

Caivano, Juan Pedro

*Efectos de la distancia entre hileras, sobre el
rendimiento y sus componentes en el cultivo de
soja*

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Caivano, J. P. 2011. Efectos de la distancia entre hileras, sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de soja [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efectos-distancia-entre-hileras-rendimiento.pdf> [Fecha de consulta:.....]

(Se recomienda indicar fecha de consulta al final de la cita. Ej: [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2010]).

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

**“Efectos de la distancia entre hileras, sobre el
rendimiento y sus componentes en el cultivo de soja”**

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria

Autor: Juan Pedro Caivano

Profesor Tutor: Ingeniero Agrónomo Fernando Miguez

Fecha: 17 de Octubre de 2011

Resumen

A partir de los últimos años de la década del setenta, la producción de soja ha venido creciendo constantemente en nuestro país. Este importante aumento de producción se ha logrado no sólo con incrementos de superficie sembrada, sino también con rendimientos unitarios que se inscriben entre los más altos del mundo. El aumento en el área sembrada hizo que el cultivo se sembrara en zonas ecológicamente menos favorables para su desarrollo.

El objetivo de este estudio fue determinar posibles diferencias de rendimiento en tres diferentes distanciamientos entre hileras en el cultivo de soja. Las distancias evaluadas fueron 0,21 m, 0,42 m y 0,525 m. Se esperaba que al acercar las hileras el rendimiento se incremente, la mayor intercepción de la radiación en etapas tempranas del cultivo podría resultar en una mayor biomasa, se beneficiaría el desarrollo del cultivo de la soja y por lo tanto su rendimiento por hectárea.

El experimento se llevó a cabo en el establecimiento “La Plegaria”, ubicado en el partido de Sarah perteneciente a la provincia de La Pampa.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos aleatorizados (DBA). Este constó de cuatro bloques, que incluyeron las tres distintas distancias, con un total de cuatro réplicas de cada una. Todas las parcelas fueron sembradas el 25 de noviembre del año 2009, utilizando la variedad “Don Mario 3700”, considerada una variedad del grupo III largo con alto potencial de rendimiento.

Durante el ciclo se midió intercepción de la radiación incidente y a cosecha se evaluó el rendimiento y sus componentes: número de vainas/m², número de granos/m² y peso de los granos.

Las parcelas sembradas a menor distancia entre surcos lograron adelantar la intercepción total de la radiación, todos los distanciamientos superaron el IAF crítico antes de R4. El rendimiento del distanciamiento de entre surco correspondiente a 0,21 m mostró una caída de 816,25 kg/ha con respecto al distanciamiento de 0,42 m y de 750 kg/ha con respecto al de 0,525 m.

El número de granos por unidad de superficie al igual que el peso de mil granos mostraron mermas, siendo el primer componente el que ejerció una mayor influencia sobre el rendimiento. Para el distanciamiento más estrecho se evidenció una disminución de 474,26 granos/m² en relación con el espaciamiento de 0,42 m y de 436,04 granos/m² con respecto a 0,525 m. Esta caída se cree pudo haber sido generada por una mayor incidencia de enfermedades sobre todo de la llamada “Mancha Ojo de Rana” (*Cercospora sojina*), la cual en la campaña en que se realizó el ensayo generó muchas pérdidas en la región.

Estos resultados no se ajustaron a la hipótesis de obtener un mayor rendimiento a medida que se acercaran las hileras, ya que fue una campaña con altas precipitaciones, situación inusual en los últimos años en la zona, donde los cultivos habitualmente sufren stress hídrico. Por lo tanto los posibles beneficios que supuestamente otorga el acercamiento de entre surcos no lograron manifestarse.

Índice

Introducción.....	pág 03
Objetivos.....	pág 05
Materiales y métodos.....	pág 06
Resultados y discusión	
○ <i>Evaluación de los supuestos estadísticos</i>	pág 08
○ <i>Porcentaje de no intercepción de luz</i>	pág 09
○ <i>Rendimiento</i>	pág 10
○ <i>Componentes del rendimiento</i>	pág 11
Conclusiones.....	pág 14
Anexo.....	pág 15
Bibliografía.....	pág 27

Introducción

El crecimiento del cultivo de soja y sus derivados en los últimos treinta años ha sido un fenómeno trascendente y fundamental para nuestro país tanto desde el punto de vista económico como social. La expansión se logró gracias a los avances e innovaciones tecnológicas, las capacidades de los agricultores, la sostenida demanda de este producto y la mejora real de su precio (*Concejo del Centro Regional Santa Fe, 2009*).

Este cultivo alcanza cada día mayor importancia debido a la necesidad de utilizar el grano como materia prima en la elaboración de alimentos concentrados para animales. La calidad de la proteína y el alto contenido de la misma en el grano de soja hacen que en la actualidad, casi todos los países exploren sus posibilidades de producir su propia soja para no depender de importaciones (*Ortega y Teresa, 2010*).

Cuando esta oleaginosa comenzó a difundirse en nuestro país, el sistema de producción se basó en distanciamientos entre surcos a setenta centímetros y alrededor de 350.000 plantas por hectárea. La evolución que el cultivo tuvo a través del tiempo fue hacia la utilización de cultivares más precoces, que acompañado de la introducción del carácter indeterminado, llevó al acortamiento de la distancia entre hileras. Es así que la reducción implicó espaciamientos a 0,50 m, 0,46 m y 0,35 m conocidos como surcos estrechos y a 0,26 m y 0,175 m denominados surcos ultra estrechos (*Mondino y Gomez, 2009*).

A diferencia del escaso impacto de la desuniformidad sobre el rendimiento del cultivo, en muchas situaciones, el rendimiento de una misma variedad sembrada en una misma fecha y a la misma densidad puede modificarse al variar la distancia entre hileras. Esto se debe a que el cambio en la distribución que se produce cuando las plantas se aproximan entre hileras y se distancian dentro de cada una de ellas modifica la relación entre eficiencia de intercepción y el IAF (índice de área foliar); lo que genera que, por cada unidad de IAF, se intercepte una mayor proporción de radiación y se establezca un menor valor de IAF crítico. Esto provoca un aumento del crecimiento durante las primeras etapas y eleva la posibilidad de lograr una plena intercepción durante el período crítico (*Kantolic, 2008*).

Las ventajas de reducir el espaciamiento son evidentes cuando una distancia mayor no permite maximizar la intercepción de radiación durante el período crítico situado entre R4 y R6; por el contrario, se reducen las ventajas cuando con surcos distantes se alcanza una plena intercepción en fases tempranas del ciclo (*Kantolic, 2008*). Cuando las condiciones ambientales (suelo, clima, malezas) limiten el crecimiento del cultivo, la reducción del espacio entre surco contribuye a mejorar el aprovechamiento de la radiación solar (*Giorda, 1997*).

El espaciamiento entre surcos óptimo se reduce con el incremento de la latitud. Esto se debe a que, a mayores latitudes, la estación de crecimiento más corta limita la producción de biomasa, resultando necesario reducir el espaciamiento para anticipar la cobertura del suelo e incrementar esa producción (*Giorda, 1997*).

La elección del distanciamiento entre hileras depende de la fecha de siembra, la latitud, las condiciones ambientales y las características del cultivar. En condiciones limitantes para el crecimiento del cultivo, la reducción del espaciamiento contribuye a mejorar el aprovechamiento de la radiación, el control de malezas e incrementa el rendimiento (*Baigorri, 2004*). El acercamiento permitirá realizar una competencia temprana a las malezas, debido a una mejor distribución de las raíces y a un rápido sombreado del suelo, aumentando el porcentaje de radiación solar interceptada y disminuyendo la competencia entre plantas del cultivo (*Moreno y Masiero, 1992*).

No todos los cultivares responden por igual al espaciamiento entre surcos. Los cultivares más precoces y con menor cantidad de ramificaciones presentan mayor respuesta a la reducción de la distancia entre surco (*Baigorri, 2004*). La magnitud del incremento de rendimiento por la reducción de 0,70 a 0,35 m alcanza valores máximos de hasta un 30 % (*Bodrero y otros, 1995*).

Un ensayo realizado por INTA Pergamino demuestra que, aunque no se determinaron diferencias significativas en los rendimientos por efecto del distanciamiento entre hileras, el análisis conjunto con otros experimentos permite identificar una relación directa entre el ciclo de la variedad y la respuesta al acercamiento entre hileras. En variedades de grupo IV sería posible incrementar los rendimientos reduciendo el espaciamiento más allá de 0,52 m entre hileras (*Ferraris, 2009*).

Con la reducción de espaciamiento entre surcos se obtuvieron incrementos de rendimiento, no solo en fechas de siembra tardías sino que en algunos ensayos con fecha de siembra temprana, también se observaron incrementos de rendimientos a menor distanciamiento (*Baigorri y otros, 1992*).

El componente más asociado con variaciones en el rendimiento del cultivo es el número de granos por unidad de superficie. Heatherly, trabajando con espaciamientos de surcos estrechos en sistemas productivos bajo riego en Misisipi (Estados Unidos), informa que los mayores rendimientos a medida que se estrechaba la distancia entre surcos podrían ser atribuidos a un aumento en el número de granos (*Mondino y Gomez, 2009*). Por todo lo dicho, el espaciamiento entre hileras óptimo será aquel que permita lograr una buena cobertura que asegure el uso eficiente de la radiación, un buen desarrollo evitando el vuelco, una reducción de la incidencia de enfermedades y una altura adecuada de inserción de vainas inferiores para facilitar la cosecha y evitar pérdidas (*Giorda, 1997*).

La campaña 2009/10 estuvo caracterizada por temperaturas elevadas, precipitaciones frecuentes y muchas horas de rocío. Estas condiciones favorecieron la presencia de la enfermedad “mancha ojo de rana” causada por **Cercospora sojina** Hara, la cual afectó con diferentes niveles de intensidad al cultivo de soja en varias provincias argentinas como Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires, La Pampa, San Luis, Entre Ríos, Chaco, entre otras (*Distéfano y otros, 2011*).

Relevamientos en los ensayos de la Red de Evaluación de Cultivares de Soja Región Norte Argentino (RECSO) de INTA determinaron la presencia de

la enfermedad causal, la cual se registró por primera vez en Japón (1915) y actualmente está presente prácticamente en todas las regiones sojeras. Los primeros síntomas pueden observarse en estadios vegetativos y reproductivos, por ser una enfermedad policíclica su evolución en el cultivo puede ser explosiva. Estos comienzan con pequeñas manchas marrones rojizas, de forma circular o angular de 1 a 2 mm, en la superficie superior de la hoja. A medida que la enfermedad avanza, estas pequeñas manchas forman otras más grandes con centro de color gris ceniza. Las manchas más viejas pueden llegar a ser traslúcidas. Se localiza principalmente en el follaje y, en menor grado, en tallos, vainas y semillas (*Robinet y otros, 2011*).

Respecto a grupos de madurez, la enfermedad no hace distinción para afectarlos en grados e intensidades de ataque, pero sí es variable la susceptibilidad de los cultivares. En el trabajo experimental se utilizó la variedad “*Don Mario 3700*”, la cual es considerada muy susceptible a esta enfermedad.

Según un relevamiento realizado en los departamentos Unión y Marcos Juárez, en la campaña 2009/2010 la enfermedad progresó hasta alcanzar niveles de prevalencia e incidencia del 100%, con severidades que iban desde trazas hasta el 90% dependiendo del cultivar y la fecha de siembra.

Al finalizar la campaña en que se hizo el ensayo, los niveles de incidencia llegaron al 100% tanto en Santa Fe como en Buenos Aires, con severidades que alcanzaron el 80% en la primera provincia y 30% en la otra. Tucumán registró incidencias de un 25% y Entre Ríos, 18%; con severidades menores al 1% en ambos casos (*Alaggia y otros, 2011*).

Los ataques más severos en el monocultivo bajo siembra directa para aquellas variedades que son susceptibles, se asocian a las altas temperaturas nocturnas, mayores a 20 °C con elevado porcentaje de humedad y la ocurrencia de lluvias. Estas últimas, si son uniformes, ocasionarán daños generalizados, por lo que si ocurren espaciadas, los síntomas aparecerán en algunos estratos de hojas, generalmente en el estrato medio y superior. Por lo general, las condiciones tropicales y subtropicales cumplen con los requerimientos óptimos para el desarrollo de la enfermedad (*Alaggia y otros, 2011*).

Hasta el momento no se ha determinado con exactitud un impacto económico específico de la enfermedad, ya que está relacionada con las demás enfermedades de fin de ciclo; pero desde el punto de vista fisiológico reduce el área fotosintética, provoca una defoliación y menor tamaño de granos obteniendo una reducción entre el 21-66 % de su rendimiento. Estas pérdidas son variables según el cultivar y el momento de infección, con registros máximos de alrededor del 35 % (*Alaggia y otros, 2011*).

Objetivos del proyecto

- Evaluar el efecto del distanciamiento en los surcos de siembra sobre el rendimiento en soja.
- Evaluar el efecto del distanciamiento en los surcos de siembra sobre los componentes del rendimiento en soja.

Se espera que al acercar las hileras el rendimiento se incremente, la mayor intercepción de la radiación en etapas tempranas del cultivo podría resultar en una mayor biomasa, se beneficiaría el desarrollo del cultivo de la soja y por lo tanto su rendimiento por hectárea.

Materiales y métodos

El proyecto experimental se desarrolló en el establecimiento “La Plegaria”, ubicado en el partido de Sarah perteneciente a la provincia de La Pampa (Fig. 1).

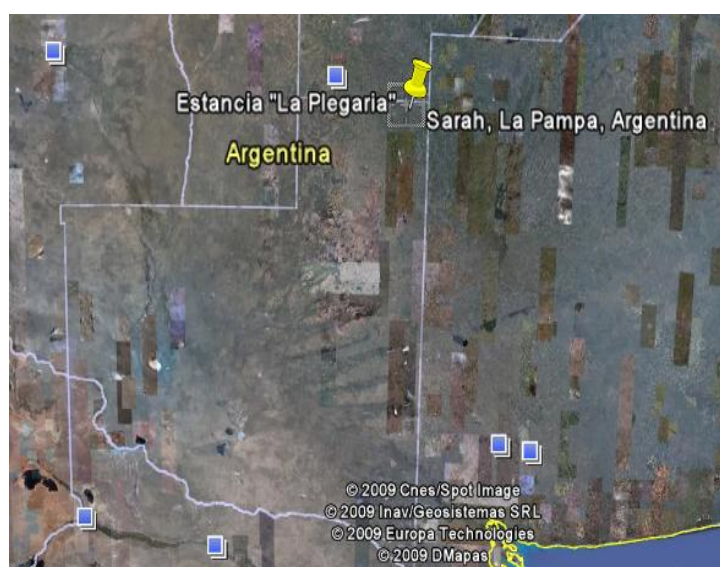


Figura 1: Mapa de la ubicación del establecimiento “La Plegaria”.

El suelo donde se efectuó el ensayo tenía niveles de 22 ppm de fósforo, 8,5 ppm de azufre, 1,27% de materia orgánica y un pH de 6,27. El lote provenía de maíz, considerado un excelente cultivo como antecesor a una soja de primera.

La metodología utilizada fue el diseño experimental de bloques completos aleatorizados (DBA) con cuatro repeticiones (**Fig. 2**). Las distancias entre surco que se evaluaron fueron: 0,21 m, 0,42 m y 0,525 m. El ensayo se sembró el 25 de noviembre del 2009. La siembra de las dos distancias menores se llevó a cabo con una sembradora de directa de grano fino, la cual posee un sistema de siembra a rodillos. En cambio, el distanciamiento a 0,525 m se sembró con una sembradora de grano grueso que posee placas.

Cada réplica se efectuó con el ancho de labor de la sembradora a utilizar y todas con un largo de 100 m, por lo que las parcelas de los dos espaciamientos menores tuvieron un tamaño de 462 m² y las sembradas a 0,525 m fueron de 472,5 m².

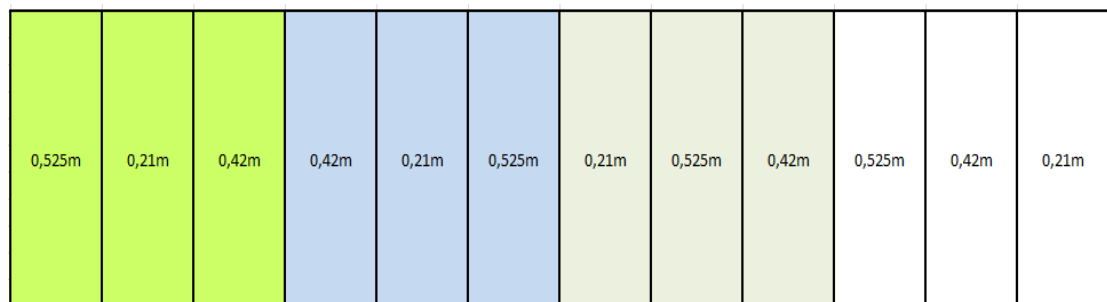


Figura 2: Modelo del diseño estadístico.

La variedad utilizada fue “Don Mario 3700”, considerada una variedad del grupo III largo con alto potencial de rendimiento.

Se buscó una densidad de siembra idéntica (40 plantas/m²) para las tres distancias evaluadas y por lo tanto se modificó la distribución lineal de las plantas.

En primera instancia, se realizó el conteo del número de plantas por metro cuadrado establecidas en cada una de las parcelas para constatar que todas ellas tuvieran la misma densidad.

En diferentes estadios (V3, V5, R2, R3 y R4) se llevó a cabo la medición de la luz que llegaba al suelo. Para ello se utilizó una soga de un metro de largo con nudos distanciados cada diez centímetros. Esta se colocó en el entre surco en forma oblicua y se observó la cantidad de nudos que eran iluminados por el sol y por ende no interceptada por el canopeo.

Al finalizar el ciclo se contó el número de vainas/planta en cada parcela, tomando al azar diez plantas de cada una, para después obtener un promedio de vainas/planta.

Finalmente se cosechó separadamente cada parcela para estimar el rendimiento en materia seca de granos de dos maneras:

1. Se cortaron todas las plantas de dos metros cuadrados de cada parcela y se enviaron (separadamente) en bolsas identificadas al INTA Anguil para que las trillaran y se determinara el peso de cada muestra, para luego estimar el rinde de las diferentes parcelas.

2. Se cosechó separadamente cada parcela con una máquina cosechadora y se pesó lo trillado en una mono tolva con balanza digital, permitiendo así estimar los rindes, considerando la superficie total para cada parcela.

Una vez terminada la cosecha, se determinó el peso de los mil granos para cada parcela (tratamiento) y por un simple despeje de fórmula se pudo obtener el número de granos/m².

Se analizaron cinco variables:

- Porcentaje de luz no interceptado.
- Rendimiento (kg/ha): manual y cosechadora.
- Número de vainas/planta.
- Peso de mil granos (g).
- Número de granos/m²: a partir de los rendimientos de la cosecha manual y de los estimados de la cosecha con máquina.

Los datos de todas las variables fueron sujetos a un análisis de varianza (ANOVA) en el programa de computación “Infostat”. También se comprobó que los datos cumplieran con los supuestos del modelo planteado.

Resultados y discusión

Evaluación de los supuestos estadísticos

Se comprobó que el diseño propuesto cumplía con los supuestos que posee todo diseño de bloques aleatorizados (**Tabla 1, Figs. A₄-A₆**).

Tabla 1: resultados de homocedasticidad y normalidad del diseño experimental.

Variables analizadas	Homocedasticidad (Levene)	Homocedasticidad (Dispersión)	Normalidad (QQ plot)	Normalidad (Shapiro-Wiks)
Rendimiento	p-valor: 0,6579	OK	OK	p-valor: 0,8320
n° de granos/m ²	p-valor: 0,6579	OK	OK	p-valor: 0,8320
n° de vainas/pl	p-valor: 0,3108	OK	OK	p-valor: 0,6858
Peso de 1000	p-valor: 0,5079	OK	OK	p-valor: 0,0863

Porcentaje de no intercepción de luz

El acercamiento de las hileras permitió anticipar la total intercepción de la radiación (**Tabla 2, Fig. 3**), sin embargo como todos los tratamientos superaron el IAF crítico antes del período crítico en que se define el rendimiento del cultivo, no generó una ventaja. Se cree que en los surcos más estrechos una mayor intercepción de luz pudo haber generado un efecto negativo favoreciendo la incidencia de enfermedades, sobre todo de “Mancha ojo de rana”, que en la campaña en que se realizó el ensayo generó muchas pérdidas a nivel país (**Tabla A5, Figs. A7- A10**).

Tabla 2: porcentaje de luz no interceptado en el entre surco. Los valores corresponden a los promedios en cada tratamiento.

Estadios	21 cm	42 cm	52 ,5 cm
V3	65%	100%	100%
V5	25%	55%	75%
R2	20%	30%	40%
R3	0%	5%	10%
R4	0%	0%	0%

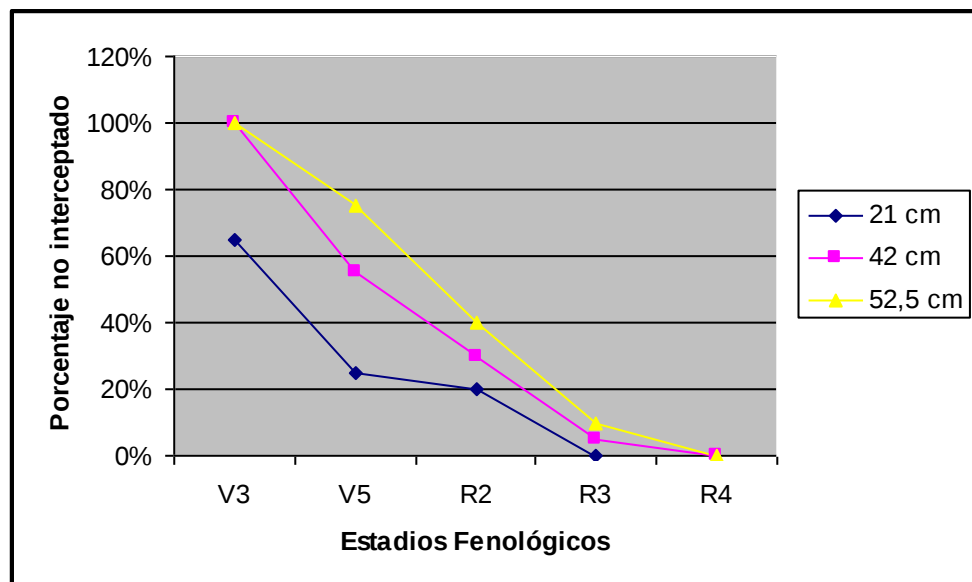


Figura 3: Porcentaje de luz no interceptado en el entre surco.

Rendimiento

Al realizar el análisis estadístico se vio que los rendimientos determinados con la mono tolva no difieren entre los tres tratamientos. Diferente fue el resultado del análisis de rendimientos determinados por la cosecha manual y posterior trilla realizada en el INTA Anguil, en el que se observan diferencias significativas entre los tratamientos.

Los valores de rendimientos (INTA) del distanciamiento más estrecho, correspondiente a 0,21 m, muestran una caída de 816,25 kg/ha con respecto al distanciamiento de 0,42 m y de 750 kg/ha con respecto al de 0,525 m. Estas diferencias resultaron significativas (*p*-valor: 0,0002). Pero, al comparar los rendimientos de las dos distancias mayores no hay diferencias entre los mismos (Tabla 3, Fig. 4).

Tabla 3: tabla de medias de rindes (kg/ha), peso de mil granos (g), número de vainas/planta y número de granos/m² de las diferentes distancias entre hileras.

Tratamiento (m)	Rinde/Maquina (kg/ha)	Rinde/Manual (kg/ha)	nº de granos/m ² (maq)	nº de granos/m ² (INTA)	nº de vainas/pl	Peso de 1000(g)
0,525	3898 a	4434 b	2266 a	2578 b	40 a	180 a
0,42	4272 a	4500 b	2484 a	2616 b	33 a	181 a
0,21	3632 a	3684 a	2112 a	2142 a	44 a	169 a

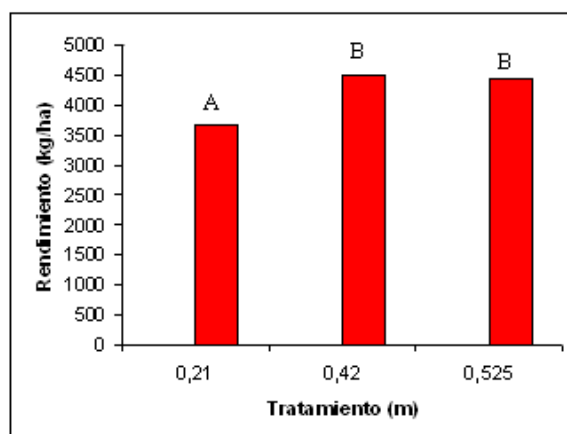


Figura 4: Rendimientos provistos por el INTA Anguil.

La diferencia entre las dos determinaciones permite pensar que la balanza de la mono tolva no nos permitió evidenciar los cambios en rendimientos entre los tratamientos ya que el volumen cosechado en cada parcela es pequeño y la balanza carece de sensibilidad para el tamaño de parcela utilizado (la unidad menor de medición es 50 kg). Por lo tanto si se quisiera realizar una estimación de rendimientos de esta manera se deberían realizar parcelas de un tamaño apropiado para que se puedan observar las

diferencias si existieran. También, al realizar los análisis estadísticos, se observa que los datos obtenidos no cumplen con los supuestos de normalidad del modelo (**Anexo págs. 17-21**).

Por todo lo antedicho, para el análisis se toman en cuenta los datos obtenidos mediante la cosecha manual de dos metros cuadrados de cada parcela, descartando los obtenidos mediante la balanza de la mono tolva.

Aunque no se llevó a cabo ningún control ni cuantificación de la incidencia y severidad de la enfermedad mancha ojo de rana, la manifestación de la enfermedad mencionada se observó en los distintos tratamientos, y no se descarta que la merma de rendimiento en el distanciamiento más estrecho (**Tabla 3**), pudiera ser causada por esta. Por lo tanto, vale la pena considerar a la hora de la siembra el uso de variedades de soja que posean un mejor comportamiento frente a esta enfermedad.

Para poder explicar las variaciones en el rendimiento se observaron los diferentes componentes del rendimiento del cultivo de soja, ellos son: *número de granos/m²*, *n° de vainas/planta* y el *peso de mil granos*. Esto permitió determinar qué componente tuvo más peso en determinar el rendimiento final y analizar posibles diferencias significativas en estas variables en las tres distancias evaluadas.

Componentes del rendimiento

- ***N° de granos/m²***

Al analizar el número de granos a partir de los rindes de la cosecha manual se observó una diferencia entre los tratamientos (*p-valor: 0,0002*). El número de granos fue menor para el distanciamiento a 0,21 m. La diferencia para esta distancia entre hileras fue de 474,26 granos/m² menos en relación con el distanciamiento de 0,42 m y de 436,04 granos/m² con respecto a 0,525 m (**Tabla 3, Fig. 5**). Al comparar estas últimas dos no existen diferencias entre ellas, mostrando así el mismo comportamiento que en el rendimiento.

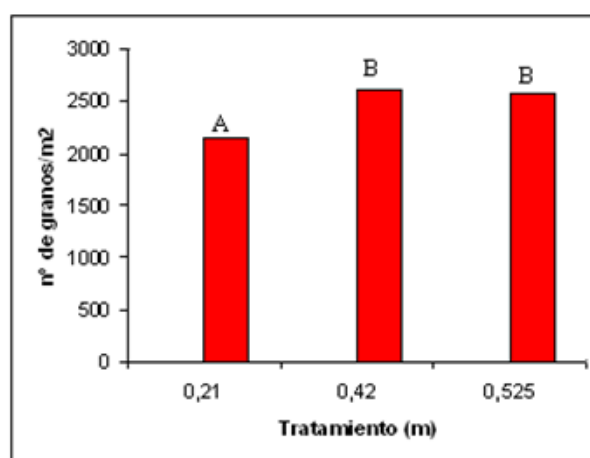


Figura 5: *n° de granos/m² por el INTA Anguil.*

- **N° de vainas/planta**

La cantidad de vainas por planta no mostró diferencias significativas (*p*-valor: 0,1492) entre los diferentes distanciamientos, siendo el promedio de 44 vainas/pl para 0,21 m, 33 vainas/pl para 0,42 m y 40 vainas/pl para los 0,525 m. La falta de diferencias en el número de vainas/planta, implica que el factor que incidió en la diferencia en el número de granos/m² ha sido el cuaje de granos por vaina, factor que se define en una etapa levemente posterior del desarrollo que la definición del número de vainas.

- **Peso de mil granos**

Aunque el distanciamiento más estrecho mostró una tendencia de reducción en este componente del rendimiento, al realizar el **ANOVA**, los valores no mostraron diferencias significativas entre los diferentes distanciamientos entre hileras (*p*-valor: 0,2496). El promedio del peso de mil granos fue de 169 g para la distancia de 0,21 m, 181 g para 0,42 m y 180 g para 0,525 m (**Tabla 3**).

Cabe aclarar que este componente explica un 39% el rendimiento del cultivo, llegando a este valor mediante un análisis de regresión lineal en el cual resultó en un R^2 de 0,39. Si bien la diferencia en el peso medio de los granos no alcanzó significancia estadística podría especularse que el peso medio de la distancia 0,21 m tendió a ser menor, producto de una supuesta mayor incidencia de la “Mancha Ojo de Rana”, la cual generaría una menor duración del área foliar.

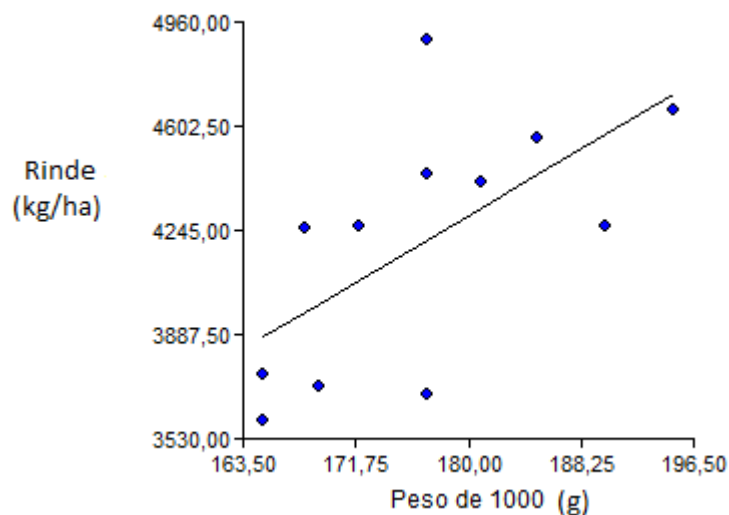


Figura 6: Regresión lineal del rinde (kg/ha) vs. peso de mil granos (g)

Observando los resultados de todos los componentes del rendimiento, se puede decir que el acercamiento de las hileras, bajo las condiciones en que

se condujo el ensayo (**Tabla A₂, Fig. A₃**), generó un efecto negativo sobre el rendimiento del distanciamiento de 0,21 m, impactando fuertemente sobre el número de granos por metro cuadrado, y en menor medida en su peso medio siendo el número de granos/m² el componente que determinó en mayor medida el rinde de cada tratamiento.

La Pampa en general, y la localidad de Sarah en particular, se considera una zona de precipitaciones escasas (**Tabla A₁, Figs. A₁-A₂**) tomando a la agricultura una actividad poco estable. El cultivo consume el agua disponible previo al período de llenado de granos (período crítico), produciendo la falta de foto asimilados los cuales son indispensables para obtener el potencial de rendimiento esperado.

De esta forma la hipótesis planteada inicialmente no se cumplió. Los supuestos beneficios de un mejor aprovechamiento de la radiación y del agua, una competencia temprana a las malezas y un rápido sombreado del suelo para las distancias más estrechas no lograron un beneficio bajo las condiciones favorables en que acompañaron la campaña 2009/2010 (**Fig. A₃**).

Conclusiones

La reducción de la distancia entre surcos permitió anticipar la total intercepción de la radiación, sin embargo como todos los tratamientos superaron el IAF crítico antes del período crítico en que se define el rendimiento del cultivo y las condiciones hídricas durante el período crítico del cultivo no fueron limitantes, no generó una ventaja en el rendimiento. Por el contrario generó una reducción del rendimiento.

Las condiciones ambientales en que se desarrolló el ensayo favorecieron la presencia de enfermedades, sobre todo de “Mancha ojo de rana”, la cual se pudo observar en las diferentes parcelas. Cabe aclarar que esta enfermedad no fue cuantificada en niveles de severidad ni incidencia, pero se especula que la misma pudo haber sido la causante de la baja del rendimiento en el distanciamiento más estrecho.

La campaña 2009/2010 se caracterizó por altas precipitaciones, suceso que no es común para la zona en donde se realizó la experiencia. La provincia de La Pampa posee un régimen de precipitaciones que no alcanzan para obtener el potencial de rendimiento de los cultivos, por lo que en el ciclo de la soja la mayor cantidad de agua es consumida previo al período de llenado de granos (período crítico), siendo este recurso faltante posteriormente. Esto genera una menor tasa de crecimiento del cultivo en las etapas en que se define el rendimiento, con lo que usualmente no llega a su potencial genético. Con el acercamiento de los entre surcos se intentó ofrecerle a la soja un ambiente en el cual se hiciera un mejor aprovechamiento de la radiación y del agua, sin embargo estos beneficios no lograron manifestarse.

El distanciamiento correspondiente a 0,21 m mostró una merma de con respecto al distanciamiento de 0,42 m y al de 0,525 m.

El número de granos por unidad de superficie, al igual que el peso de mil granos, disminuyó en el distanciamiento más estrecho, siendo el primer componente el que ejerció una mayor influencia sobre el rendimiento.

Por lo expuesto anteriormente, bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo las distancias de 0,42 m y 0,525 m serían las recomendadas a sembrar para lograr el mayor rendimiento por hectárea. Se debe destacar la necesidad que el efecto de la reducción de los espaciamientos entre surcos, manteniendo constante la densidad por unidad de superficie, sea analizado en varias campañas para poder observar cómo responde el cultivo, sobre todo ante un stress hídrico.

Sería interesante como proyecto a futuro, determinar el comportamiento de diferentes variedades de soja frente a la enfermedad mancha ojo de rana, sembradas bajo distanciamientos estrechos. Se recomienda tener presente a la hora de la elección de variedades, aquellas que posean un mayor grado de tolerancia a la enfermedad, sobre todo si se pretende sembrar en distanciamientos estrechos y se prevé una campaña muy húmeda.

Anexo

- Precipitaciones

El historial de lluvias de quince años muestra un promedio de 1013 mm anuales para la zona en donde se encuentra el campo (**Tabla A₁**). Se puede observar que a lo largo del tiempo el área sufre ciclos alternados de sequía y ciclos húmedos.

Tabla A₁: Historial de lluvias de quince años en Sarah, provincia de La Pampa.

Mes/Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Prom.
Enero	65	64	134	85	58	111	173	111	157	30	177	28	106	158	63	101
Febrero	60	87	103	20	176	40	186	48	50	92	86	62	133	262	123	102
Marzo	49	16	157	116	47	388	120	264	243	143	90	173	216	270	65	157
Abril	39	45	155	147	138	141	94	171	168	107	202	23	167	69	20	112
Mayo	10	75	39	6	54	43	158	21	47,5	32	48	0	8	0	10	36
Junio	27	0	0	43	33	91	25	4	7	0	40	19	0	28	44	24
Julio	25	0	5	15	0	15	17,5	6	11	4	105	20	2	4	15	16
Agosto	37	0	6	19	27	36	15	36	66	28	28	87	0	1	0	26
Septiembre	10	15	3	35	75	73	27	201	70	9	7	68	35	175	46	57
Octubre	117	70	99	256	88	95	302	259	109	68	154	63	222	158	224	152
Noviembre	15	52	112	45	171	173	137	94	110	159	143	125	113	94	131	112
Diciembre	125	60	173	496	95	121	20	35	119	57	100	63	212	57	92	122
Total	579	484	986	1283	962	1327	1257	1250	1110	729	1180	731	1214	1276	833	1013

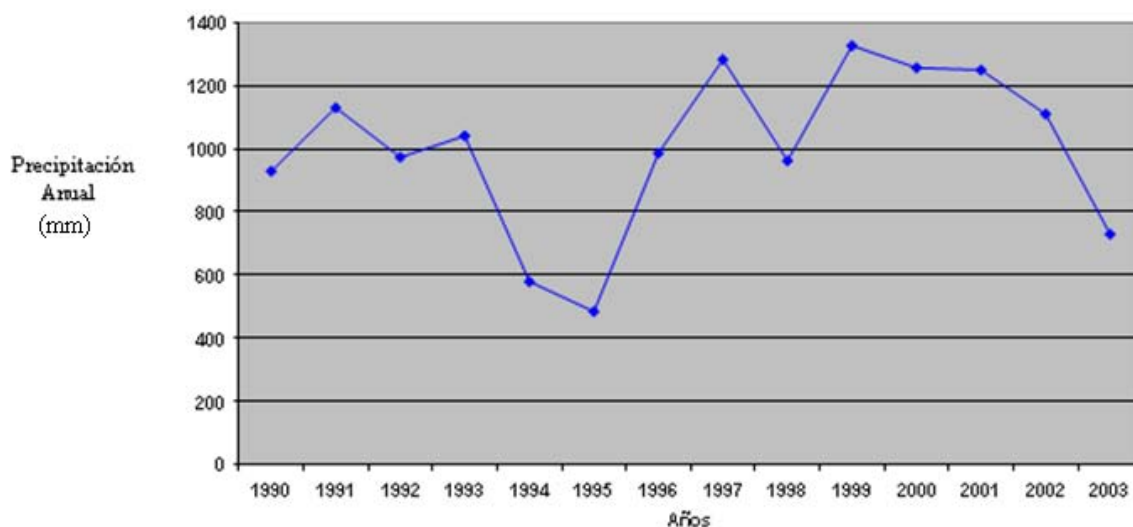


Figura A₁: Precipitaciones de trece años consecutivos en la localidad de Sarah.

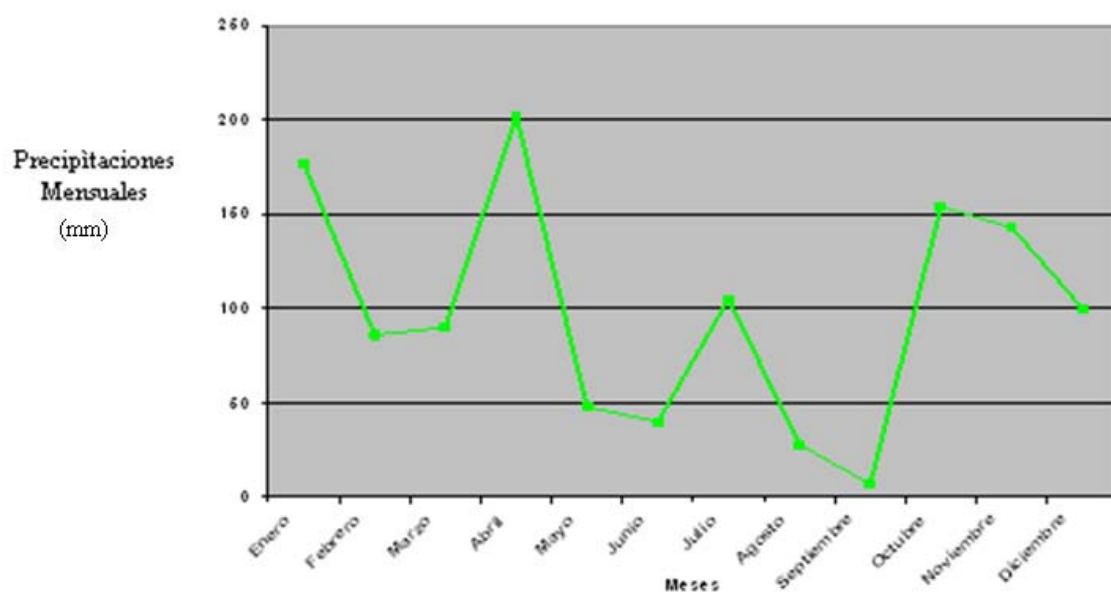


Figura A₂: Distribución anual de las precipitaciones.

Durante el ciclo del cultivo se produjo un acumulado de 603 mm de lluvia, considerando a este valor un muy buen régimen hídrico (**Fig. A₃**).

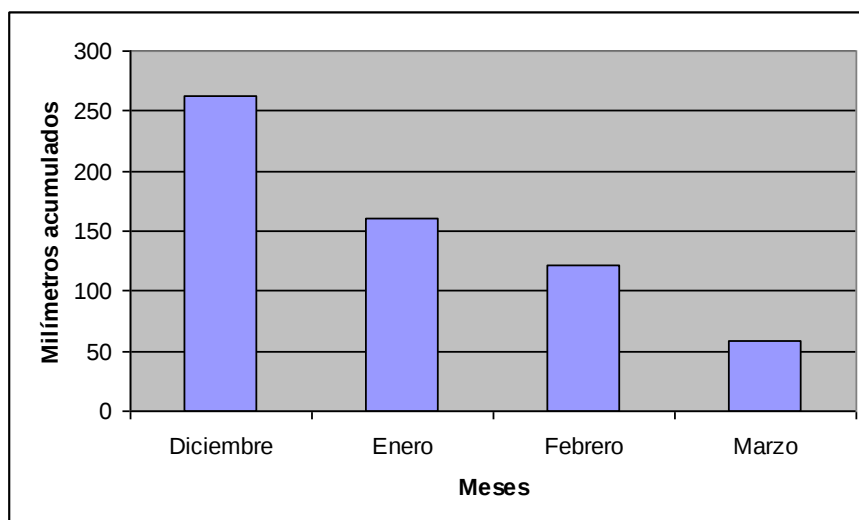


Figura A₃: milímetros acumulados en los distintos meses del ciclo del cultivar.

Tabla A₂: Distribución de la lluvia durante el ciclo del cultivo.

Precipitaciones	
Milímetros	Fecha
5	10/12/2009
17	13/12/2009
190	19/12/2009
40	23/12/2009
10	24/12/2009
70	01/01/2010
45	11/01/2010
36	29/01/2010
10	31/01/2010
17	02/02/2010
28	05/02/2010
40	12/02/2010
30	22/02/2010
7	25/02/2010
28	09/03/2010
10	18/03/2010
20	22/03/2010
603	

- **Resolución estadística**

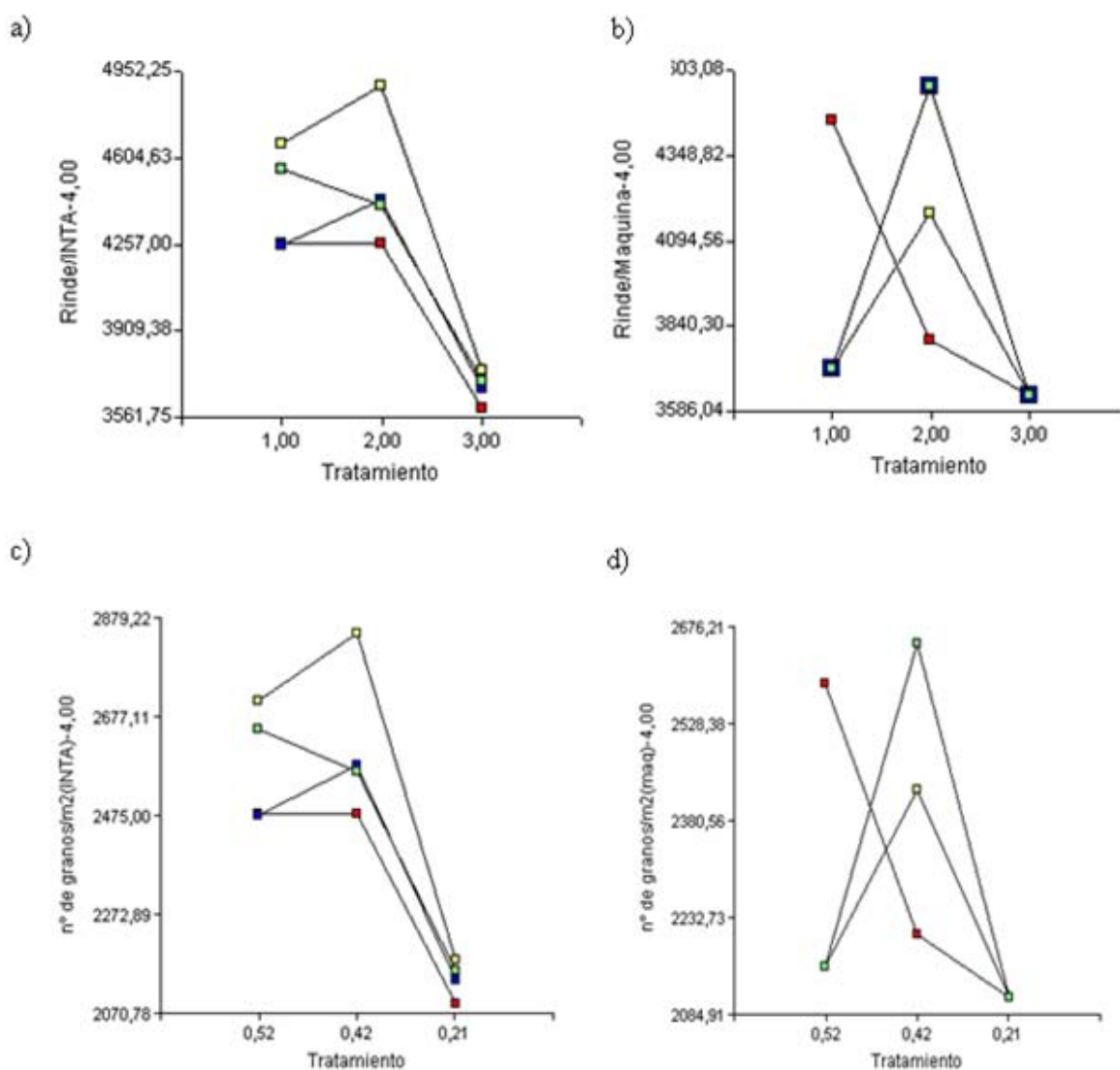
Tabla A₃: rindes (kg/ha), peso de mil granos (g), número de vainas/planta y número de granos/m² de las diferentes distancias entre hileras con sus respectivas réplicas.

Tratamiento	Bloque	Rinde/Maquina	Rinde/Manual	nº de granos/m2(maq)	nº de granos/m2(INTA)	nº de vainas/pl	Peso de 1000
0,525	1	4455,6	4260	2590,5	2476,74	40	172
0,525	2	3712,1	4255	2158,2	2473,84	36	168
0,525	3	3712,1	4660	2158,2	2709,30	42	195
0,525	4	3712,1	4560	2158,2	2651,16	43	185
0,42	1	3797,4	4260	2207,8	2476,74	33	190
0,42	2	4556,9	4435	2649,3	2578,49	31	177
0,42	3	4177,1	4895	2428,6	2845,93	36	177
0,42	4	4556,9	4410	2649,3	2563,95	30	181
0,21	1	3632,3	3595	2111,8	2090,12	45	165
0,21	2	3632,3	3680	2111,8	2139,53	57	177
0,21	3	3632,3	3750	2111,8	2180,23	40	165
0,21	4	3632,3	3710	2111,8	2156,98	33	169

Se efectuó el análisis estadístico con distintas variables para poder observar si existían discrepancias debido al distanciamiento de entre surco. Inicialmente se llevó a cabo el análisis de los supuestos del modelo planteado en el experimento.

Los supuestos de todo DBA son:

1. Los bloques deben ser independientes entre sí.
2. Los tratamientos deben ser asignados al azar dentro del bloque.
3. Los bloques deben responder en forma paralela (actividad-paralelismo).



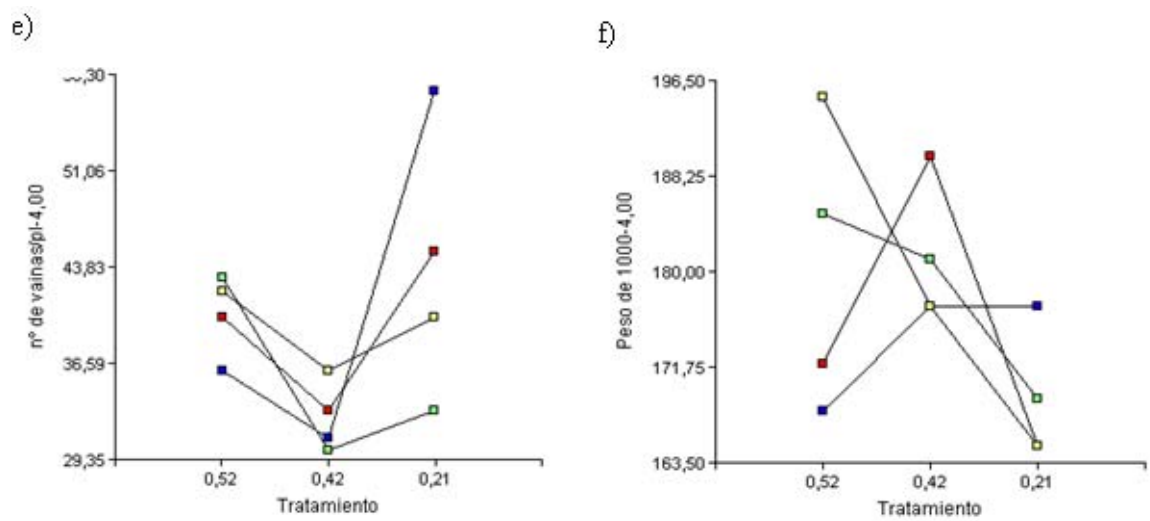
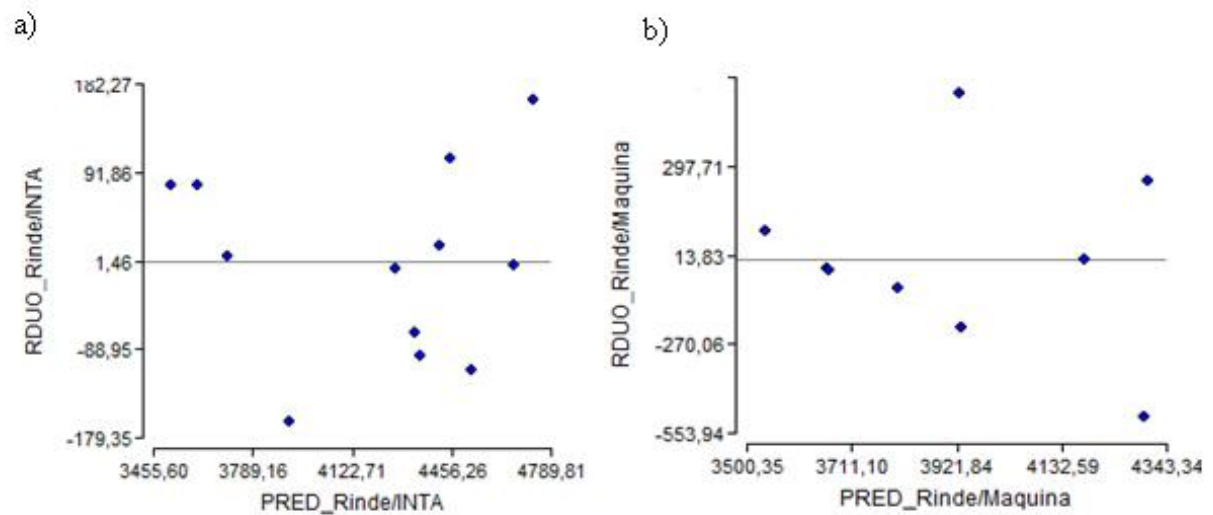


Fig. A4: Gráficos de paralelismo para a) rinde según INTA (kg/ha), b) rinde de cosechadora (kg/ha), c) n° de granos/m² (INTA), d) n° de granos/m² (máquina), e) n° de vainas/planta y f) peso de 1000 granos (g) .

4. Los tratamientos deben tener la misma variabilidad (homocedasticidad).

Se evaluó este supuesto mediante *Gráficos de dispersión* (Residuos vs Predichos) y *Levene*.



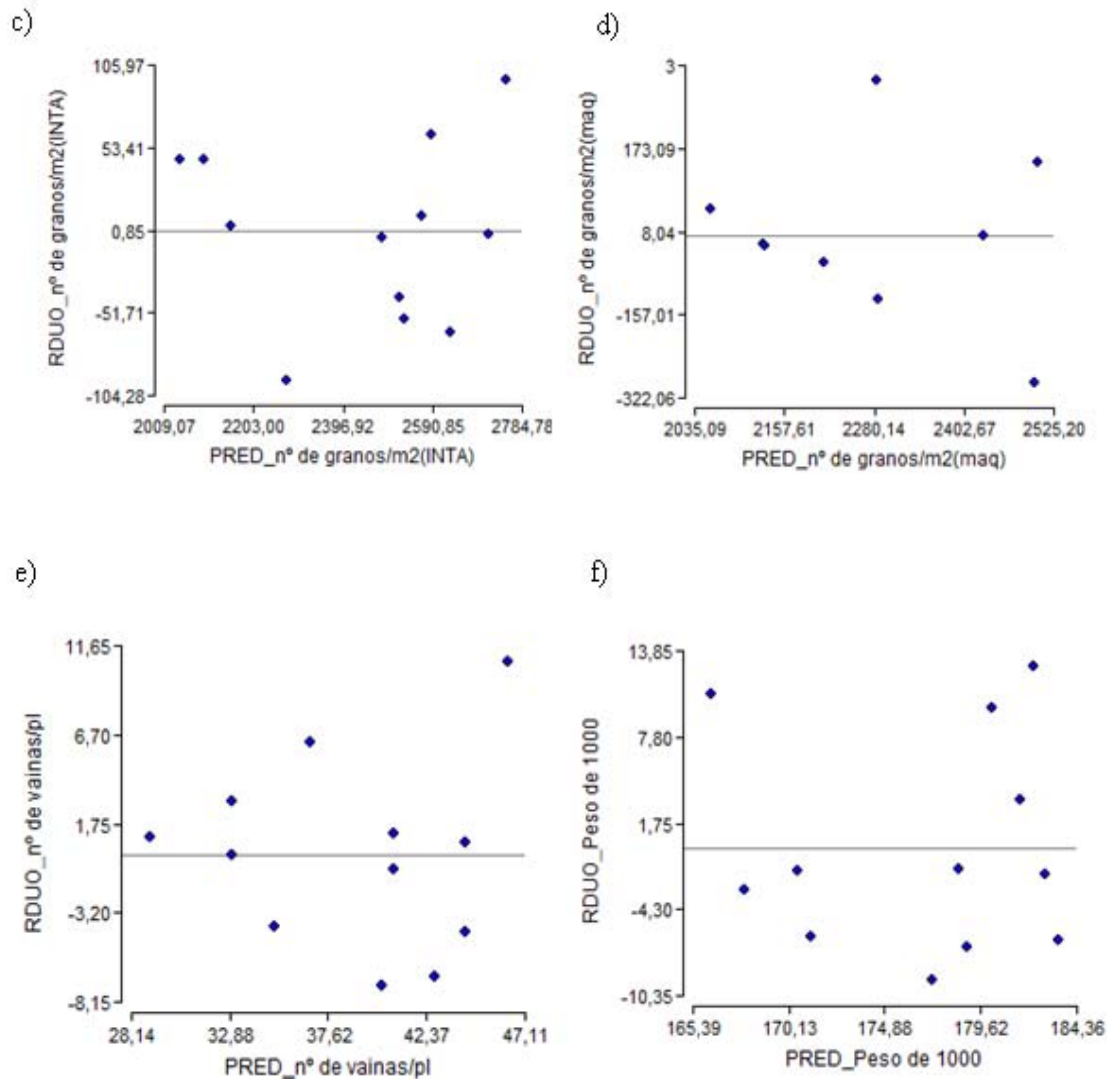
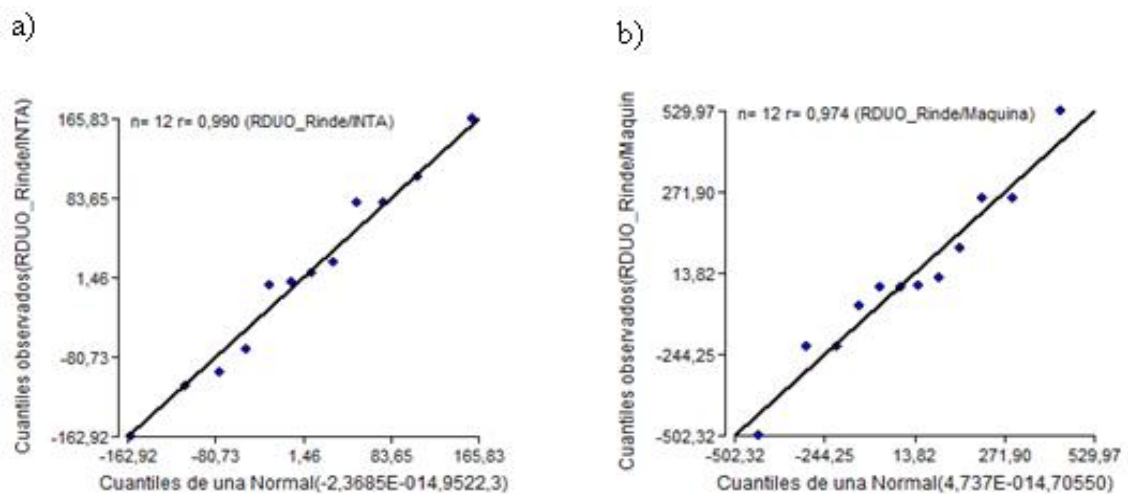


Fig A5: Gráficos de dispersión para a) rinde según INTA (kg/ha), b) rinde de cosechadora (kg/ha), c) n° de granos/m² (INTA), d) n° de granos/m² (máquina), e) n° de vainas/planta y f) peso de 1000 granos (g).

Para analizar la normalidad se efectuó el análisis de *QQ plot* y la prueba de *Shapiro-Wilks*



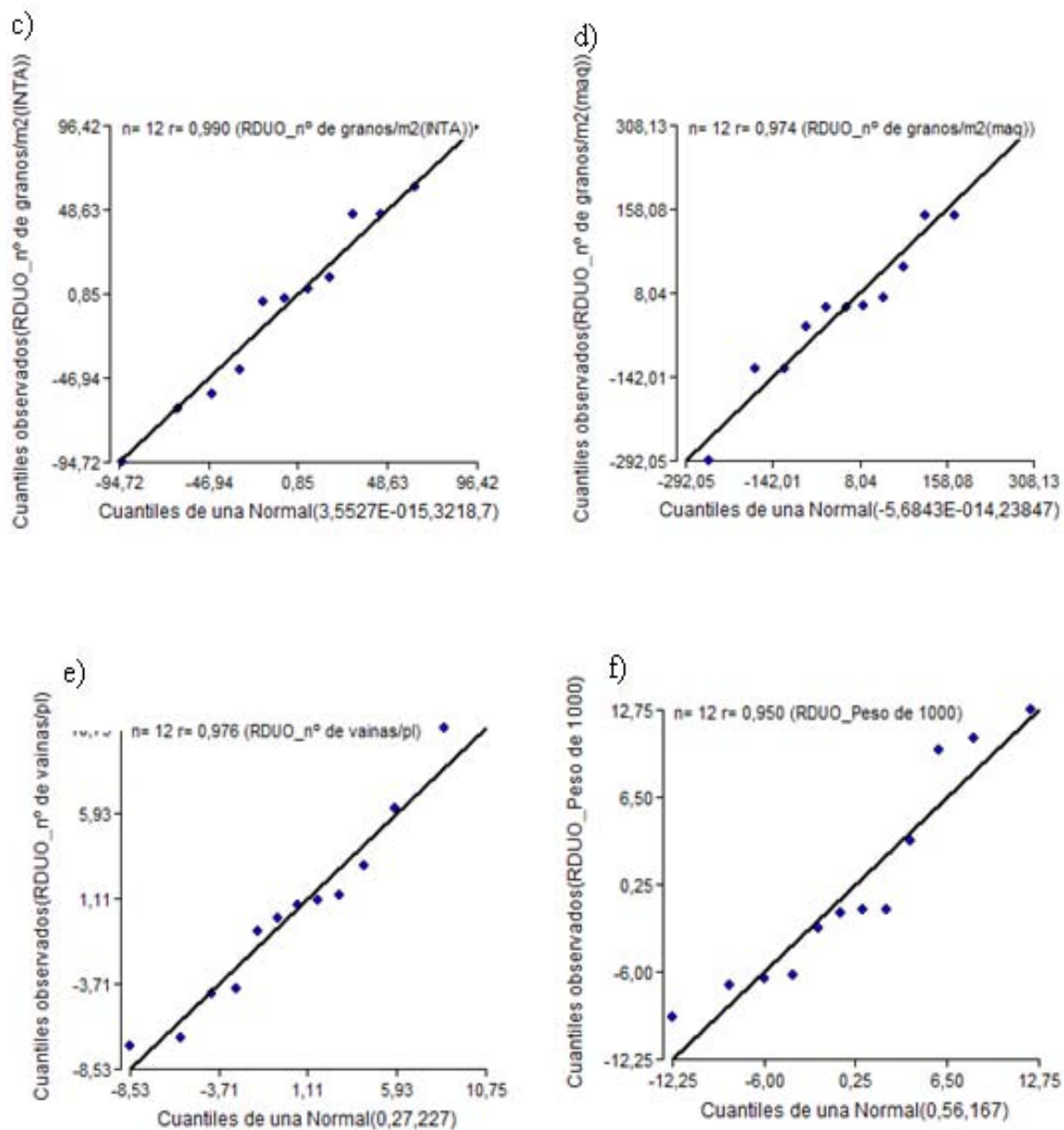


Fig A6: QQ Plot para a) rinde según INTA (kg/ha), b) rinde de cosechadora (kg/ha), c) n° de granos/m² (INTA), d) n° de granos/m² (máquina), e) n° de vainas/planta y f) peso de 1000 granos (g) .

Posteriormente se realizó el “Test de Tukey” para poder observar si existieron diferencias significativas en las distintas variables analizadas debido al efecto del distanciamiento.

Tabla A₄: ANOVA para a) rinde según INTA (kg/ha), b) rinde de cosechadora (kg/ha), c) n° de granos/m² (INTA), d) n° de granos/m² (maquina), e) n° de vainas/planta y f) peso de 1000 granos (g).

a) **Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde/INTA	12	0,95	0,90	3,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1907645,83	5	381529,17	21,85	0,0009
Tratamiento	1644204,17	2	822102,08	47,09	0,0002
Bloque	263441,67	3	87813,89	5,03	0,0446
Error	104745,83	6	17457,64		
Total	2012391,67	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=286,65030

Error: 17457,6389 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,21	3683,75	4	66,06 A
0,52	4433,75	4	66,06 B
0,42	4500,00	4	66,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

b)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde/Maquina	12	0,53	0,13	9,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	861555,83	5	172311,17	1,33	0,3641
Tratamiento	826452,75	2	413226,38	3,19	0,1136
Bloque	35103,08	3	11701,03	0,09	0,9626
Error	776047,89	6	129341,32		
Total	1637603,72	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=780,24014

Error: 129341,3151 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,21	3632,27	4	179,82 A
0,52	3897,98	4	179,82 A
0,42	4272,05	4	179,82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

c) **Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
n° de granos/m2 (INTA)	12	0,95	0,90	3,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	644823,50	5	128964,70	21,85	0,0009
Tratamiento	555774,80	2	277887,40	47,09	0,0002
Bloque	89048,70	3	29682,90	5,03	0,0446
Error	35406,24	6	5901,04		
Total	680229,74	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=166,65715

Error: 5901,0407 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,21	2141,72	4	38,41 A
0,52	2577,76	4	38,41 B
0,42	2616,28	4	38,41 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

d) **Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
n° de granos/m2 (maq)	12	0,53	0,13	9,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	291223,58	5	58244,72	1,33	0,3641
Tratamiento	279358,01	2	139679,01	3,19	0,1136
Bloque	11865,56	3	3955,19	0,09	0,9626
Error	262320,14	6	43720,02		
Total	553543,71	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=453,62799

Error: 43720,0227 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,21	2111,78	4	104,55 A
0,52	2266,26	4	104,55 A
0,42	2483,75	4	104,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

e) **Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
n° de vainas/pl	12	0,52	0,12	18,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	322,17	5	64,43	1,29	0,3775
Tratamiento	265,17	2	132,58	2,66	0,1492
Bloque	57,00	3	19,00	0,38	0,7709
Error	299,50	6	49,92		
Total	621,67	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,32789

Error: 49,9167 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,42	32,50	4	3,53 A
0,52	40,25	4	3,53 A
0,21	43,75	4	3,53 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

f)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000	12	0,40	0,00	5,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	412,42	5	82,48	0,80	0,5871
Tratamiento	363,50	2	181,75	1,77	0,2496
Bloque	48,92	3	16,31	0,16	0,9205
Error	617,83	6	102,97		
Total	1030,25	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=22,01505

Error: 102,9722 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,21	169,00	4	5,07 A
0,52	180,00	4	5,07 A
0,42	181,25	4	5,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

• **Mancha ojo de rana**

Breve reseña de la enfermedad que se pudo visualizar en el ensayo.



Figura A7: Triángulo de la enfermedad. INTA Marcos Juárez (Diestéfano)



Figura A₈: Escala utilizada en la campaña 2008/2009

La escala confeccionada por Distéfano y otros en INTA Marcos Juárez constó de cinco grados considerando la incidencia a campo (número de hojas con manchas) y la severidad obtenida en el laboratorio (promedio de manchas/cm² y porcentaje de severidad en hoja).

Grado 1: hojas sin manchas

Grado 2: 1 a 25% de incidencia, severidad entre <1 a 5% y < 0,5 manchas/cm²

Grado 3: 100% de incidencia, severidad de 6 a 15% y 1,5 manchas/cm²

Grado 4: 100% de incidencia, severidad de 16 a 35% y 3,5 manchas/cm²

Grado 5: 100% de incidencia, severidad de 36 a 50%, manchas/cm



Figura A₉: Escala Utilizada en la campaña 2009/2010

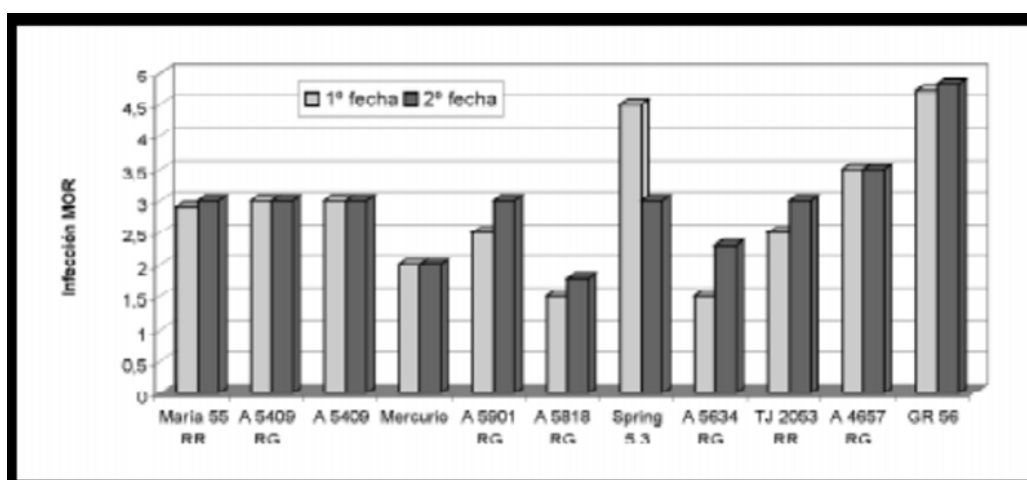


Figura A10: Susceptibilidad de cultivares de soja en ambientes de alta presencia de Mancha Ojo de Rana. Valores en % del nivel de infección de MOR en dos fechas de siembra con cultivares del GM V.

Tabla A5: Valores obtenidos de la evaluación de los ECR con cultivares GM V para fecha de siembra temprana y tardía. Campaña 99/00.

CULTIVAR	El Diamante				San Agustín	
	Siembra 30/11/99		Siembra 03/01/00		Siembra 26/01/00	
	I. R.	MOR	I. R.	MOR	I. R.	MOR
MARIA 55 RR	113	2,9	99	3	110	2
A 5409 RG	111	3	90	3	99	1,8
A 5409	108	3	114	3	109	2
MERCURIO	107	2	107	2	98	1
A 5901 RG	101	2,5	93	3	102	2
A 5818 RG	97	1,5	97	1,8	105	1
SPRING 5.3	96	4,5	113	3	96	2
A 5634 RG	96	1,5	96	2,3	92	1,5
TJ 2053 RR	95	2,5	100	3	92	1,5
A 4657 RG	91	3,5	96	3,5	103	1,5
GR 56	84	4,7	94	4,8	94	2,5
Media Ensayokg/ha=100	2875		2269		2663	
Cv%	7,99		6,89		9,89	

Grupo de Madurez V:
Localidad: El Diamante / Distancia entre Surcos: 0,52 m. / Sistema: Directa.
Localidad: San Agustín / Distancia entre Surcos: 0,35 m. / Sistema: Directa.

Bibliografía

- Alaggia, F; Angelino, L; Badano Perez, M; Batistella, A; Busquet, C; Raggi, S; Sabattini, J y Waigand, C. www.monografias.com/trabajos-pdf4/mancha-ojo-rana-cultivo-soja-cercospora-sojina-h/mancha-ojo-rana-cultivo-soja-cercospora-sojina-h.pdf. Mancha Ojo de Rana en cultivo de Soja. Marzo, 2011.
- Baigorri H. Criterios generales para la elección y el manejo de cultivares en el Cono Sur. En Días Zorrita M. y Duarte G. A. (ed.). Manual Práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 2004 págs. 53-54.
- Baigorri, H. E. J.; Salines, L. A. y Masiero, B. L. Influencia del espaciamiento entre surcos sobre el rendimiento de soja de Grupos de Madurez V, VI Y VII. Informe técnico 101. EEA INTA Marco Juárez, 1992.
- Bodrero, M. L.; Mendez, J. M.; Capurro, J; Gester, G y Andriani, J. Espaciamiento entre surcos en soja de segunda época de siembra y su relación con la productividad en sistemas de agricultura continua. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosas. Buenos Aires, AIANBA, 1995 págs. 34-41.
- Concejo del Centro Regional Santa Fe. www.inta.gov.ar/reconquista/crsantafe/docsoja.htm. El avance de la soja en la Argentina y las sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Noviembre, 2009.
- Distéfano, S. G; Lenzi, L; Gadbán, L. C. y Fuentes, F. www.yotuvemor.com/variedades. Evaluación de cultivares de soja frente a “mancha ojo de rana”.INTA EEA Marcos Juárez. Febrero, 2011.
- Ferraris, G. www.elsitioagricola.com. Densidad de siembra y espaciamientos en Soja: efecto sobre los rendimientos y la estructura de la planta. Noviembre, 2009.
- Giorda, L. A. El cultivo de la soja en Argentina. Córdoba, Editar, 1997, págs.131-133.
- Kantolic, A. Fecha y densidad de siembra. En Satorre, E. y col (ed.). Producción de soja. Buenos Aires, AACREA, 2008 págs. 30-31.
- Mondino, M. H. y Gomez, D. G. www.acsoja.org.ar/mercsoja2006. Disminución de la distancia entre surcos como alternativa para mejorar el rendimiento en sojas de siembras extratemprana. Noviembre, 2009.
- Moreno, R. y Masiero, B. L. Control de sorgo de Alepo con imazethapir en soja sembrada a distancias entre sucos. Resúmenes XI Congreso ALAM, 1992, pág. 78.
- Ortega, S. y Teresa, J. www.avepagro.org/v25_2/v252a003.html. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de soya. Marzo 2010.
- Robinet, H. A; Lizond, M; Zelarayán, E. y Chavarría, A. INTA Famaillá. www.inta.gov.ar/famailla/info/documentos/granos/art_soja01.htm. Mancha Ojo de Rana de la Soja. Febrero 2011.