificaciones.....	20
5.2.7.3- Número de frutos totales.....	20
5.2.8- Número de granos por fruto.....	21
5.2.8.1- Número de granos por frutos en el tallo principal.....	21
5.2.8.2- Número de granos por frutos en las ramificaciones.....	22
5.2.8.2- Número de granos por frutos totales.....	22
5.2.9- Número de granos por planta a cosecha.....	23
5.2.10- Peso de 100 granos.....	24

5.2.11- Rendimiento.....	25
5.3- Conclusiones.....	27
5.4- Bibliografía.....	28
5.5- Anexo.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de cultivo y Riego complementario de las mismas.....	12
Figura 2: Variación de las temperaturas durante el ciclo de cultivo.....	13
Figura 3: Número de plantas emergidas.....	14
Figura 4: Número de plantas a cosecha.....	14
Figura 5: Altura de planta a cosecha.....	15
Figura 6: Altura de primer nudo.....	16
Figura 7: Número de ramificaciones.....	16
Figura 8: Número de nudos en el tallo principal.....	17
Figura 9: Número de nudos en las ramificaciones.....	18
Figura 10: Número de nudos totales.....	19
Figura 11: Número de frutos en el tallo principal.....	19
Figura 12: Número de frutos en las ramificaciones.....	20
Figura 13: Número de frutos totales.....	20
Figura 14: Número de granos por fruto en el tallo principal.....	22
Figura 15: Número de granos por fruto en las ramificaciones.....	22
Figura 16: Número de granos por frutos totales.....	23
Figura 17: Número de granos por planta a cosecha.....	24
Figura 18: Peso de 100 granos.....	24
Figura 19: Rendimiento.....	25

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de cultivo y Riego complementario de las mismas.....	31
Cuadro 2: Número de plantas emergidas (valores medios).....	31
Cuadro 3: Número de plantas a cosecha (valores medios).....	31
Cuadro 4: Altura de plantas a cosecha (valores medios).....	31
Cuadro 5: Altura de primer nudo (valores medios).....	31
Cuadro 6: Número de ramificaciones (valores medios).....	32
Cuadro 7: Número de nudos en el tallo principal y en las ramificaciones (valores medios).....	32
Cuadro 8: Número de nudos totales (valores medios).....	32
Cuadro 9: Número de frutos en el tallo, en las ramificaciones y totales.....	32
Cuadro 10: Número de granos por fruto en el tallo, en las ramificaciones y totales...	32
Cuadro 11: Número de granos por planta a cosecha.....	33
Cuadro 12: Peso de 100 granos.....	33
Cuadro 13: Rendimiento.....	33

## RESUMEN

A partir de los últimos años de la década del '70, la producción de soja ha venido creciendo constantemente en nuestro país. Este importante aumento de producción se ha logrado no solo con incrementos de superficie sembrada, sino también con rendimientos unitarios que se escriben entre los más altos del mundo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos del riego complementario sobre el rendimiento de grano y sus componentes. El mismo se llevó a cabo en el ciclo agrícola 2006-2007, en el campo "Cabecitas" ubicado en la ciudad de Villa María, en la Provincia de Córdoba. Se utilizó un diseño en bloque completamente aleatorizado, donde el tratamiento fue el grupo de madurez (GM) con dos niveles: GM V (DM 50048 RG) y VI (DM 6200 RG). Para efectuar la programación de los diferentes riegos se dividió el ciclo del cultivo en tres etapas: pre-crítico, crítico y post-crítico. Los componentes del rendimiento que fueron evaluados son: altura de planta e inserción del primer fruto; número de ramificaciones por planta; número de nudos fértiles por planta, discriminado por ramificaciones y tallo; número de semillas por fruto: de las plantas tomadas se contarán las semillas y se promediarán teniendo en cuenta la cantidad de frutos; y peso de las semillas: se tomaran 100 granos, con tres repeticiones para obtener un valor medio.

El rendimiento de grano no mostró diferencias significativas tanto en los tratamientos con riego como en secano. Por parte de los componentes del rendimiento, en su mayoría no presentaron efectos de interacción, a excepción del número de frutos (o vainas) totales.

Palabras claves: *Glycine max*; suelo salino-sódico; componentes del rendimiento.

## SUMMARY

A starting off of the last years of the decade of '70, the soybean production has come growing constantly in our country. This important increase of production has been obtained not only with increases of seeded surface, but also with unitary yields that are written between highest of the world. The objective of this work was to evaluate the effects of the complementary irrigation on the grain yield and its components. The same was carried out in agricultural cycle 2006-2007, in the field "Small heads" located in the city of Villa Maria, in the Province of Cordova. A design in completely randomized block was used, where the treatment was the group of maturity (GM) with two levels: GM V (DM 50048 RG) and VI (DM 6200 RG). In order to carry out the programming of the different irrigations the cycle of the culture in three stages was divided: pre-critic, critic and post-critic. The components of the yield were evaluated that were evaluated are: height of plant and insertion of the first fruit; number of ramifications by plant; number of fertile knots by plant, discriminated by ramifications and stem; number of seeds by fruit: of the taken plants to count number of fruits by plant, the seeds would be counted and they will be divided equally considering the amount of fruits; and weight of the seeds: 100 grains would be taken, with three repetitions to obtain an average value. The grain yield as much did not show significant differences in the treatments with irrigation like in dry land. On the part of the components of the yield, in its majority they did not present/display interaction effects, with the exception of the number of fruits (or cases) total.

Key words: *Glycine max*; karst-sodium ground; component of the yield.

## 1. INTRODUCCIÓN

### Cultivo de la soja

La longitud del ciclo de cada cultivar se modifica según la latitud, debido a la respuesta fotoperiódica de la soja (*Glycine max* (L) Merr.). En consecuencia, existe un rango de grupo de madurez (GM) adaptados a cada región que se comportaran como ciclo corto, medio o largo. Por lo tanto, es muy importante la elección de los cultivares a utilizar para la siembra; en el centro de nuestro país se emplean principalmente los GM III, IV, V y VI. En general en nuestra zona, los ambientes de alta producción se siembran con soja de GM más cortos, ya que las variedades de los grupos más largos por diferentes motivos, presentan en estos casos menores rendimientos. En los ambientes de menor potencial de rendimiento, las variedades de GM más largo se adaptan mejor, son más estables y alcanza incluso altos rendimientos cuando las condiciones climáticas son adecuadas (Tellería, 2003).

El rendimiento de la soja se lo puede dividir en sus componentes indirectos y directos; entre los indirectos encontramos al número de plantas, de vainas por metro cuadrado y de granos por vaina, y dentro de los directos al número de granos por metro cuadrado y al peso de los granos.

Las etapas críticas para la determinación del rendimiento son las reproductivas, momento en el que se definen los componentes número y peso de grano. Si bien las estructuras reproductivas son muy sensibles al estrés, el alto grado de indeterminación de la soja le confieren al cultivo una gran estabilidad ante situaciones de estrés temporarios (Baigorri, 2004). Esta superposición es mayor en los cultivares de hábito de crecimiento (HC) indeterminado que en los determinados y generalmente estos últimos son de mayor periodo de crecimiento (ciclo más largo). En general, durante el periodo reproductivo, los cultivos tienen alta demanda de agua que sumado a la ocurrencia de mayor temperatura (en los cultivos estivales) hacen de este periodo el más sensible al déficit hídrico, como así los cultivos que tienen floración indeterminada (Katerji *et al.*, 2003).

El número de granos es el componente que explica gran parte de las variaciones en el rendimiento, debido a que se determina primero, por lo que varía mucho en respuesta a fluctuaciones de las condiciones ambientales en las que se desarrolla el cultivo (Gutiérrez Boem, *et al.*, 1998). El valor por unidad de área queda determinado durante el período R2-R5 (floración-inicio de llenado de granos) y su reducción sólo puede ser compensada parcialmente por el aumento en el peso unitario de las semillas (Baigorri, 1997). El número final de granos, que el cultivo puede establecer en relación al número potencial, se asocia principalmente con la

capacidad de crecimiento de los individuos dentro del cultivo durante el período crítico de fijación de vainas y semillas (Vega y Andrade, 2000).

El segundo componente directo del rendimiento -el peso de granos- sólo puede ajustarse a cambios en el ambiente una vez que el número de granos está determinado, por lo tanto, es menos modificable que este último (Gutiérrez Boem *et al.*, 1998). Este componente depende del genotipo y de las condiciones ambientales que determinan la capacidad de fotosíntesis del canopeo y la duración de la etapa de llenado. La dinámica de acumulación de materia seca en el grano es afectada por la disponibilidad de asimilados, que influencia la tasa y en algunos casos la duración del período de llenado (Andrade *et al.*, 2000).

La temperatura regula el desarrollo del cultivo de soja; los requerimientos en tiempos térmicos para que se cumpla la etapa VE a R1 tienden a disminuir desde los GM mayores hacia los GM menores. La fijación de vainas se retrasa con temperaturas menores a 22 °C y cesa con temperaturas menores a 14°C (Vega y Andrade, 2000). La temperatura óptima para que se mantenga elevada la tasa de crecimiento de las semillas se encuentra alrededor de los 23,5 °C.

La cantidad y distribución de lluvias es la causa principal de la variación interanual del rendimiento de los cultivos de secano, entre ellos la soja. Las necesidades de agua para una producción óptima de soja varían entre 450 y 700 mm, dependiendo del clima y de la duración de su ciclo de desarrollo. La deficiencia o el exceso de agua, durante el periodo vegetativo retrasan el crecimiento (Gil, 1994).

Las plantas anuales muestran diversos grados de tolerancia al estrés hídrico causado por períodos esporádicos de sequía. Las plantas de soja pueden reaccionar frente a la sequía posponiendo la deshidratación, a través de un aumento en el desarrollo de su sistema radical en profundidad; o bien tolerando la deshidratación por un ajuste osmótico que permita mantener el potencial de presión cuando baja el potencial agua de la planta. Estos atributos son característicos de cada planta, pero no se puede esperar un gran rango de variación dentro de los cultivares comerciales de soja utilizados.

Una vez que la planta de soja desplegó el primer par de hojas, se hace muy tolerante a la sequía. Esta especie posee la característica de poder producir ajustes osmóticos a nivel del hipocótilo por hidrólisis y resíntesis de sus contenidos cotiledonares; los cotiledones actúan como cámaras compensadoras, aumentando por síntesis, o disminuyendo por hidrólisis, los potenciales osmóticos de los tejidos a expensas de aquellos mecanismos, lo que le confiere una excelente adaptación a los diferentes niveles de potencial agua que pudieran existir en el suelo (Dardanelli *et al.*, 2004).

El hecho que durante el período vegetativo la soja sea tolerante a la sequía<sup>1</sup>, no significa que sea insensible a ella. Si hay deficiencias prolongadas la planta manifestará reducción del área foliar, aumentará la tasa de asimilación neta por mayor iluminación, cierre estomático, etc. que lleva a la planta a quitar agua del suelo con mucha eficiencia (Dardanelli *et al.*, 2004).

Sequías prolongadas en el período vegetativo y de floración de sojas sembradas después del 15 de diciembre pueden producir un índice de área foliar (IAF) en R5 muy por debajo del IAF crítico, perdiendo eficiencia para la captación de radiación lumínica en el período de llenado de semillas (Baigorri, 2004).

Si la sequía edáfica se combina con días de baja humedad relativa e insolación, las plantas no podrán mantener la posición normal de sus hojas respecto a la incidencia de los rayos solares, disminuirá la fotosíntesis, la tasa de asimilación neta y consecuentemente los rendimientos (Dardanelli *et al.*, 2004).

El déficit hídrico es, generalmente, el factor limitante de mayor importancia para el rendimiento de semilla de soja. El tipo y magnitud del efecto de este estrés sobre la planta depende del momento, intensidad y duración de su ocurrencia.

El efecto del momento de ocurrencia de una deficiencia hídrica, para una misma intensidad, será distinto según el estado del cultivo, que según Baigorri (1997), se puede dividir en tres períodos.

- *Emergencia a Floración (E-R1)*: En este período, deficiencias hídricas de mediana intensidad (40-50% de agua útil (A.U.) en el suelo) producen reducciones en el rendimiento de semilla, si bien pueden disminuir el área foliar y la altura de la planta. Intensidades mayores (contenidos entre 20 y el 40 % de A.U.) podrán producir reducciones en rendimiento de semilla del orden del 10%.

- *Floración a comienzo del llenado de la semilla (R1-R5)*: Este período es más susceptible a deficiencias hídricas que entre E – R1. La reducción del rendimiento se debe al aborto de flores y vainas que disminuyen el número final, estas últimas, siendo en parte compensado por el peso de las semillas, si cesa la deficiencia hídrica en la etapa siguiente (Dardanelli *et al.*, 1991).

---

<sup>1</sup> Sequía significa período seco prolongado (Loomis y Connor, 1992). Esta puede ser causada por escasez de agua disponible para las plantas (por lluvias escasas, suelos poco profundos, baja capacidad de retención o impedimentos a la penetración radicular, o por una alta demanda relacionada con altas temperaturas y radiación, baja humedad relativa y vientos fuertes.

La magnitud de estas reducciones es variable según el HC del cultivo y la biomasa alcanzada en el período anterior. Intensidades medias pueden producir reducciones en el rendimiento en semilla del orden del 10%, mientras que deficiencias hídricas severas producen disminuciones del 20% o más.

Un cultivo de soja con gran crecimiento durante la floración no significa que tendrá un alto rendimiento, porque lo importante es la alta tasa de crecimiento a partir de R4. Es necesario, llegar a fines de enero –según el cultivar- con un cultivo en estado óptimo y mantenerlo durante el llenado de granos. Es por ello que las mayores respuestas de la soja al riego se obtienen a partir de esos momentos. Las principales limitaciones ambientales para la obtención de altos rindes de soja son las deficiencias hídricas en febrero y las moderadas temperaturas durante el verano. Por otro lado, su amplio período reproductivo le confiere tolerancia a situaciones puntuales de estrés (Andrade *et al.*, 2000).

- *Comienzo de llenado a fin de llenado de granos (R5-R7)*: Es el período más crítico para el cultivo de soja, el estrés produce la reducción simultánea del número de vainas, del número de semillas por vaina y del peso de las semillas sin posibilidad de compensación de algún componente del rendimiento. Deficiencias hídricas severas pueden producir pérdidas de rendimiento muy importantes (del orden de 40% o más) (Baigorri, 1997). Además, la fuerte demanda de asimilados por parte de las semillas detiene prácticamente el crecimiento del resto de la planta, suspendiendo la exploración de las raíces en nuevas áreas de suelo, factor que hasta entonces permitía posponer el estrés. Para un llenado de granos normal y una producción elevada, el agua del suelo durante este periodo no debería sobrepasar un nivel de agotamiento del 50%, valor promedio que dependerá de las condiciones atmosféricas (Dardanelli *et al.*, 1991).

Después de la fecundación, en la semilla hay una fase de división y diferenciación celular. Durante esta fase, que dura entre 10 y 20 días, no se produce un aumento detectable del peso del grano. Posteriormente, la semilla acumula materia seca a un ritmo sostenido hasta madurez fisiológica, momento en el que cesa el crecimiento del grano. El peso final del grano puede describirse como una función de su tasa de crecimiento y de la duración del período de llenado. Ambos atributos están gobernados genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales (Kantolic *et al.*, 2004).

Las principales diferencias entre genotipos en el peso de los granos son atribuibles a diferencias en la tasa de crecimiento de los granos (Kantolic *et al.*, 2004).

La tasa de crecimiento del grano es sensible a factores ambientales –como la temperatura, el fotoperíodo, la radiación o la disponibilidad de nitrógeno- que regulan el

desarrollo temprano del embrión, el flujo de fotoasimilados hacia la semilla o su habilidad para sintetizar reservas (Kantolic, *et al.*, 2004).

Las disminuciones en el peso de los granos causadas por deficiencias hídricas o nitrogenadas están más frecuentemente asociadas a un acortamiento del período de llenado que a cambios evidentes en la tasa de crecimiento de los granos (Kantolic *et al.*, 2004).

La respuesta diferente a iguales niveles de estrés hídrico en las diferentes etapas fenológicas es de gran importancia en el manejo del cultivo bajo condiciones de riego, ya que permite priorizar el momento de aportes de agua, contribuyendo sustancialmente al uso económico del equipo y la fuente de agua disponible.

Se puede hacer dos grandes divisiones de zonas con producción de cultivos bajo riego. En primer lugar, aquella denominada *árida*, en la cual el aporte de agua de lluvia es exigua y donde el riego es la única alternativa posible para obtener una producción rentable. La otra zona es la denominada *de secano*, donde con el solo aporte de agua de lluvia se producen los cultivos tradicionales. El caso típico es la pampa húmeda y subhúmeda, donde el riego es una técnica más de producción, que permite estabilizar y/o maximizar los rendimientos. Si comparan las dos zonas, se puede decir que en la primera el riego es imprescindible y casi el único aporte de agua. Por lo tanto, la cantidad de agua de riego será similar a la requerida por el cultivo. En cambio, en la zona de secano las necesidades de agua de los cultivos son cubiertas en gran parte por la lluvia, presentándose deficiencias de agua más o menos severas en forma esporádica. Esto hace que la cantidad de agua a agregar con el riego durante el ciclo del cultivo varíe ampliamente de año a año (Andriani y Bodrero, 1995).

En la implementación de la técnica de riego suplementario en una explotación agrícola es importante definir si el objetivo es maximizar la producción o la rentabilidad del sistema de cultivo en su conjunto. En el primer caso, se tendrá que mantener un contenido de agua útil en el suelo por encima del umbral crítico, que permita y asegure cubrir los requerimientos de agua del cultivo durante todo su ciclo. En el segundo caso, se priorizará la conservación de la humedad del suelo sobre el umbral de riego sólo en el período de mayor susceptibilidad del cultivo a las deficiencias hídricas, es decir durante el llenado de semillas, sin permitir que el agua útil del suelo esté por debajo del 30% en ningún momento del resto del ciclo del cultivo. Con esta estrategia es posible un aumento de la superficie bajo riego para un determinado equipo, que compense con creces la probabilidad de pérdidas de rendimientos físicos por hectárea, aumentando en definitiva la eficiencia de uso del agua y el equipo de riego.

Es importante destacar que, para el cultivo de soja, riegos excesivos durante el período vegetativo del cultivo se pueden traducir en un incremento del vuelco, sin que ocurra un

incremento del rendimiento en semilla. Inclusive, en algunas situaciones puede ocurrir una reducción del rendimiento por problemas sanitarios, como por ejemplo una mayor incidencia de la podredumbre húmeda del tallo producida por *Sclerotinia sclerotiorum*.

Con un buen abastecimiento de humedad en el suelo, la fracción de agua útil que se puede extraer de una determinada profundidad será máxima cuando no existan limitantes para la distribución uniforme de las raíces, y se haya alcanzado una densidad crítica de raíces en dicha profundidad (Andriani *et al.*, 1991).

A los fines de asegurar la máxima expresión de desarrollo y crecimiento de las raíces desde la implantación del cultivo, para optimizar el aprovechamiento del agua del suelo y la eficiencia de uso, es importante contar con un adecuado suministro de agua hasta la profundidad efectiva de enraizamiento del suelo al momento de la siembra. Al mismo tiempo es necesario disponer de una suficiente cobertura y buena estructura de la superficie del suelo que permita optimizar la infiltración para el normal reabastecimiento del perfil con las sucesivas lluvias (y riegos), y disminuir significativamente las pérdidas por evaporación y escurrimiento (Dardanelli *et al.*, 2004).

#### Suelos de la región de Villa María

En la zona agrícola de Villa María – Córdoba hay una gran variabilidad de suelos y ambientes entre áreas, entre campos y dentro de cada lote en un mismo campo, determinando ambientes de alto y otros de bajo potencial de producción. Esta gran variabilidad genera dificultades a la hora de seleccionar los GM y variedades más adecuadas para cada lote (Baigorri, 2004).

Una importante superficie de suelos ubicados al sudoeste y al este-noreste de Villa María (Córdoba) presenta sectores que no permiten el desarrollo normal y homogéneo de cultivos, denotándose “manchones” con menor altura y número de plantas, lo que facilita el avance de malezas gramíneas y reduce la producción de los cultivos (Bonadeo *et al.*, 2001). El “manchoneo” de la vegetación ocurre tanto en los suelos de uso agrícola como ganadero.

Los “manchones” de cultivos se presentan en porciones definidas del terreno, de forma irregular, con límites abruptos y de tamaños variables (Bonadeo *et al.*, 2001).

Los sectores donde los cultivos no manifiestan afectación y aquellos notoriamente manifiestos han permitido establecer que, debido a los diferentes procesos de formación de suelos, se han producido lixiviados y ascensos capilares que elevaron y distribuyeron en forma diferencial el tenor salino del perfil de los suelos y del freático (Bonadeo *et al.*, 2002).

La principal causa del manchoneo es el contenido de sales del perfil del suelo y los elevados valores del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que genera un estado de dispersión coloidal que altera la dinámica hídrica del perfil, limitando el descenso del frente freático (Rengasamy, 1998).

La sintomatología de las plantas afectadas por “manchoneo” se caracteriza por achaparramiento, hojas más pequeñas, aunque pueden tener mayor espesor que aquellas plantas normales, y a menudo de un color verde más oscuro. Ello coincide con la sintomatología mencionada por Havlin *et al.* (1999) para vegetación de suelos con sales. La intensidad de la manifestación está relacionada con la variedad utilizada, con la etapa ontogénica por la que atraviesa el cultivo y con el déficit hídrico (Bonadeo *et al.*, 2001, 2002), entre otros factores.

Considerando que el agua de lluvia es una solución altamente diluida, su ingreso (infiltración) en este perfil produciría una dilución y remoción de las sales en el frente de humedecimiento, lo que lleva inmediatamente a un efecto disperso del complejo coloidal de alto PSI (Varallyay, 1981).

En los suelos de esta región no existe información sobre el comportamiento de la soja, y sabiendo que los cultivares tienen diferentes comportamientos sería necesario evaluar un conjunto genotipos en un ambiente.

## **2. HIPOTESIS:**

Los cultivares de soja de grupos de madurez V alcanzan mayores rendimientos que los VI cuando se desarrollan en suelo salino sódico con riego suplementario.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

➤ Evaluar el comportamiento de cultivares de soja de grupo de madurez V y VI en suelo salino-sódico con riego suplementario.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

➤ Determinar los componentes directos (número de granos por metro cuadrado y peso de 100 granos) e indirectos (número de plantas por metro cuadrado, número de vainas por metro cuadrado, número de granos por vaina) del rendimiento.

➤ Estimar el rendimiento.

#### 4. MATERIALES y MÉTODOS

En la campaña 2006-2007 se realizó una experiencia en la zona de Villa María, con el cultivo de soja (*Glycine max* (L) Merrill), en un campo ubicado a 30 km NE de la ciudad.

El régimen térmico de la región es templado, su temperatura media anual es de 16,05 °C, con una amplitud térmica aproximada del mes más calido (enero) y de mes más frío (julio) de 14,5 °C. La fecha media de primeras heladas es alrededor de la primera quincena de mayo y la fecha media de últimas heladas se ubica en la segunda quincena de septiembre. En consecuencia el periodo medio libre de heladas es superior a los 212 días. En el 100 % de los años ocurren heladas (INTA, 1987).

Con respecto al régimen pluviométrico, es del tipo monzónico, ya que las lluvias de los seis meses estivales triplican largamente a las del semestre invernal. La precipitación media anual es de 799 mm. Los meses más lluvioso son diciembre, enero y marzo, y los más secos junio, julio y agosto (INTA, 1987).

El establecimiento “Cabecita”, propiedad de la Firma GAYMA de Altamirano Hnos. cuenta con suelos Natrustoles típicos, con textura franco limosa, cuya Clase de Capacidad de Uso son IV y VI.

Previo a la siembra del cultivo de soja se determinaron las condiciones químicas edáficas con que se contaba al inicio del ciclo productivo (mayo de 2007) (Cuadro 1)

Cuadro 1: Características químicas del suelo previo a la siembra de la soja.

Característica	Valor	Característica	Valor
pH	8,25	Na de intercambio (meq/100gr)	2,01
Conductividad eléctrica (dS)	0,20	K de intercambio (meq/100gr)	1,15
Materia orgánica (%)	1,89	Ca de intercambio (meq/100gr)	7,47
Fósforo (Bray) (ppm)	15,55	Mg de intercambio (meq/100gr)	2,35
Nitratos (ppm)	39,15	Suma de Bases (meq/100gr)	12,98
N de Nitratos (ppm)	8,99	H+ de intercambio (meq/100gr)	0,66
Total sol. Solubles (ppm)	140	P.S.I.(% Na en T)	14,72
Sulfatos Ext. (ppm)	20,30		K
S de Sulfato (ppm)	6,77	Saturación en Bases (%)	Ca
Humedad (%)	19,32		Mg
		Relación Ca/Mg	3,18
		Relación K/Mg	0,49
OBSERVACIONES	Suelo Salino-Sódico		

El lote donde se realizó el ensayo (3 Sur) presenta el siguiente historial: desde el año 2000 (año en que se adquiere el establecimiento) se efectuaron las siguientes rotaciones: soja (00/01), soja (01/02), maíz (02/03), trigo/soja (03/04), maíz (04/05), trigo/soja (05/06) y trigo (06), éste ultimo con un rendimiento de 31 qq ha<sup>-1</sup> y en el lote 4 los cultivos antecesores hasta el

día 26 de diciembre de 2006, momento en que se efectúa la siembra de soja (DM 6200), son: soja (00/01), soja (01/02), maíz (02/03), trigo/soja (03/04), trigo/soja (04/05), maíz (05/06) y trigo (06), cuyo rinde fue de 31 qq ha<sup>-1</sup>.

Conjuntamente con la siembra se realizó una fertilización fosforada (Fosfato diamónico 80 kg. ha<sup>-1</sup>) y azufrada (Sulfato de Calcio 400 kg. ha<sup>-1</sup> y Sol mix 160 kg. ha<sup>-1</sup> (4% Azufre y 29% nitrógeno)).

Se utilizó un diseño en bloque completamente aleatorizado, donde el tratamiento fue el grupo de madurez (GM) con dos niveles: GM V (DM 50048 RG) y VI (DM 6200 RG)<sup>2</sup>.

El riego suplementario tuvo dos niveles, con y sin riego. El mismo se realizó con un sistema de riego, tipo pívot central, para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo en los momentos de déficit. Se analizó el agua utilizada para riego (Cuadro 2).

Cuadro 2: Características del agua para riego.

Característica	Valor	Característica	Valor
Calcio (ppm)	13,76	pH	7,03
Magnesio (ppm)	2,24	Total Sales Disueltas (ppm)	550
Sodio (ppm)	130,18	Conductividad (dS)	0,859
Potasio (ppm)	3,81	Índice de RAS (ppm)	8,58
Cloruros (ppm)	22,16	Bicarbonatos (ppm)	335,5
Sulfatos (ppm)	24,75	Carbonatos (ppm)	0
Fosfatos (ppm)	0,02	Alcalinidad total (ppm)	269,5
Nitritos (ppm)	0	Dureza total (ppm)	43,6
Amoníaco (ppm)	0	Carb. Sod. Res. (CSR) (meq l <sup>-1</sup> )	4,63
Nitratos (ppm)	2,16	Suma de cationes (meq l <sup>-1</sup> )	6,63
Arsénico (ppm)	< 0,20	Suma de aniones (meq l <sup>-1</sup> )	6,68

*Observaciones:* Clasificación agua según normas RIVERSIDE: C3-S2

*Nota:* C3: agua de salinidad media-alta que puede utilizarse en suelos con buen drenaje.

S2: agua con contenido medio en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos.

El GM tuvo dos niveles: GM V (DM 50048 RG) y VI (DM 6200 RG)<sup>2</sup> (Cuadro 3).

Cuadro 3: Características de estos cultivares utilizados en la experiencia.

Características	Cultivares	
	DM 50048	DM 6200
Grupo de madurez	V (corto)	VI (corto)
Tipo de crecimiento	Indeterminado	Determinado
Días a R8 en FS medidos desde octubre	157	168
Días a R8 en FS medidos desde noviembre:	130	139
Potencial de rendimiento	alto	alto
Altura de planta (cm.)	105	110
Peso promedio de mil granos (gr.)	190	165

<sup>2</sup> Catálogo Semillero Don Mario 2006

La siembra se realizó el día 26 de diciembre de 2006, con espaciamento de 19 cm entre líneas y 12 semillas por metro lineal. Previo a la siembra la semilla fue curada e inoculada. La siembra fue en directa, utilizando una máquina sembradora neumática de grano grueso de marca VHB 710 modelo 2006.

Durante la experiencia se registraron las precipitaciones en el lugar del ensayo.

A cosecha se evaluaron las siguientes características en las plantas que se encontraban en una superficie de 1 m<sup>2</sup>, con 3 repeticiones.

- \* Altura de planta e inserción del primer fruto

- \* Número de ramificaciones por planta

- \* Número de nudos fértiles por planta, discriminado por ramificaciones y tallo.

- \* Número de semillas por fruto: de las plantas tomadas para contar número de frutos por planta, se contarán las semillas y se promediarán teniendo en cuenta la cantidad de frutos.

- \* Peso de las semillas: se tomarán 100 granos, con tres repeticiones para obtener un valor medio.

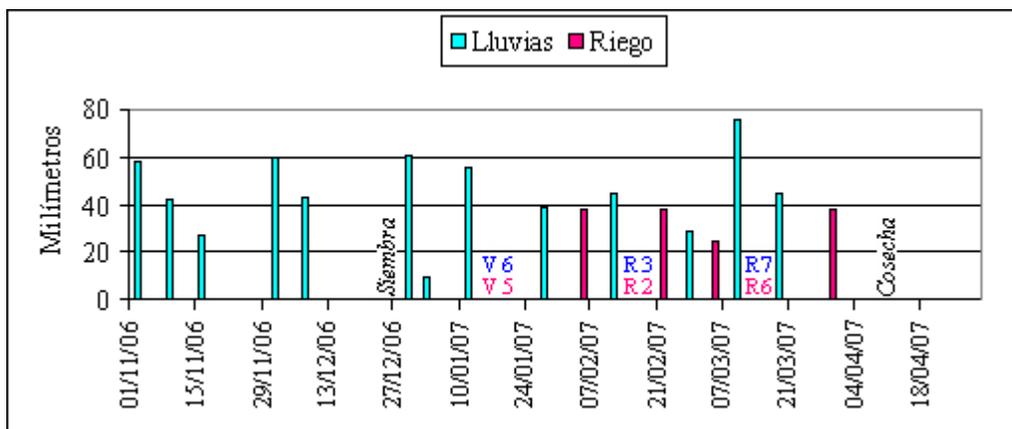
Los datos fueron analizados con ANOVA y las medias comparadas con test de Duncan ( $P < 0.05$ ) utilizando el programa Infostat versión 2007.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. CONDICIONES AMBIENTALES

#### 5.1.1. PRECIPITACIONES Y RIEGO

Al inicio de la campaña (noviembre-diciembre) la oferta total de lluvias fue favorable, como así también la disponibilidad de agua a partir de la siembra del cultivo (fines de diciembre y enero). Para cubrir los requerimientos del cultivo durante el período crítico, se realizaron riegos a partir del mes de febrero (Fig. 1). En marzo, la oferta hídrica fue muy favorable e incluso excesiva, generando el encharcamiento del ensayo durante períodos no muy prolongados.



**Figura 1:** Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de cultivo y riego complementario de las mismas.

■ Estados Fenológicos de DM 50048  
■ Estados Fenológicos de DM 6200

Referencias:

Para una producción óptima de soja se necesitan entre 450 y 700 mm de agua. Se observa en la figura 1 y el Cuadro 1 del Anexo, que el cultivo evaluado en *secano* tuvo una disponibilidad de 591 mm de agua, por lo que podemos asegurar que esa cantidad de lámina de agua fue favorable para el crecimiento y desarrollo de dicho cultivo. Para el caso del cultivo llevado a cabo bajo *sistema de riego*, además de lo aportado por las lluvias se le deben adicionar los 139 mm aplicados a través del riego, lo que hace un total de 730 mm de agua. Al comparar las necesidades del cultivo con la disponibilidad de agua, vemos que el balance final fue más que favorable.

Se aplicaron 139 mm de agua con el objeto de reducir las deficiencias hídricas durante la etapa reproductiva del cultivo (Fig. 1 y Cuadro 1 del Anexo). Cuando es posible, se debe irrigar el cultivo para asegurar una adecuada disponibilidad de agua, en este período (Ritchie *et*

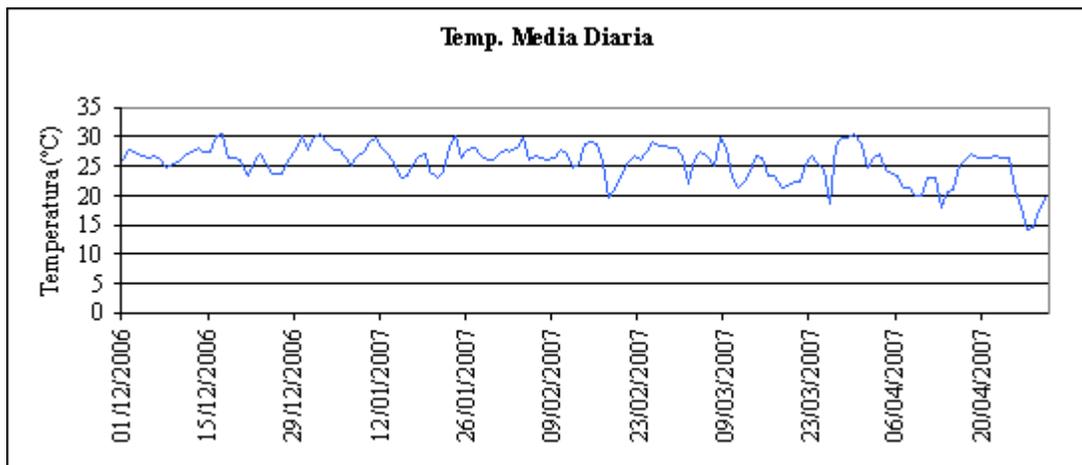
al., 1985). Condiciones estresantes, tales como alta temperatura ó deficiencia de humedad reducen el rendimiento debido a la disminución de uno ó más de los componentes, aunque pueden ser compensados y en ese caso no serían significativas. El componente de rendimiento que es reducido ó incrementado, depende del estado reproductivo en el que se encuentra la planta cuando ocurre el estrés. A medida que la planta progresa del estado R1 al R5.5, decrece su capacidad de compensar después de la ocurrencia de una condición estresante y se incrementa el grado potencial de reducción de rendimiento (Baigorri, 2002).

Las diferencias en la cantidad de agua acumulada se comenzaron a generar a partir de la etapa fenológica V6-V7. A causa de las diferencias mencionadas, los parámetros del rendimiento que son afectados son los siguientes: Número de frutos totales y el Número de granos por frutos sobre el tallo principal.

### 5.1.2. TEMPERATURAS

La temperatura regula el desarrollo del cultivo durante todo el ciclo. Los requerimientos en tiempos térmicos para que se cumpla la etapa VE a R1 tiende a disminuir desde los GM mayores hacia los GM menores. La fijación de vainas se retrasa con temperaturas menores a 22°C y cesa con temperaturas menores a 14°C (Vega y Andrade, 2000). Próximo al 20/02/2007 se presentaron temperaturas medias inferiores a 22°C, lo que sugiere que las temperaturas mínimas fueron inferiores a los valores citados por Vega y Andrade (2000).

La temperatura óptima para que se mantenga elevada la tasa de crecimiento de las semillas se encuentra alrededor de los 23,5°C. Se puede deducir (Fig. 2) que durante el mes de febrero (Año 2007) las temperaturas medias estuvieron, en su mayoría, por encima de los 23,5°C, pudiendo haber modificado el período de llenado de los granos.

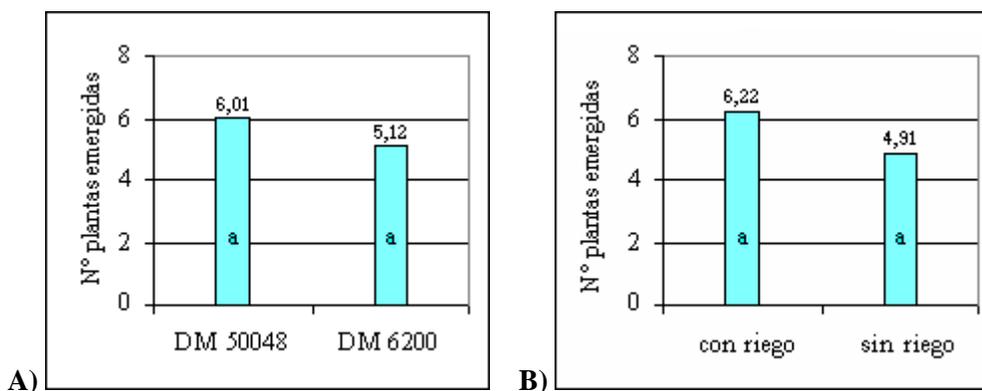


**Figura 2:** Variación de las temperaturas durante el ciclo de cultivo.

## 5.2. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

### 5.2.1. NÚMERO DE PLANTAS EMERGIDAS

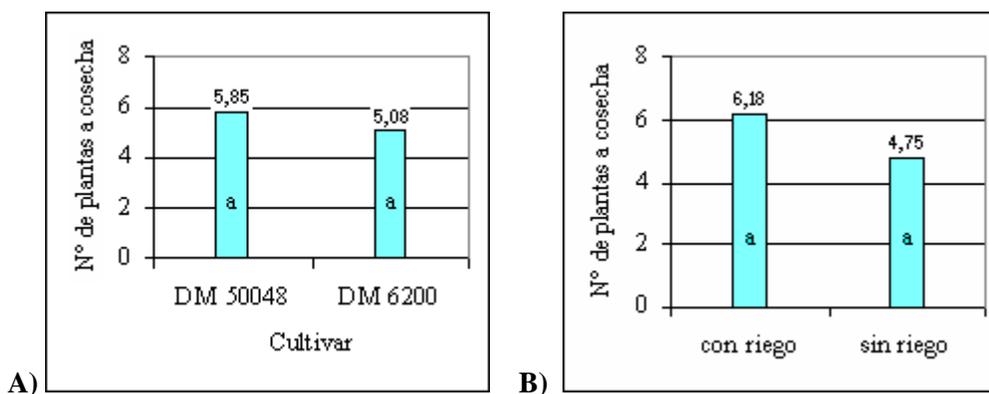
No hubo efecto de interacción entre la condición hídrica y el cultivar sobre el número de plantas emergidas, como así tampoco efecto individual de cada factor (Fig. 3A y 3B, Cuadro 2). Esta situación era esperable ya que las diferencias en la disponibilidad hídrica ocurrió en etapas avanzadas de desarrollo y no hubo diferencias en la emergencia entre los cultivares.



**Figura 3:** A) Número de plantas emergidas, según cultivar. B) Número de plantas emergidas, según situación hídrica. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 5.2.2. NÚMERO DE PLANTAS A COSECHA

En el número de plantas a cosecha no presentó efecto de interacción entre riego y cultivar, como así tampoco de cada factor individual (Fig. 4A y 4B respectivamente, Cuadro 3). Al parecer el contenido de agua existente en el suelo en la parcela testigo fue suficiente para mantener hasta cosecha las plantas emergidas de cada cultivar.

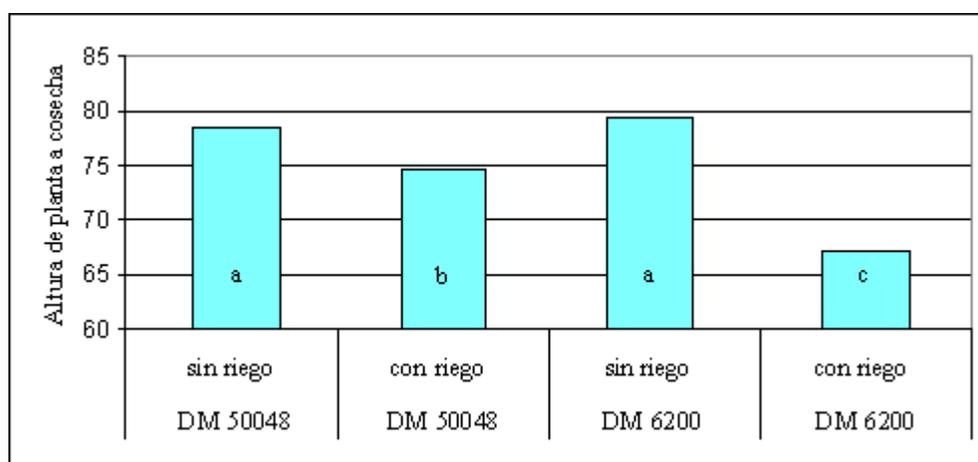


**Figura 4:** A) Número de plantas a cosecha, según cultivar. B) Número de plantas a cosecha, según situación hídrica. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 5.2.3. ALTURA DE PLANTA A COSECHA.

La altura de la planta a cosecha presentó efectos de interacción. Las plantas que crecieron con mayor disponibilidad de agua, es decir con riego, fueron las de menor altura. A su vez, bajo riego, existieron diferencias entre cultivares (Fig. 5 y Cuadro 4 del Anexo); DM 50048 tuvo mayor altura que DM 6200. Respecto de la condición en secano, no existieron diferencias significativas entre los cultivares evaluados.

El tipo de suelo (salino-sódico) juega un papel muy importante, porque al contener elevados niveles de sodio (Na<sup>+</sup>) genera retención de las moléculas de agua. Como consecuencia el agua que se encuentra en el suelo no está fácilmente disponible para el cultivo, obteniéndose así bajas tasas de crecimiento del cultivo.

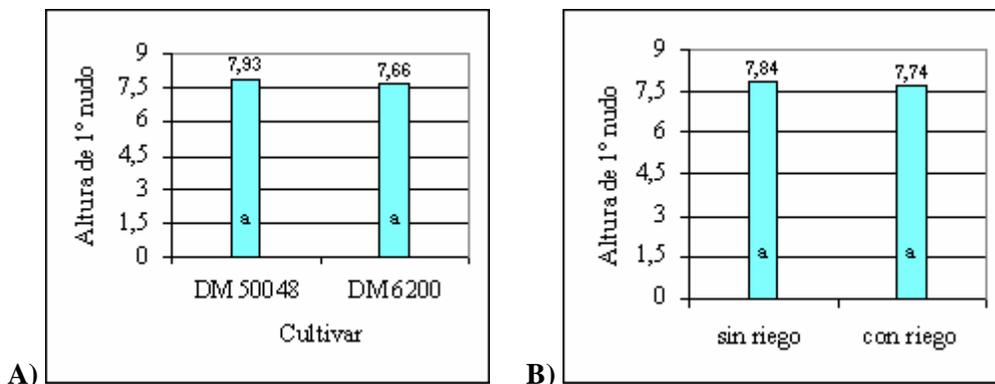


**Figura 5:** Altura de la planta a cosecha, según cultivar y riego. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

Según Kantolic *et al* (2004) los grupos de madurez indeterminados tienden a ser más tolerantes a condiciones de déficit hídrico.

### 5.2.4. ALTURA DE 1º NUDO

La altura de primer nudo es una variable que está sujeta a modificaciones, pudiendo ser las mismas generadas por la disponibilidad hídrica en los primeros estadios del cultivo entre otros factores, pero en esta experiencia no hubo efecto de interacción como así tampoco entre cultivares y disponibilidad de agua (Fig. 6 y Cuadro 5 del Anexo).

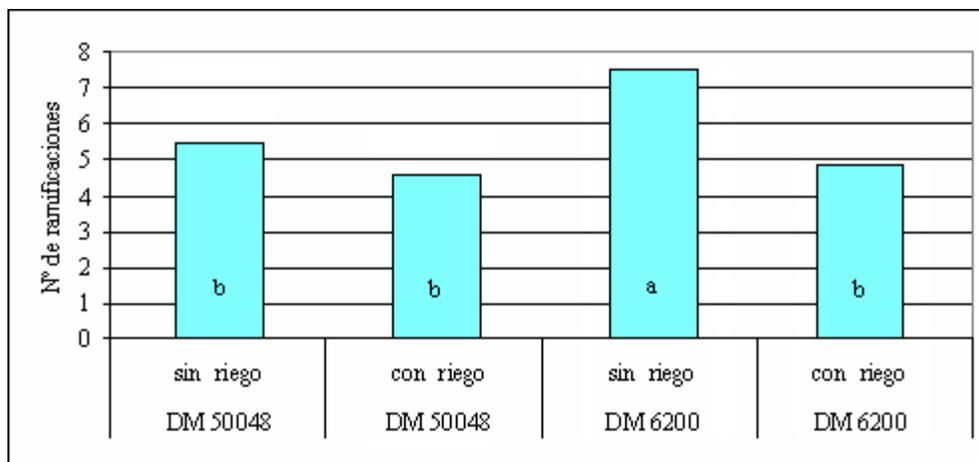


**Figura 6:** **A)** Altura inserción del primer nudo, según cultivar; **B)** Altura de inserción del primer nudo, según situación hídrica. *Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).*

Además, no podemos dejar de mencionar la importancia que tiene dicho parámetro, siendo que la altura de primer nudo esta íntimamente relacionada con el rendimiento; si dicha altura fuera menor que la altura de corte de las cuchillas de la máquina cosechadora se generarían importantes pérdidas de rendimiento, ya que estarían quedando algunas vainas adheridas al resto del eje principal de la planta que no fue recolectado por la cosechadora.

### 5.2.5. NÚMERO DE RAMIFICACIONES (N+1)

En el número de ramificaciones (n+1), se observó efecto de interacción entre los cultivares y la disponibilidad de agua (Fig. 7 y Cuadro 6 del Anexo); DM 6200 sin riego tuvo mayor número de ramas que con riego y que DM 50048.



**Figura 7:** Número de ramificaciones, según cultivar y riego. *Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).*

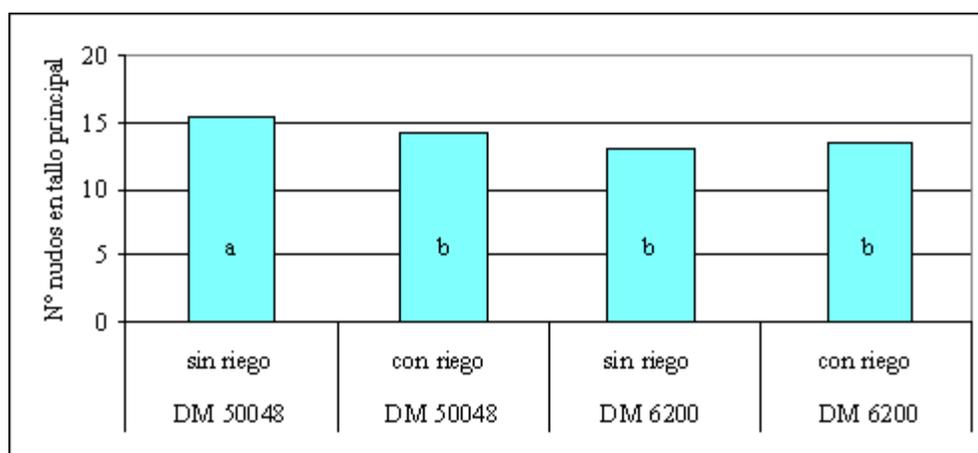
DM 6200 tiene alto potencial de ramificación<sup>3</sup>, que se vio magnificado por la condición sin riego.

### 5.2.6 NÚMERO DE NUDOS

El número de nudos depende de las características del genotipo entre otros factores y del número de ramas.

#### 5.2.6.1. En el tallo principal

En el análisis del número de nudos en el tallo principal (Figura 8, Cuadro 7 del Anexo) vemos que hubo efecto de interacción; DM 50048 sin riego tuvo el valor más alto y se diferenció de las otras situaciones pudiendo ser justificada por el hábito de crecimiento (HC) de esa variedad, ya que la misma, por su HC indeterminado, presenta un número potencial de nudos mayor sobre el tallo que la variedad DM 6200. Debido a que, luego de comenzada la floración, no se detiene la aparición de nudos, sino que continúa por varios días originando una superposición de los estados vegetativos y reproductivos (Kantolic *et al.*, 2004).



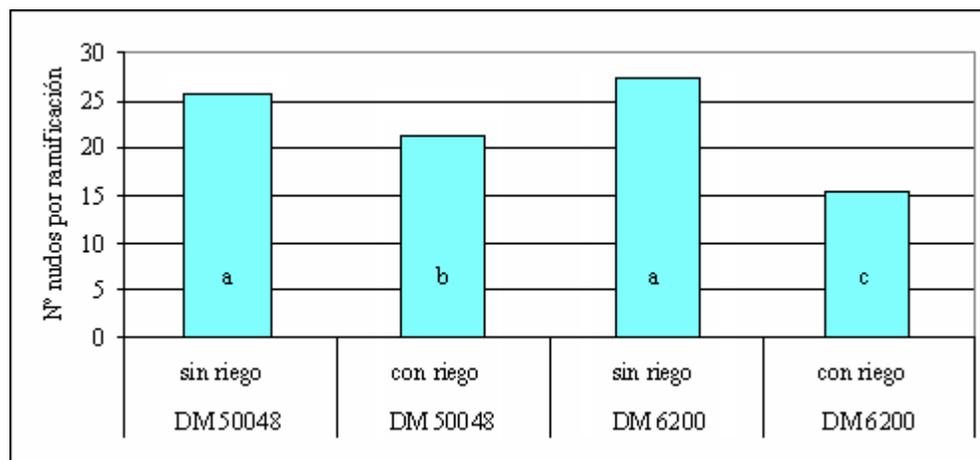
**Figura 8:** Número de nudos sobre el tallo, según cultivar y riego. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

#### 5.2.6.2. En las Ramificaciones

Hubo efecto de interacción entre cultivar y riego (Figura 9 y Cuadro 7 del Anexo); ambas variedades fueron iguales sin riego y superiores a la condición con riego, pero en ésta DM 50048 fue superior a DM 6200, tuvo la misma tendencia que la altura de planta (Fig.5). Además sí dentro de una misma variedad se compara la situación en secano vs. la condición bajo riego, se

<sup>3</sup> Catálogo Semillero Don Mario 2008

observa que la disminución fue más acentuada en DM 6200 en situación bajo riego, esto puede ser debido al menor número de ramas (Fig. 7).



**Figura 9:** Número de nudos sobre ramificaciones (n+1), según cultivar y riego. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

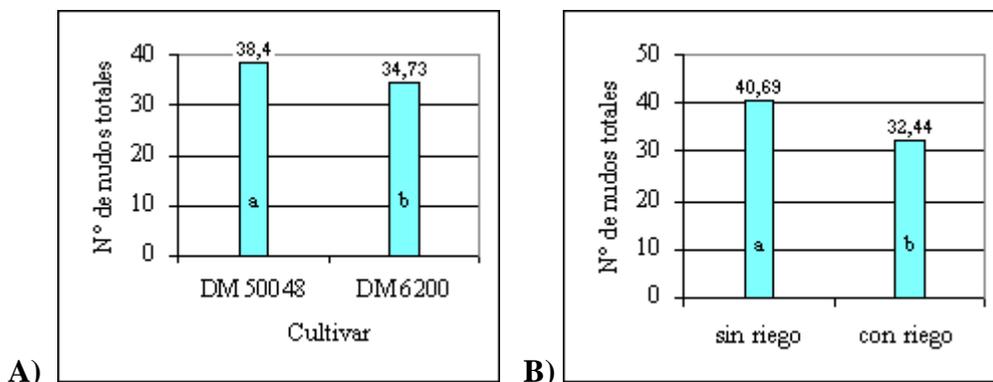
El número de nudos en el tallo principal es muy poco sensible frente a cambios ambientales que provoquen restricciones en la tasa de crecimiento de las plantas, pero el crecimiento y la supervivencia de los nudos de las ramas se resienten fuertemente ante deficiencias nutricionales e hídricas en postfloración o ante aumentos en la densidad de siembra (Kantolic *et al.*, 1995).

### 5.2.6.3. Número de Nudos Totales

En el número de nudos totales no hubo efectos de interacción, pero existió diferencia entre cultivares y entre el riego y seco (Fig.10A y 10B respectivamente). Si se establece un promedio en el número de nudos sobre el tallo (Fig. 8) y sobre las ramificaciones (Fig. 9), vemos que la variedad DM 50048 presentó mayor cantidad de nudos que DM 6200.

El número de nudos totales fue mayor cuando el cultivo se desarrolló sin riego (Fig. 10B, Cuadro 8 del Anexo), debido al efecto conjunto del mayor número de nudos sobre el tallo de DM 50048 (Fig. 8) y sobre las ramificaciones de ambos cultivares en esta condición (Fig. 9).

Varias pueden ser las causas por la que la suma total de nudos fue menor cuando se aplicaron los riegos, por ejemplo la mayor disponibilidad de agua puede haber provocado crecimiento más acelerado lo que permitió una cobertura más rápida del espacio entre líneas de siembra reduciendo la cantidad de luz que llega a los nudos inferiores y así tuvo una baja respuesta al potencial de ramificación.



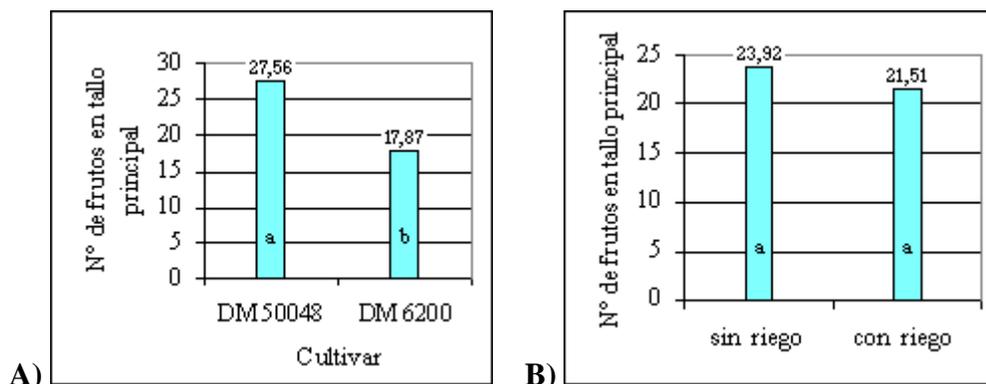
**Figura 10:** **A)** Número de nudos totales, según cultivar; **B)** Número de nudos totales, según situación hídrica. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

El número total potencial de nudos que una planta con HC indeterminado puede producir es siempre mayor que el número actual de nudos que están completamente desarrollados (tienen una hoja en el nudo inmediato superior con los folíolos desplegados) (Ritchie *et al.*, 1985).

### 5.2.7. NÚMERO DE FRUTOS

#### 5.2.7.1. En el tallo principal

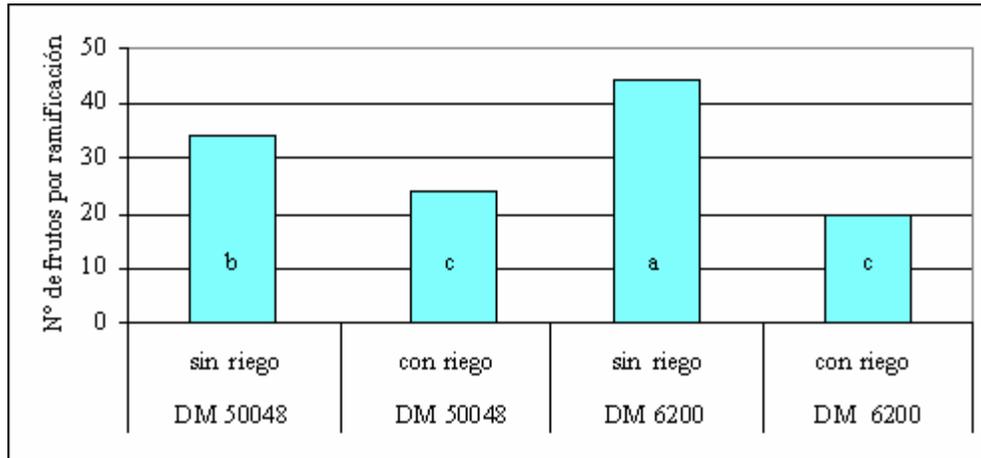
No existió interacción entre cultivar y riego en el número de frutos sobre el tallo, como así tampoco efecto del riego (Fig. 11B y Cuadro 9 del Anexo). En este componente indirecto del rendimiento se observaron diferencias entre genotipos; DM 50048 alcanzó mayor valor que DM 6200 (Fig. 11A y Cuadro 9 del Anexo). Esta diferencia se puede relacionar con el mayor número de nudos sobre el tallo principal que presentó cultivar DM 50048 sin riego (Fig. 8).



**Figura 11:** **A)** Número de frutos sobre el tallo, según cultivar; **B)** Número de frutos sobre el tallo, según situación hídrica. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

### 5.2.7.2. En las Ramificaciones

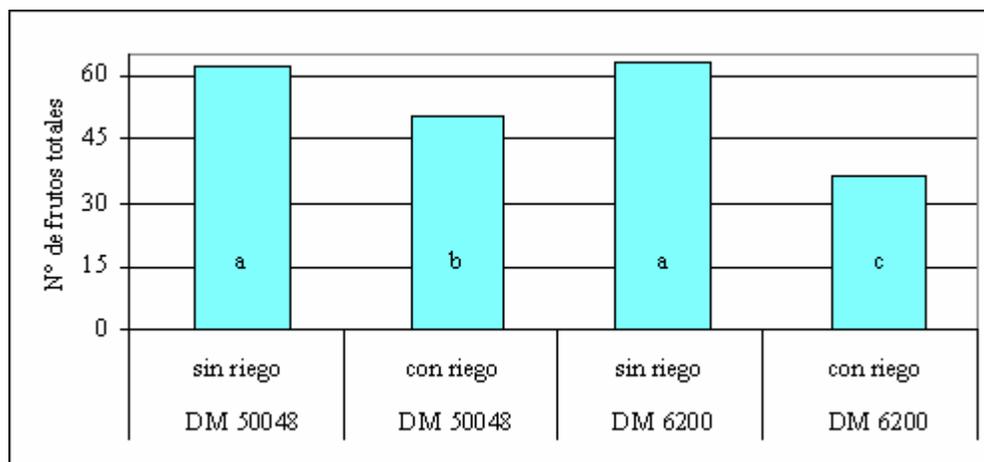
El número de frutos por ramificación presentó efecto de interacción (Fig. 12 y Cuadro 9 del Anexo); sin riego los valores fueron mayores, aunque DM 6200 superó a DM 50048. Éste mayor número de frutos de DM 6200 es debido a que dicho cultivar presentó mayor número de ramificaciones y mayor número de nudos por ramificación (Fig. 7 y 9 respectivamente).



**Figura 12:** Número de frutos sobre ramificaciones, según cultivar y riego. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

### 5.2.7.3. Número de Frutos Totales

El número de frutos totales (Fig. 13 y Cuadro 9 del Anexo), disminuyó acentuadamente en los dos cultivares cuando se desarrollaron con riego, siendo mayor en DM 6200. Esta disminución puede ser atribuible a una menor altura de plantas a cosecha (Fig. 5) y a un menor número de nudos sobre el tallo principal (Fig. 8) y en las ramificaciones (Fig. 9).



**Figura 13:** Número de frutos totales, según cultivar y riego. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

### **5.2.8. NÚMERO DE GRANOS POR FRUTO**

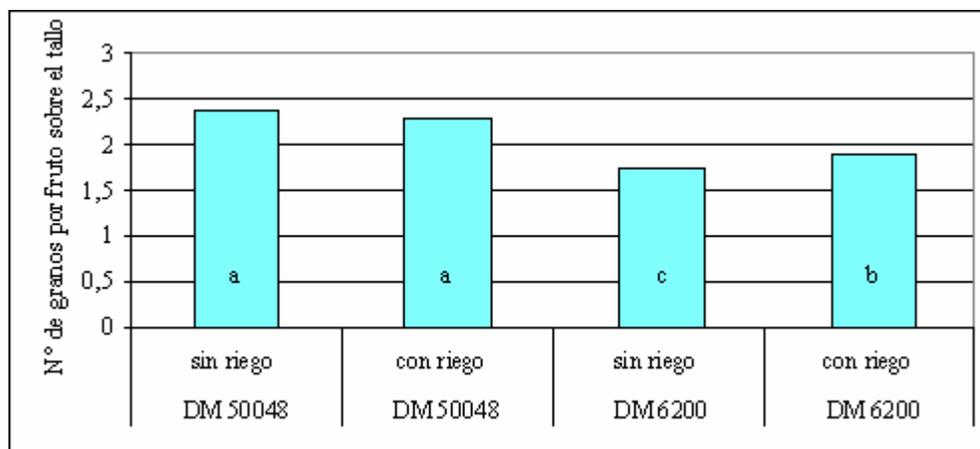
Como en todos los cultivos para granos, el rendimiento del cultivo de soja resulta de dos componentes numéricos principales que no son plenamente independientes entre sí: el número de granos que se establecen por unidad de área y el peso unitario que alcanzan. El número de granos puede subdividirse, a su vez, en varios subcomponentes, los que representan la cantidad de sitios potenciales para el establecimiento de los granos (número de nudos por unidad de área del cultivo), la fertilidad de éstos sitios (número de vainas por nudo), y la fertilidad de los frutos (número de granos por vaina) (Kantolic *et al.*, 2004).

Las variaciones en el número de granos provocadas por variaciones ambientales en general están estrechamente asociadas con cambios en el rendimiento (Kantolic *et al.*, 2004).

#### **5.2.8.1. En el tallo principal**

Respecto al número de granos por vaina sobre el tallo principal (Fig. 14 y Cuadro 10 del Anexo), la variedad DM 50048 se comportó de manera muy similar, tanto para la condición de secano como para la de bajo riego, es decir que no hubo diferencias significativas dentro del mismo cultivar, independientemente de la situación evaluada. En cambio fue diferente para la variedad DM 6200 porque sí se presentaron diferencias para dicho cultivar, según la situación hídrica evaluada, como se observa en la gráfica el número de granos por vaina aumentó por efecto de la interacción que se generó entre éste cultivar y el riego.

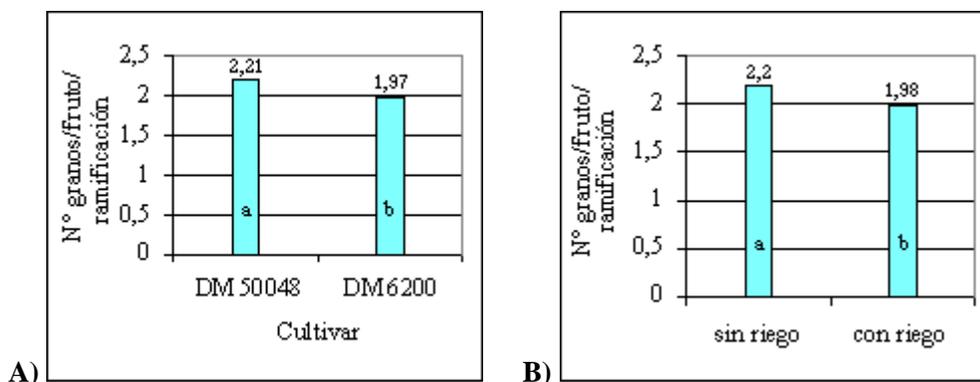
Esta diferencia entre los cultivares puede ser debido al hábito de crecimiento, ya que DM 50048 es indeterminado y es más tolerante a condiciones de baja humedad edáfica, estas características le permiten a dicho cultivar seguir generando nudos sobre el tallo (Figura 8), además que dichas características antes mencionadas le dan la posibilidad de estar más tiempo fijando (o cuajando) granos, en otras palabras el desarrollo de dicho cultivar es muy similar sea cual sea la condición hídrica bajo la cual se encuentre. Lo contrario ocurre con DM 6200 porque su HC es determinado (Fig. 8).



**Figura 14:** Número de granos por fruto sobre el tallo, según cultivar y riego. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

### 5.2.8.2. En las ramificaciones

El número de granos por legumbre dispuestas en las ramas (Figura 15A; y Cuadro 10 del Anexo), fue menor en el cultivar DM 6200 que en DM 50048.

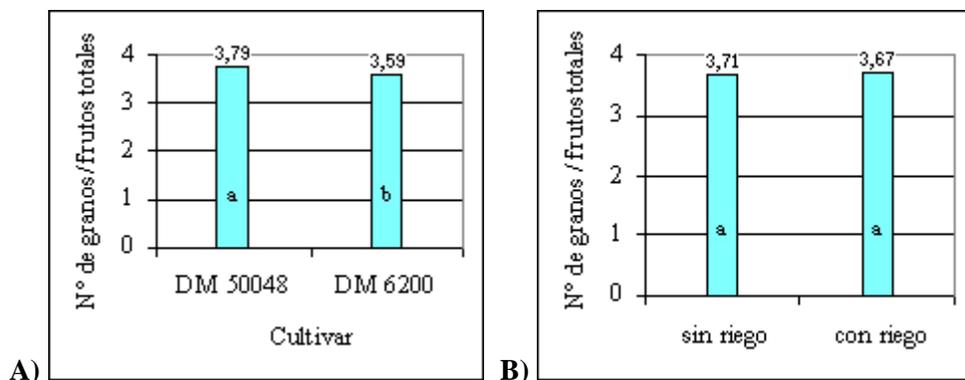


**Figura 15:** A) Número de granos por fruto sobre las ramificaciones, según cultivar; B) Número de granos por fruto, según situación hídrica. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

Cuando se adicionó agua a través del sistema de riego durante las etapas reproductivas, el número de granos por vaina alojadas en las ramificaciones fue menor que en la situación en seco (Figura 15B y Cuadro 10 del Anexo). Estos resultados muestran una estrecha relación con el número de frutos alojados en las ramificaciones (Fig. 12).

### 5.2.8.3. Número de granos por frutos totales

Al analizar el número de granos por frutos totales (Figura 16A y Cuadro 10 del Anexo) vemos que DM 6200 tuvo menor cantidad de granos por frutos totales que DM 50048.



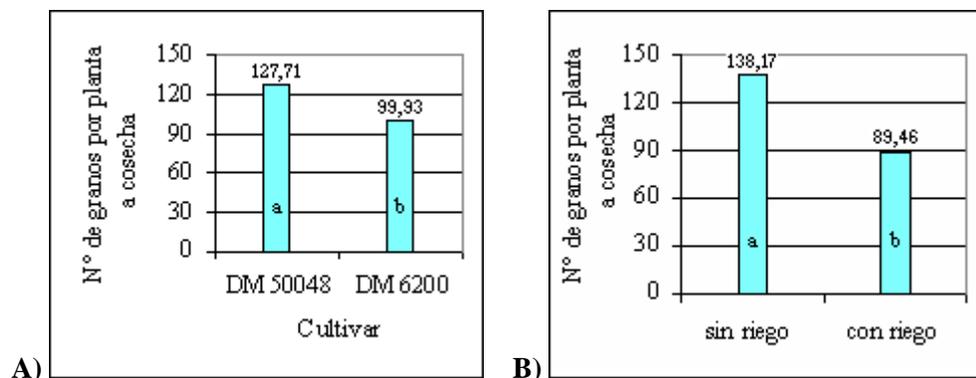
**Figura 16:** A) Número de granos por frutos totales, según cultivar B) Número de granos por frutos totales, según situación hídrica. *Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).*

En la Figura 16B (ver también Cuadro 10) se aprecia que el número de granos por frutos totales, cuando se adicionó el riego, no presentó diferencias respecto de la condición en seco, pues es un carácter de alta heredabilidad y puede ser modificado cuando ocurren déficit hídricos durante el período de llenado (Kantolic et al., 2004).

### 5.2.9. NÚMERO DE GRANOS POR PLANTA A COSECHA

El número de granos por planta a cosecha no tuvo efecto de interacción, en cambio presentaron diferencias los genotipos y la disponibilidad de agua por separado. El cultivar DM 50048 tuvo mayor cantidad de granos por planta a cosecha que DM 6200 (Figura 17A, Cuadro 11 del Anexo). Esto es debida a un mayor número de nudos totales (Fig. 10), de frutos totales (Fig. 13) y los granos por frutos en las ramificaciones (Fig. 15). Porque las etapas fenológicas de DM 50048 son más extensas que las del otro cultivar, ello hace a que el número de granos por planta a cosecha sea mayor en la variedad la indeterminada.

La mayor duración de las etapas fenológicas en los grupos indeterminados permiten capturar mayor cantidad de radiación, consecuentemente lograran reducir las limitaciones por fuente, por lo que si el periodo en el que se establecen los granos es más prolongado, más semillas serán cosechadas al final del ciclo (Kantolic y Slafer., 2001).



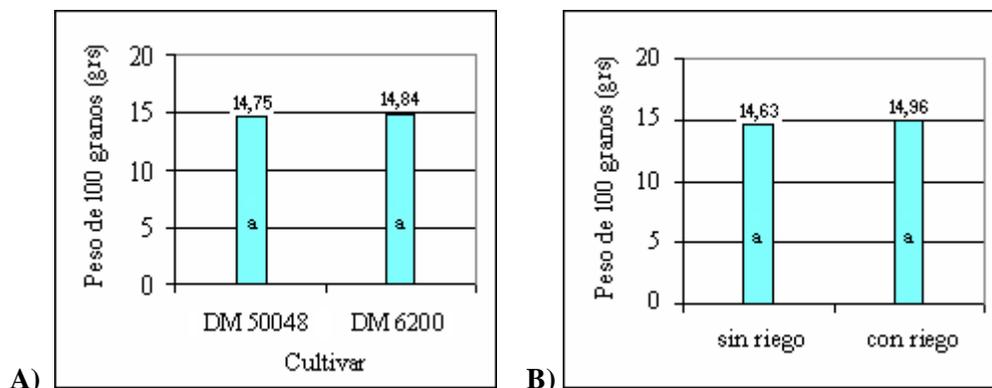
**Figura 17:** **A)** Número de granos por planta a cosecha, según cultivar; **B)** Número de granos por planta a cosecha, según situación hídrica. *Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p \leq 0,05$ ).*

El número de granos por planta a cosecha según la disponibilidad hídrica (Fig. 17B y Cuadro 11 del Anexo), fue mayor en la condición sin riego adicional. La cuantía superior que tuvo la situación *sin riego*, se debe a que tiene mayor cantidad de nudos totales (Fig. 10), mayor cantidad de frutos totales (Fig. 13) y mayor cantidad de granos por frutos en las ramificaciones (Fig. 15).

En la soja, tanto la cantidad de flores diferenciadas como el número de semillas por planta son proporcionales a la disponibilidad de recursos por planta durante un amplio período reproductivo (Andrade y Sadras, 2000). Por la experiencia vivida durante el seguimiento del cultivo, discrepo con lo antes dicho, ya que al adicionar el riego a cada uno de los cultivares, el número de semillas por planta, no presentó interacción, es decir que no existió la proporcionalidad antes mencionada.

### 5.2.10. PESO DE 100 GRANOS

Respecto de la variable peso de los granos no hubo efectos de interacción entre cultivar y riego, como así tampoco de cada uno de los factores (Fig. 18A y 18B; Cuadro 12).



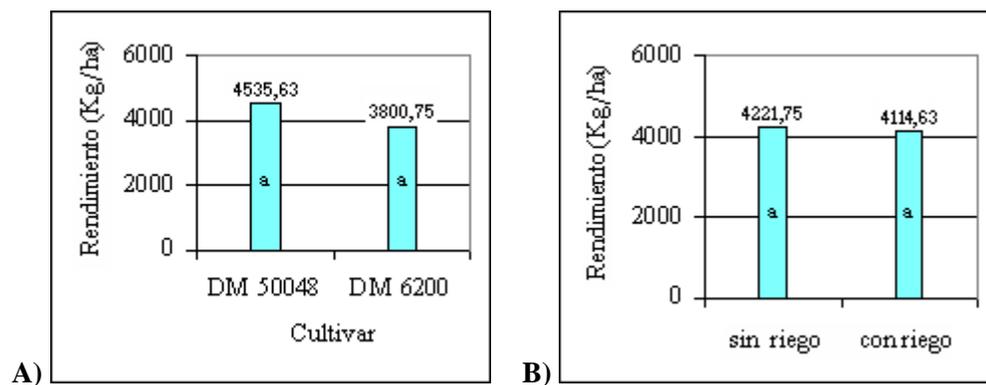
**Figura 18:** **A)** Peso de los granos según cultivar. **B)** Peso de los granos, según situación hídrica. *Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )*

La *temperatura óptima* para que se mantenga elevada la tasa de crecimiento de las semillas se encuentra alrededor de los 23,5 °C (Kantolic *et al.*, 2004). Durante el ciclo del cultivo, las *temperaturas medias diarias* estuvieron, en su mayoría, por encima de los 23,5 °C, lo que pudo haber modificado el período de llenado de los granos.

Las disminuciones en el peso de los granos causadas por deficiencias hídricas están más frecuentemente asociadas a un acortamiento del período de llenado que a cambios evidentes en la tasa de crecimiento de los granos (Kantolic *et al.*, 2004).

### 5.2.11. RENDIMIENTO

El rendimiento no presentó interacción entre cultivar y riego. Se observa en la Figura 19A (ver también Cuadro 13 del Anexo) que no existen diferencias significativas en el rendimiento de ambos cultivares.



**Figura 19:** Rendimiento (kg/ha), según cultivar; Rendimiento (kg/ha), según situación hídrica. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan  $p < 0,05$ ).

En la Figura 19B (y Cuadro 13 del Anexo) se aprecia que tampoco existieron diferencias en el rendimiento, ya sea que se desarrolle bajo situación en seco o bajo condición de riego.

Según Baigorri (2004) los factores determinantes (definitorios) del crecimiento y del rendimiento son: el genotipo (características de cada cultivar), la radiación solar y la temperatura del ambiente, dichos factores determinan el *rendimiento potencial*. Los factores limitantes son: agua y nutrientes y son considerados factores que determinan el *rendimiento alcanzable*. Los factores reductores son: malezas, enfermedades, plagas, etc., y son los que definen el *rendimiento logrado o real*. En un orden ascendente, son los reductores los primeros a cubrir a través de medidas de protección del cultivo, en segundo lugar deberá regularse la entrega de los limitantes a través de medidas que promuevan el aumento del rendimiento.

Dentro de los componentes de indirectos del rendimiento, el único que presentó efecto de interacción fue el número de frutos totales. Respecto de los componentes directos -número y peso de los granos- no tuvieron interacción entre el cultivar y riego. En lo que hace al número de granos por planta a cosecha, a pesar que es mayor en DM 50048 que en la otra variedad evaluada (Fig. 17A), no se generaron diferencias significativas en el rendimiento. En la condición *sin riego* el número de granos promedio por planta fue mayor que en la situación bajo riego.

El peso de los granos tampoco tuvo efecto de interacción. Según Kantolic *et al.*, (2004) El peso final del grano puede describirse como una función de su tasa de crecimiento y de la duración del período de llenado. Ambos atributos están gobernados genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales.

Las principales diferencias entre genotipos en el peso de los granos son atribuibles a diferencias en la tasa de crecimiento de los granos (Kantolic, *et al.*, 2004).

Como se desarrolló anteriormente, si a la condición hídrica tratada a principios de éste trabajo, precipitación y riego, la relacionamos con el peso de los granos podemos deducir que no existió un acortamiento del período de llenado, ya que tanto los cultivares testigos como los que estaban bajo situación de riego tuvieron prácticamente el mismo peso promedio de semillas, es decir que no hubo efecto de interacción (Fig. 18A y 18B).

A pesar de que la habilidad de evitar la sequía ha aumentado los rendimientos en sistemas de producción de secano de manera significativa, para los sistemas de producción bajo riego, los rendimientos de los cultivares de maduración temprana (GM II, III, y IV) son similares a los de los cultivares de ciclo completo (GM V y VI) dado que se siembran en hileras angostas (19 a 38 cm.) y a densidades de población mayores que la de los cultivares de ciclo completo (Purcell, 2005).

El peso de las semillas muestra un tipo de respuesta totalmente opuesta ya que a medida que se acorta la distancia entre surcos el peso de la semilla disminuye (Purcell, 2005).

### **5.3. CONCLUSIÓN:**

Las principales variaciones en el rendimiento están asociadas al número de granos: el manejo y el mejoramiento deberían dar prioridad al control de los mecanismos que regulan el número de granos e identificar las situaciones en las que maximizar el peso de los granos resulte prioritario. Como el número de granos se define principalmente entre R3 y R6, las prácticas de manejo deben orientarse a maximizar el crecimiento en esta etapa manejando el nivel y la captura de los recursos, ubicando el período crítico, jerarquizando las limitantes en cada sitio y maximizando su duración. El rendimiento potencial mejorará en la medida que mejore el crecimiento postfloración por unidad de tiempo y su duración total, posiblemente a expensas de un menor crecimiento previo a floración.

Entre los distintos tratamientos no se observan diferencias significativas en el rendimiento de grano y en sus componentes, probablemente porque no se produjo déficit de agua en el período crítico (15 días prefloración y hasta 15 días post floración).

Una adecuada programación del riego, en la cual se tengan en cuenta las necesidades del cultivo en el período crítico, permitiría obtener rendimientos próximos al potencial.

Cuando las condiciones hídricas no son limitantes (riego, influencia de napas, abundancia de precipitaciones), el adelanto en la fecha de siembra, proporciona condiciones ambientales más favorables para la obtención de rendimientos potenciales.

#### **5.4. BIBLIOGRAFIA CITADA**

- ANDRADE, F. E. y V. O. SADRAS. 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En: ANDRADE, F. E. y V. O. SADRAS (editores). *Bases para el manejo del cultivo del maíz, el girasol y la soja*. Cap. 7. p: 173-206.
- ANDRIANI, J.; F. ANDRADE; E. SUERO; J. DARDANELLI, 1991. Water deficit during reproductive growth of soybeans. I. Their effects on dry matter accumulation, seed yield and its components. *Agronomie* 11: 737-746.
- ANDRIANI, J. M. y BODRERO, M. L. 1995. Respuesta de cultivares de soja a la disponibilidad hídrica. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos. AIANBA, ed. Pergamino. Bs. As. Argentina. Cap. II. p. 81-87.
- BAIGORRI, H. E. J. 1997. Ecofisiología del cultivo. En: Giorda, L. M. y Baigorri H. E. J. (Eds.) *El cultivo de soja en la Argentina*. INTA C. R. Córdoba. Agro 4 de Córdoba. ISSN 0329-0077. Cap. 2, p: 30-50.
- BAIGORRI, H. E. J. 2002. Como se desarrolla una planta de soja. Traducción de un texto de la Universidad de Iowa (1985). En [www.planetasoja.com.ar](http://www.planetasoja.com.ar). Consultado 18/02/2010.
- BAIGORRI, H. E. J. 2004. Criterios para la selección y el manejo de cultivares de soja. En: [www.elsitioagricola.com](http://www.elsitioagricola.com). Consultado 20/04/07.
- BONADEO, E; I. MORENO; E. HAMPP y A. SORONDO. 2001. Factores del suelo que regulan la productividad del cultivo de alfalfa en áreas con manchoneo. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo: IV-20. Cuba.
- BONADEO, E; I. MORENO; A. ODORIZZI; E. HAMPP; A. SORONDO y M. BONGIOVANNI. 2002. Relación entre propiedades físico-químicas del suelo y raíces de alfalfa (*Medicago sativa* L.). XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- DARDANELLI, J; D. COLINO; M. E. OTEGUI y V.O. SADRAS. 2004. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de granos; en Satorre E. H., et al. *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía. U.B.A. Cap.: 16, p.: 377-434.
- DARDANELLI, J. L.; E. E. SUERO; F. A. ANDRADE and J. M. ANDRIANI. 1991. Water deficit during reproductive growth of soybeans. II. Water use and water deficiency indicators. *Agronomie* 11: 747-756.
- GIL R., 1994. *Crecimiento radical de la soja en un suelo Haplustol éntico del centro de la Provincia de Córdoba: efecto de la humedad y de la resistencia mecánica del perfil del*

- suelo*. Tesis presentado Magíster Scientiae. Ciencias del Suelo. Escuela de Graduado. FAUBA. 92 p.
- GUTIERREZ BOEM, F. H., J. D. SCHEINER y R. S. LAVADO. 1998. Fertilización en soja. En: Gutierrez Boem, F.H., Lavado R.S., Scheiner, J.D. y S. Urricariet. *Fertilidad y Uso de Fertilizantes*. Vol. 6. Buenos Aires, Argentina. En: [www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/miscelaneas/112/misc112\\_092.pdf](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/miscelaneas/112/misc112_092.pdf). Consultado: 03/09/2009.
- HAVLIN, J.L.; J. D. BEATON; S. L. TISDALE; W. L. NELSON. 1999. Sulfur, calcium, and magnesium. En: Tisdale, S. L. (ed.) *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. Prentice-Hall, Inc. Simon and Schuster/A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey. p: 217-244.
- INTA. 1987. *Carta de suelos de la Republica Argentina*. Hoja 3363-9 Villa María. Plan Mapa de Suelos Córdoba-Argentina
- KANTOLIC, A.G., P.I. GIMENEZ, C. GUTIERREZ HACHARD y J. SARACHAGA. 1995. *Tolerancia a la sequía durante el período reproductivo: comparación del comportamiento de dos isolíneas de soja con diferente tipo de crecimiento*. Actas II Reunión Nacional de Oleaginosas - Congreso Nacional de soja. Pergamino, 24 al 27 de octubre de 1995.
- KANTOLIC, A.G. y G.A. SLAFER. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. *Field Crops Res.* 72:109-118.
- KANTOLIC, A. G.; P. I. GIMENEZ y E. B. DE LA FUENTE. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en soja; En: Satorre E. H. et al. Edición: *Producción de Granos: Base funcionales para su manejo*. FAUBA Cap.: 9, p: 167-201.
- KATERJI, N.; J. W. VAN HOORN y A. HAMDY. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of SALT tolerance according to several classification methods. *Agric. Water Manag.* 62: 37-66.
- LOOMIS R.S. y D.J. CONNOR. 1992. Crop ecology. *Productivity and management in agricultural systems*. Cambridge.
- PURCELL, L. 2005. Soja en siembra directa. *Redefinición de los requisitos de luz y de agua en soja en ambientes irrigados y de alto rendimiento*. AAPRESID. Septiembre 2005
- RENGASAMY, P. 1998. *Sodic Soils*. In *Methods for assessment of soil degradation*. Edited by R. Lal et al. CRC Press LLC. p: 265-277.

- RITCHIE S.W.; J. J. HANWAY; H. E. THOMPSON y G. O. BENSON. 1985. Como se desarrolla una planta de soja. En: [www.planetasoja.com.ar](http://www.planetasoja.com.ar). Consultado: 10/02/2010.
- TELLERIA, G. 2003. Soja en el Sur de Córdoba: ¿Qué debemos saber para mejorar nuestros rendimientos? En: [www.agriculturadepresicion.org](http://www.agriculturadepresicion.org). Consultado: 18/03/2007.
- VARALLYAY, G. 1981. Extreme moisture regime as the main limiting factor of the fertility of salt affected soils. *Agrokemia es Talajtan*. Tomo 30. Supplementum, 73-96.
- VEGA, C. R. y F. H. ANDRADE. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. En: ANDRADE, F. E. y V. O. SADRAS (editores). *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Editorial Médica Panamericana S.A. EEA INTA Balcarce- Fac. de Ciencias Agrarias UNMP. Cap. 4, p: 97-133.

## 5.5 ANEXO

**Cuadro 1:** Precipitaciones ocurridas durante el ciclo de cultivo y riego complementario de las mismas.

Lluvias (mm) (Desde Noviembre de 2006)		Riego (mm/día)	Milímetros Totales	Estado Fenológico	
				DM 50048	DM 6200
01/11/2006	127		127		
30/11/2006					
01/12/2006	164		164	Siembra 26/12/2006	Siembra 26/12/2006
31/12/2006					
01/01/2007	105		105	V6	V5
31/01/2007					
01/02/2007	74	76	150	R3	R2
28/02/2007					
01/03/2007	121	63	184	R7	R6
30/03/2007					
01/04/2007	0		0	Cosecha	Cosecha
30/04/2007					

**Cuadro 2:** Número de plantas emergidas, según cultivar y riego.

Cultivar	Número de plantas emergidas	Riego	Número de plantas emergidas
DM 50048	6,01	con riego	6,22
DM 6200	5,12	sin riego	4,91

**Cuadro 3:** Número de plantas a cosecha, según cultivar y riego.

Cultivar	Número de planta a cosecha	Riego	Número de plantas a cosecha
DM 50048	5,85	con riego	6,18
DM 6200	5,08	sin riego	4,75

**Cuadro 4:** Altura de planta a cosecha, según cultivar y riego.

Cultivar	Riego	Altura de planta
DM 50048	sin riego	78,5
DM 50048	con riego	74,64
DM 6200	sin riego	79,39
DM 6200	con riego	67,2

**Cuadro 5:** Altura de primer nudo, según cultivar y riego.

Cultivar	Altura de 1° nudo (cm)	Riego	Altura de 1° nudo (cm)
DM 50048	7,93	sin riego	7,84
DM 6200	7,66	con riego	7,74

**Cuadro 6:** Número de ramificaciones, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Riego</b>	<b>Número de ramificaciones</b>
DM 50048	sin riego	5,5
DM 50048	con riego	4,55
DM 6200	sin riego	7,54
DM 6200	con riego	4,86

**Cuadro 7:** Número de nudos en tallo principal y en las ramificaciones, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Riego</b>	<b>Número de nudos</b>	
		<b>Tallo</b>	<b>Ramificaciones</b>
DM 50048	sin riego	15,45	25,5
DM 50048	con riego	14,18	21,16
DM 6200	sin riego	13,07	27,36
DM 6200	con riego	13,5	15,46

**Cuadro 8:** Numero de nudos totales, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Número de nudos</b>	<b>Riego</b>	<b>Número de nudos</b>
DM 50048	38,4	sin riego	40,69
DM 6200	34,73	con riego	32,44

**Cuadro 9:** Número de frutos en tallo principal, sobre ramificaciones y totales, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Riego</b>	<b>Número de frutos</b>		
		<b>Tallo</b>	<b>Ramificaciones</b>	<b>Total</b>
DM 50048	sin riego	28,41	34,32	62,73
DM 50048	con riego	26,72	23,89	50,61
DM 6200	sin riego	19,43	44,21	63,64
DM 6200	con riego	16,3	19,7	36

**Cuadro 10:** Número de granos por fruto sobre tallo principal, sobre ramificaciones y totales, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Riego</b>	<b>Número de granos/ fruto</b>		
		<b>Tallo</b>	<b>Ramificaciones</b>	<b>Total</b>
DM 50048	sin riego	2,39	2,36	4,76
DM 50048	con riego	2,3	2,06	4,36
DM 6200	sin riego	1,74	2,04	3,78
DM 6200	con riego	1,9	1,9	3,78

**Cuadro 11:** Número de granos por planta a cosecha, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Número de granos/planta</b>	<b>Riego</b>	<b>Número granos/planta</b>
DM 50048	127,71	sin riego	138,17
DM 6200	99,93	con riego	89,46

**Cuadro 12:** Peso de 100 granos, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Peso de 100 granos</b>	<b>Riego</b>	<b>Peso de 100 granos</b>
DM 50048	14,75	sin riego	14,63
DM 6200	14,84	con riego	14,96

**Cuadro 13:** Rendimiento, según cultivar y riego.

<b>Cultivar</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Riego</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
DM 50048	4535,63	sin riego	4221,75
DM 6200	3800,75	con riego	4114,63