

**Morero, Bruno Augusto**

*Efecto del distanciamiento entre surcos y fertilización fosforada en tres variedades de soja (Glicine max) de siembra tardía en diferentes ambientes en el oeste arenoso*

**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:

Morero, B. A. 2016. Efecto del distanciamiento entre surcos y fertilización fosforada en tres variedades de soja (Glicine max) de siembra tardía en diferentes ambientes en el oeste arenoso [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/distanciamiento-surcos-tres-variedades-soja.pdf> [Fecha de consulta:.....]

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
ARGENTINA**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Ingeniería en Producción Agropecuaria**

*“Efecto del distanciamiento entre surcos y  
fertilización fosforada en tres variedades de soja  
(Glicine max) de siembra tardía en diferentes  
ambientes en el oeste arenoso.”*

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

Autor: Bruno Augusto Morero

Profesor Tutor: Dra. María Luz Zapiola

Fecha: 15/11/2016

## **Resumen:**

El cultivo de soja (*Glicine max*) ha tomado gran relevancia en los últimos años a nivel mundial debido, principalmente, a su capacidad de adaptación a diferentes ambientes. Esta capacidad se acrecentó con las continuas modificaciones genéticas que hacen prosperar su crecimiento en zonas de difícil adaptación, disminuyendo sus costos de manera significativa. De esta forma, la soja se ha extendido hacia ambientes que hasta hace unos años eran considerados ganaderos, o de menor potencial, obligando a buscar diferentes alternativas de manejo para obtener la mayor rentabilidad posible.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la soja de siembra tardía en ambientes semiáridos como los del Oeste arenoso. Se diseñó un ensayo para evaluar el efecto de tres factores sobre el rendimiento de soja y sus componentes. Los tratamientos incluyeron: dos ambientes (loma y bajo), tres variedades (Nidera 4100, SPS 4x4 y SPS 4500) y la combinación de dos distancias entre surcos (0,19 y 0,38 m) y dos niveles de fertilización fosforada (45 y 90 kg de superfosfato triple ha<sup>-1</sup>). Se realizó una cosecha manual, diferenciando las muestras entre loma y bajo, y tomando datos de componentes del rendimiento para estudiar por separado. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el diseño de parcelas subdivididas. También se realizó una cosecha mecánica sin diferenciación de ambientes, analizando los datos mediante el diseño de parcelas divididas.

La cosecha mecánica demostró que la variedad SPS 4X4 fue la de mejor comportamiento, seguida por la SPS 4500 y quedando con el peor comportamiento la variedad Nidera 4100. La cosecha manual no arrojó diferencias en rendimiento, pero sí en los componentes del rendimiento. Para el número de plantas ha<sup>-1</sup> la combinación de 0,38 cm, 90 Kg de fertilizante y la variedad SPS 4X4 presentó el menor número de plantas. Los altos niveles de fertilización también produjeron reducción en el stand de plantas, independientemente del distanciamiento. En el bajo se observó mayor cantidad de

plantas  $\text{ha}^{-1}$  que en la loma. El número de ramas planta $^{-1}$  fue mayor en las variedades SPS 4500 y SPS 4X4 por sobre la Nidera 4100. A su vez, en la loma se encontró mayor número de ramas planta $^{-1}$  que en el bajo, independientemente de la variedad, distancia entre hileras y fertilización. También hubo una interacción entre variedad y combinación de fertilización y distancia entre surcos para número de ramas planta $^{-1}$ , destacándose la combinación de variedad SPS 4500 y SPS 4X4 sembradas a 0,19 m en cualquier nivel de fertilización. El número de vainas rama $^{-1}$  fue mayor para la variedad Nidera 4100 y todas las combinaciones de distanciamiento- fertilización por sobre las demás variedades. No se encontraron diferencias en el número de vainas planta $^{-1}$  para ninguno de los factores evaluados. El número de granos vaina $^{-1}$  fue mayor para la variedad Nidera 4100 sembrada en el bajo. La variedad SPS 4500 sembrada en la loma fue la de menor número de granos vaina $^{-1}$ , estando las demás combinaciones con una performance intermedia. El número de granos  $\text{ha}^{-1}$  fue menor para la combinación entre 0,38 cm y 90 Kg de fertilizante. El peso de 1000 granos fue mayor en la loma por sobre el bajo. Se puede concluir que la variedad SPS 4X4 fue la de mejor comportamiento en este año para esta localidad, por presentar diferencias en la cosecha mecánica. Cuando se analizan los componentes de rendimiento por separado se aprecia la excelente capacidad de compensación del cultivo de soja.

## **Índice**

Introducción y Objetivos	<b>5</b>
Materiales y Métodos	<b>9</b>
Resultados	
Rendimiento	<b>13</b>
Número de Plantas Ha <sup>-1</sup>	<b>14</b>
Número de Ramas Planta <sup>-1</sup>	<b>15</b>
Número de Vainas Rama <sup>-1</sup>	<b>17</b>
Número de Vainas Planta <sup>-1</sup>	<b>18</b>
Número de Granos Vaina <sup>-1</sup>	<b>18</b>
Número de Granos Ha <sup>-1</sup>	<b>19</b>
Peso de 1000 Granos	<b>20</b>
Discusión	<b>21</b>
Conclusión	<b>24</b>
Anexos	<b>25</b>
Bibliografía	<b>41</b>

## **Introducción y objetivos**

El crecimiento de la demanda de soja a nivel mundial en las últimas dos décadas ha sido muy relevante, debido principalmente al incesante crecimiento demográfico y la gran diversidad de industrias a las que puede destinarse la soja. Como respuesta a este incremento de la demanda, el cultivo de soja se ha expandido de manera continua a nivel global, siendo hoy en día Estados Unidos, Brasil y Argentina los principales productores.

A nivel local, la siembra directa y la expansión del área sembrada con soja en la Argentina en los últimos años han generado importantes cambios en el uso de la tierra, en la intensificación productiva y en la especialización y tecnificación de sistemas. Tras este proceso, hoy es posible reconocer un escenario en el que el cultivo de soja se consolida como dominante dentro de la rotación agrícola en amplias zonas del país (Satorre 2003). Entre los factores que impulsaron la expansión del área sembrada con soja se pueden observar la facilidad de siembra asociada a la siembra directa, su bajo costo de producción, su buen rendimiento y su buena rentabilidad económica, así como también la capacidad de adaptación de la soja a los distintos tipos de suelo y de clima de gran parte de la extensión de nuestro país.

Un factor a tener en cuenta en el análisis de la expansión sojera es el buen resultado económico que permite la siembra del “doble cultivo”. En el sistema de doble cultivo, la siembra de soja de segunda luego de un cultivo de fina permite la obtención de dos productos en una temporada, obteniendo buen resultado económico. A su vez, esta práctica mejora la producción sustentable del suelo a cultivar, ya que la suma del segundo cultivo, en general, produce una mayor cantidad de biomasa aérea y radical que un único cultivo de primera (Calviño y Ermacora, 2008). Aunque en el Oeste arenoso es muy probable que la soja de segunda sembrada después de un cultivo de fina sufra limitaciones de agua disponible, por partir de suelos con escasa disponibilidad hídrica al momento de la siembra y por la alta evapotranspiración durante todo el ciclo del cultivo (Board y

Harville, 1995), los resultados en el margen económico total son en general buenos, permitiendo correr los riesgos que esta modalidad conlleva.

La expansión del cultivo de soja en Argentina requiere a su vez de una buena caracterización del ciclo ontológico del cultivo. Frente a la incertidumbre de un panorama que incluye nuevos genotipos, ambientes e interacciones, la comprensión de las bases funcionales que regulan las principales respuestas del cultivo es clave para interpretar los diferentes resultados que pueden producirse en respuesta a una práctica agronómica determinada, y sobre esta base, diseñar el manejo adecuado para cada situación (Kantolic 2008).

El rendimiento potencial se define en la medida en que se van diferenciando nuevos órganos en las plantas. En soja, cada nudo es un sitio potencial para la diferenciación de primordios florales, y cada flor diferenciada es potencialmente una vaina con granos (Kantolic 2008). Luego de formados ya los granos, es muy importante mantener un amplio desarrollo de la canopia para obtener una alta intercepción de radiación a comienzos del llenado de los granos, necesaria para alcanzar altos rendimientos de soja (Shibles y Weber1966). Al definir una época de siembra en el año, se determina la radiación que recibirá el cultivo en cada una de las fases del ciclo para la producción de biomasa (Kantolic 2008). En épocas de siembra tardía, si bien el cultivo es sometido en una primera etapa a mayores temperaturas medias, el período crítico del cultivo se ubica en condiciones de menor radiación (Kantolic 2008) y menor fotoperíodo, modificando el patrón de desarrollo de la planta, anticipando la floración (Board y otros, 1995). La anticipación de la floración produce un escaso desarrollo vegetativo, que dependerá mayormente del grupo de madurez del cultivar tardío. La disminución de la temperatura durante la etapa reproductiva del cultivo tardío puede constituir una disminución en la velocidad de crecimiento y en la capacidad de retención de vainas, pudiendo afectar el número y peso de granos, lo que se traduce en una importante pérdida de rendimiento (Mondino y Auat, 2003).

El acortamiento de la fase de emergencia-floración también tendrá un impacto sobre el tamaño potencial de las plantas, el cual puede compensarse a través del manejo de la densidad y/o el espaciamiento entre hileras y la elección del cultivar, aprovechando mejor la radiación a través de un cierre anticipado de la canopia (Kantolic 2008; Melchioriy Peltzer, 2011a y b). Ajustando la densidad y/o el espaciamiento entre hileras y con la elección del cultivar se puede lograr un mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes del suelo, a la vez que se mantiene controlada la invasión de malezas (Puricelli 1993). En Argentina, y especialmente en zonas como el Oeste arenoso, los rendimientos de soja están marcadamente restringidos por la cantidad de precipitación recibida en cada estación de crecimiento, por lo que se busca obtener un cierre de la canopia lo antes posible.

Gran parte de las diferencias de rinde de variedades expuestas a distintos tratamientos se deben a las diferencias en las respuestas de los componentes del rendimiento (Board y Harville 1993). Egli (1991) reportaron que las variaciones en el número de granos por unidad de superficie explican la mayor parte de las diferencias de rendimiento que se producen en las sojas tardías (Calviño y Ermacora, 2008). El número de granos por vaina es, en promedio, relativamente estable para un mismo genotipo. Por lo tanto, las principales variaciones en el número de granos final están asociadas a cambios en el número de vainas que se establecen en cada posición del tallo (Kantolic 2008), así como también al número de plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Existe una relación directa entre la fotosíntesis durante las primeras etapas reproductivas (R1 a R6) y el número de vainas alcanzado, por lo que cualquier factor que limite el crecimiento del cultivo en esta fase reducirá el número de vainas final. Estudios realizados en siembras post-óptimas, demuestran que la reducción en la producción de materia seca está asociada a un menor número de vainas  $\text{ha}^{-1}$  través de un menor número de nudos reproductivos y de vainas por nudo (Board y Harville, 1993). Además, en general, el peso de los granos ha demostrado ser menos sensible a cambios en la disponibilidad de recursos para el crecimiento que el número de vainas, resultando una vía poco efectiva para la compensación de caídas en el rendimiento (Board y otros, 1995).

Por lo tanto la elección del cultivar y el espaciamiento son factores de suma importancia para el éxito del cultivo (Mondino y Auat, 2003).

Desde el aspecto nutricional del cultivo de soja, los requerimientos de nitrógeno son satisfechos mediante la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico y la absorción de nitratos y amonio del suelo (Gutierrez Boem 2008). En experimentos realizados en la región pampeana, se observó que la fijación simbiótica contribuyó con el 20-50% de los requerimientos totales del cultivo (Álvarez et al. 1995). El nivel de nitratos del suelo a su vez también afecta la fijación de nitrógeno. En la medida en que la disponibilidad de nitrógeno en el suelo aumenta, disminuyen tanto la formación de nódulos como la actividad de los ya formados (Zhang y Smith, 2002).

La deficiencia de fósforo en el suelo provoca una disminución del crecimiento, hojas más pequeñas, de un verde más oscuro y de mayor espesor. De esta manera, una deficiencia fosforada puede provocar una caída en los rendimientos por su efecto depresor sobre la formación del área foliar, y por lo tanto sobre la cantidad de radiación capturada, generando también un efecto negativo sobre la eficiencia de conversión de esta radiación en materia seca. La suma de estos efectos provoca un menor crecimiento entre floración y comienzo de llenado de granos, un menor número de granos y finalmente un menor rendimiento (Gutierrez Boem y Scheiner, 2006).

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la variedad, la combinación del distanciamiento entre surcos y el nivel de fertilización, el ambiente y potenciales interacciones sobre el rendimiento de soja tardía en ambientes semiáridos del Oeste arenoso.

Como objetivos secundarios se plantea evaluar el efecto de la variedad, de la combinación del distanciamiento entre surcos y el nivel de fertilización, el ambiente u potenciales interacciones sobre los componentes del rendimiento de la soja tardía.

## **Materiales y Métodos**

El ensayo se realizó durante el ciclo agrícola 2010/11 en la localidad de Tres Lomas, provincia de Buenos Aires (Figura A1). Se eligió el lote número 38 del establecimiento “Las Marías” por presentar un gradiente de pendiente lineal, generando una loma y un bajo marcados, aunque de forma homogénea a través del largo del lote (Figura A2). De esta forma se puede estudiar la influencia del ambiente de igual manera en todas las repeticiones. El cultivo antecesor fue cebada (*Hordeum vulgare*), de rendimiento promedio 2,100 toneladas por hectárea.

Los análisis de suelo demostraron valores de pH entre 7,12 en la loma y 9,90 en la parte baja, alegando un importante nivel de alcalinidad (Tabla A1). Los valores de fósforo fueron de 16ppm, sugiriendo que la soja podría no mostrar respuesta frente a la aplicación de fósforo cuando los niveles superen las 12 ppm.

El diseño es un modelo aleatorizado de parcelas subsubdivididas con tres repeticiones. Se evaluaron tres factores de experimentación: ambiente (loma y bajo) como factor principal, variedad (Nidera 4100, SPS 4x4 y SPS 4500, de aquí en más denominadas 4100, 4004 y 4500, respectivamente), y la combinación de distanciamiento entre surcos (0,19 y 0,38 m) y fertilización fosforada (45 y 90 kg de Superfosfato Triple). La fertilización fosforada se realizó al momento de la siembra, aplicándose en la línea en conjunto con la semilla. Las parcelas principales fueron divididas aleatoriamente en 9 subparcelas (3 para cada variedad), donde se aplicaron los 4 niveles de distanciamiento-fertilización, generando 12 tratamientos con tres repeticiones en cada ambiente (Figura 1). La siembra se realizó el 26/12/2010, con una sembradora John Deere, modelo 1890 de 58 líneas a 19 cm.

En muchos trabajos de investigación sobre el arreglo espacial, la densidad del cultivo es mayor cuando la distancia entre surcos está disminuida, pero en este trabajo, como lo hizo Puricelli en 1993, la densidad de siembra se mantiene

constante para atribuir los resultados observados a los efectos del distanciamiento. La densidad buscada fue de 350 mil pl ha<sup>-1</sup>.

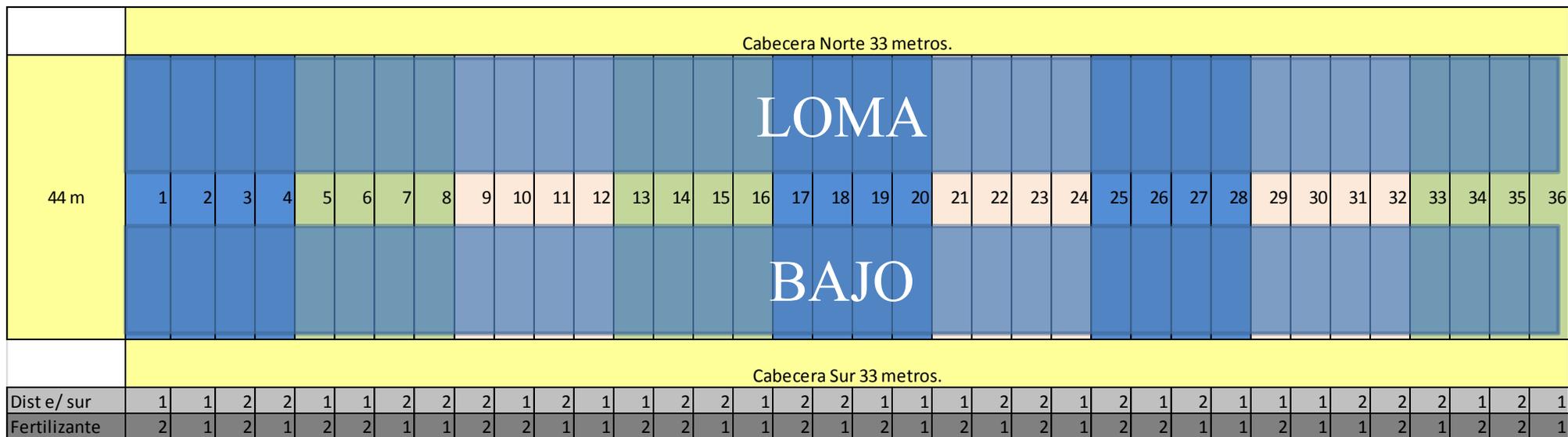
Para la determinación del rendimiento se cosechó manualmente una superficie de 2 m<sup>2</sup> de cada subparcela, mediante la recolección de todas las vainas de todas las plantas (Board y Harville 1993), diferenciando las mediciones entre loma y bajo (Egli y Yu Zhen-Wen 1991). El trillado de las vainas realizado de forma manual permitió obtener granos sin materiales extraños. El grano se secó en una estufa de aire forzado a 65°C (peso constante de la muestra) para luego estimar el rendimiento en humedad comercial (Board y Harville 1993). El resto de la superficie del ensayo se cosechó de forma mecánica, respetando cada subparcela, pero sin diferenciar ambientes. Los rendimientos obtenidos fueron medidos a través del monitor de la máquina y utilizando la balanza de una monotolva al final de cada subparcela. Se estandarizó la humedad de cada subparcela a 13 grados de humedad (Board y Harville 1993). El rendimiento de la cosecha mecánica utilizado en el análisis estadístico mediante Infostat fue un promedio entre el peso obtenido por la monotolva y el peso suministrado por el monitor de la cosechadora. Se tomaron en cuenta las dimensiones del ensayo para llevar el peso de cada muestra a la unidad de referencia.

Para la determinación de los componentes de rendimiento, se determinó el stand de plantas ha<sup>-1</sup>, a través del conteo de plantas por metro lineal y su evolución en el ciclo del cultivo, realizando dos conteos con un mes de diferencia. El primer conteo de stand de plantas se realizó en V4 y el segundo en R3. Este conteo se realizó con tres muestras por subparcela tanto en el ambiente de loma como en el bajo.

El número de ramas planta<sup>-1</sup>, número de vainas rama<sup>-1</sup> y número de granos vaina<sup>-1</sup> se determinaron en base a 10 plantas por parcela. Las plantas fueron elegidas al azar, diferenciando las muestras entre la loma y el bajo. Luego se recolectaron todas las vainas de cada planta, y se trillaron de forma manual con la ayuda de colaboradores. Estas muestras se llevaron a estufa de aire forzado a 65°C hasta

peso constante y se determinó el peso de 1000 granos. Mediante cálculos matemáticos se obtuvieron las restantes variables analizadas: número de vainas plantas<sup>-1</sup>, y número de granos ha<sup>-1</sup>.

Para cada set de datos se confirmó el cumplimiento de los supuestos del ANOVA (Figuras A3-A20). Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico Infostat utilizando el modelo de parcelas subdivididas.



Referencias: Variedad 1 NID 4100      Distancia e/surcos 1: 0.19 m      Fertilizante 1 45 KG SPS  
 Variedad 2 SPS 4X4      Distancia e/surcos 2: 0.38 m      Fertilizante 2 90 KG SPS  
 Variedad 3 SPS 4500

PASADAS MAQUINA																																						
0-3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		

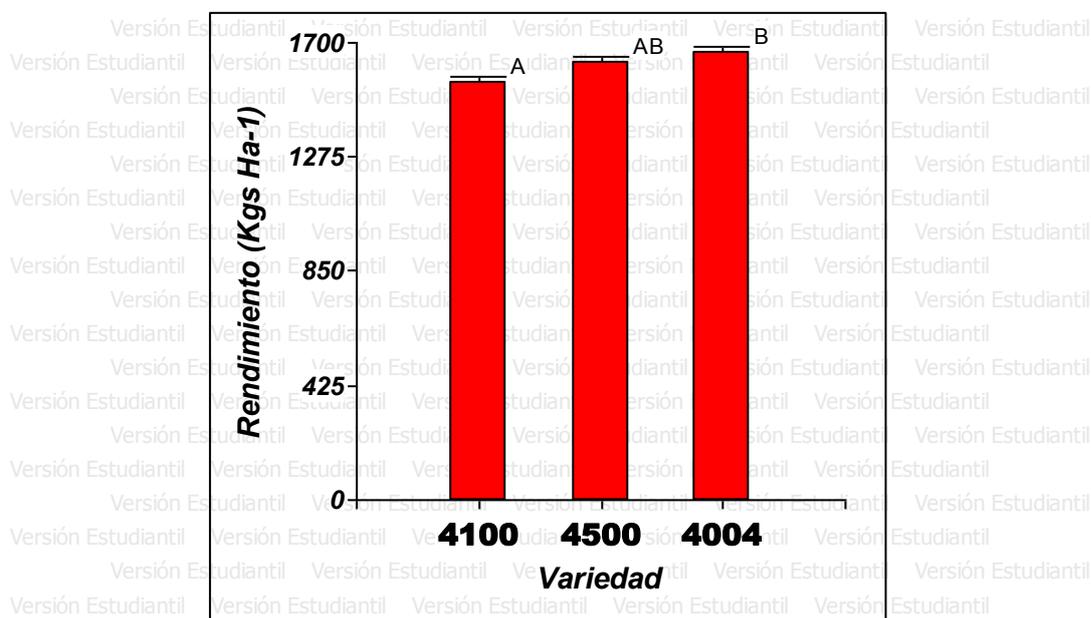
*Figura 1*

*Esquema de siembra realizado del total del lote, con las referencias debajo del mismo.*

## Resultados

### Rendimiento

El análisis del rendimiento de la cosecha mecánica arrojó diferencias significativas entre las variedades estudiadas (Tabla A2). La variedad 4004 tuvo mayor rendimiento que la variedad 4100 (Figura 2), independientemente de los otros factores. La variedad 4500 obtuvo un rendimiento medio, no diferenciándose de las otras dos variedades.



*Figura 2:* Efecto de la variedad sobre el rendimiento obtenido de forma mecánica. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p$ -valor: 0,05).

No se encontraron diferencias en el rendimiento de la cosecha manual entre cada combinación de variedad y distanciamiento-fertilización para cada ambiente (Tabla A3), siendo el promedio de rendimiento de la cosecha manual 1884 Kg ha<sup>-1</sup>. Es interesante destacar que los diferentes tratamientos alcanzaron el mismo rendimiento de distinta forma. Para entender el comportamiento frente a las diferentes condiciones, se estudian los componentes del rendimiento. En la tabla 2 se puede observar de manera resumida las variables analizadas y sus respuestas frente a los factores de estudio y sus interacciones.

Tabla 2. Variables analizadas y respuesta frente a los factores de estudio y sus interacciones.

	Ambiente	Variedad	Distanciamiento-Fertilización	Var*Amb	Amb*Dist.-Fert.	Var*Dist.-Fert.	Var*Amb*Dist.-Fert.
<b>Rendimiento Mecánico</b>	-	S	NS	-	-	NS	-
<b>Rendimiento Manual</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Nº Ramas Planta<sup>-1</sup></b>	S	S	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Nº vainas Rama<sup>-1</sup></b>	NS	S	NS	NS	NS	S	NS
<b>Nº vainas Planta<sup>-1</sup></b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Nº granos Vaina<sup>-1</sup></b>	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS
<b>Nº Plantas Ha<sup>-1</sup></b>	S	S	S	NS	NS	S	NS
<b>Nº Granos Ha<sup>-1</sup></b>	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS
<b>Peso 1000</b>	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS: No Significativa. S: Significativa (p-valor: 0,05)

### Número de plantas ha<sup>-1</sup>

A pesar de apuntar a obtener el mismo número de plantas ha<sup>-1</sup> para todos los tratamientos, se encontraron diferencias para esta variable que está directamente relacionado con el rendimiento (Tabla A4). Para el factor ambiente el análisis demostró diferencias, observando mayor número de plantas ha<sup>-1</sup> en el bajo (Figura 3).

La interacción entre la variedad y la combinación entre distanciamiento-fertilización, obtuvo diferencias en el análisis, observándose que las tres variedades disminuyen el stand de plantas ha<sup>-1</sup> cuando el distanciamiento es mayor y el nivel de fertilización aumenta (Figura 4).

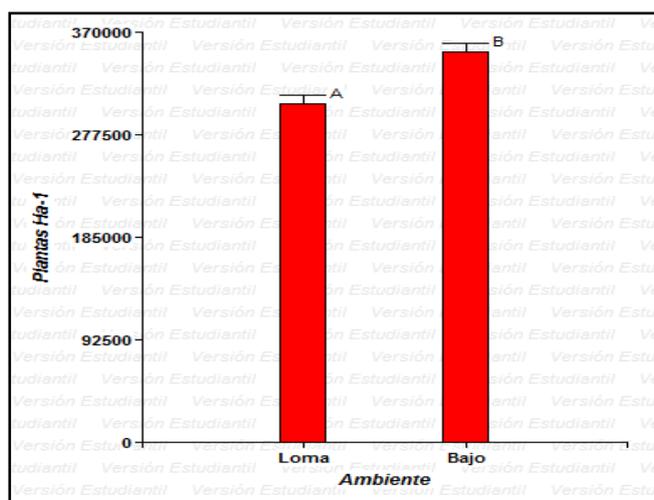
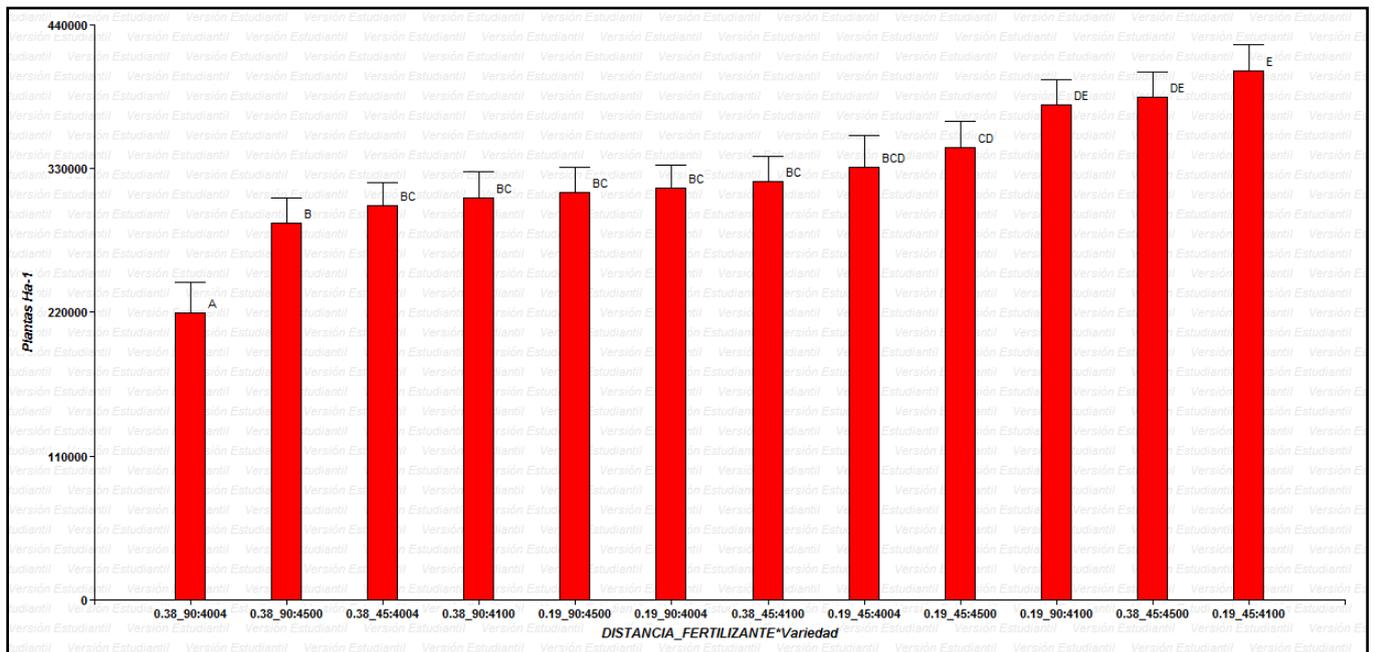


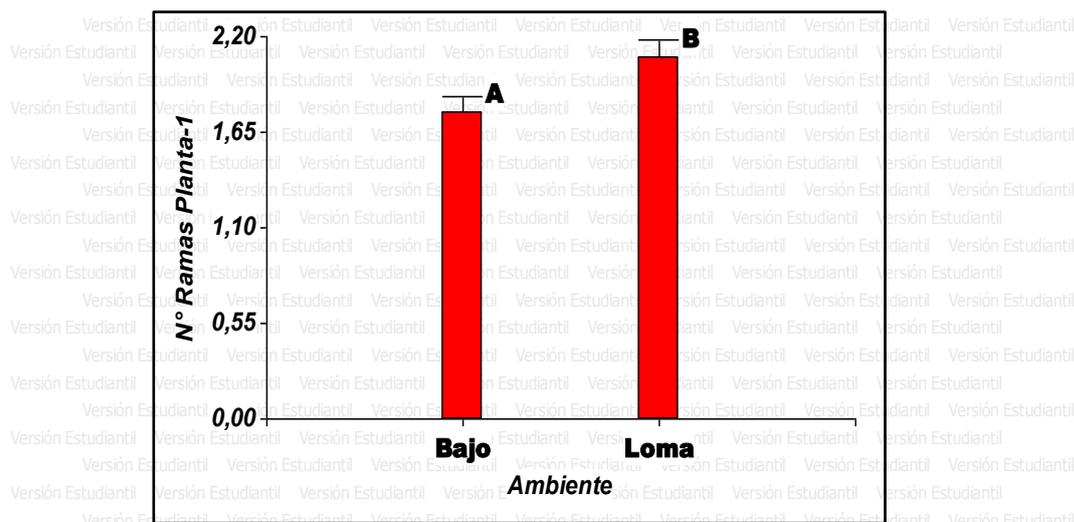
Figura 3: Efecto del ambiente sobre el número de plantas ha<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).



*Figura 4: Efecto de la interacción entre variedad y la combinación de distanciamiento-fertilización sobre el número de plantas ha<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

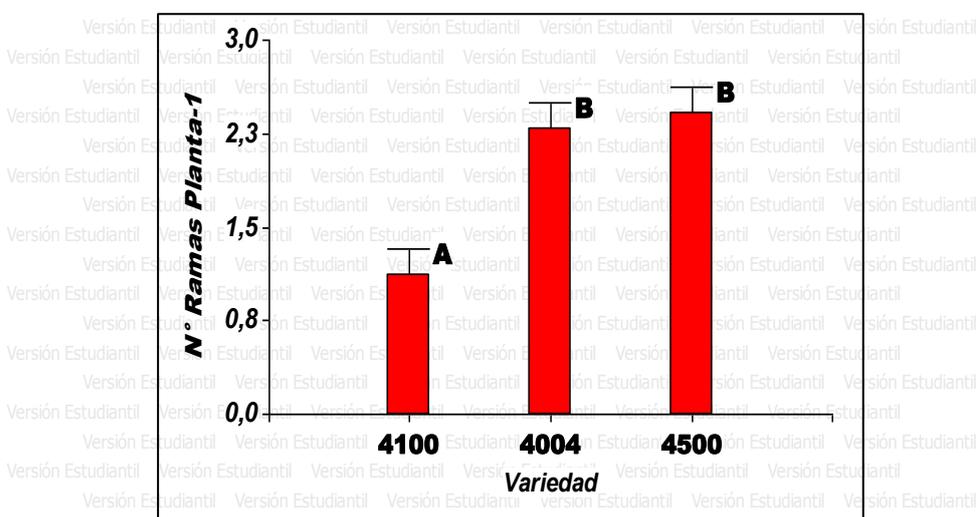
#### Número de ramas planta<sup>-1</sup>

Se encontraron diferencias en el número de ramas planta<sup>-1</sup> para el ambiente (Figura 5) (Tabla A5). Se observa un mayor número de ramas planta<sup>-1</sup> en la loma que en el bajo, independientemente de variedad y la combinación de distanciamiento-fertilización.



*Figura 5: Efecto del ambiente sobre el número de ramas planta<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

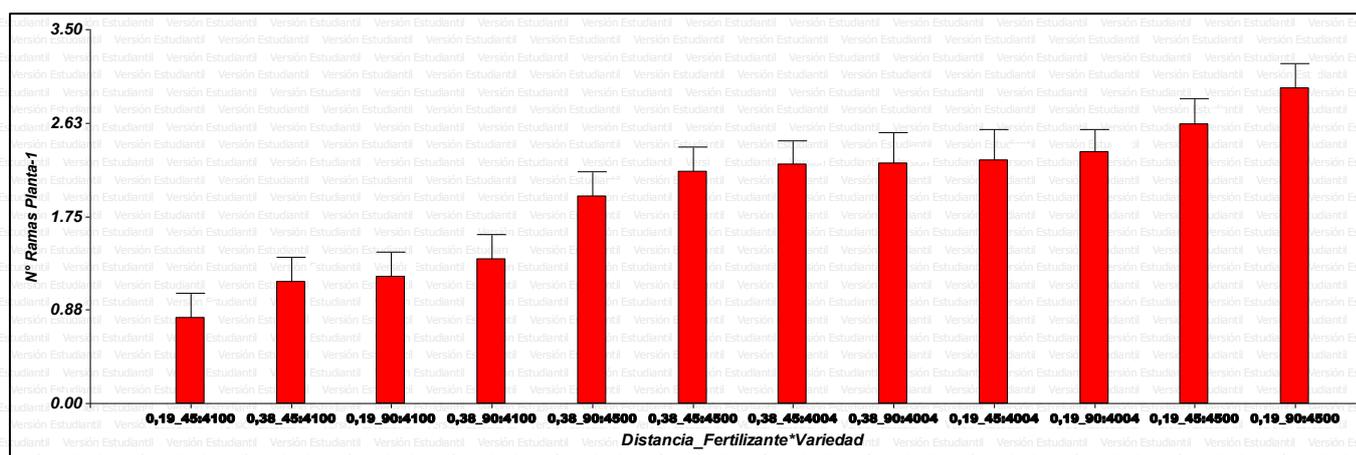
También se encontraron diferencias entre las variedades estudiadas para número de ramas planta<sup>-1</sup>. La variedad 4100 tuvo el menor número de ramas planta<sup>-1</sup>, independientemente de distanciamiento-fertilización, no encontrándose diferencias entre la 4500 y la 4004 (Figura 6).



*Figura 6: Efecto de la variedad sobre el número de ramas planta<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

A pesar de no ser significativa, se encontró una tendencia en la respuesta del número de ramas planta<sup>-1</sup> a la interacción entre variedad y distanciamiento-

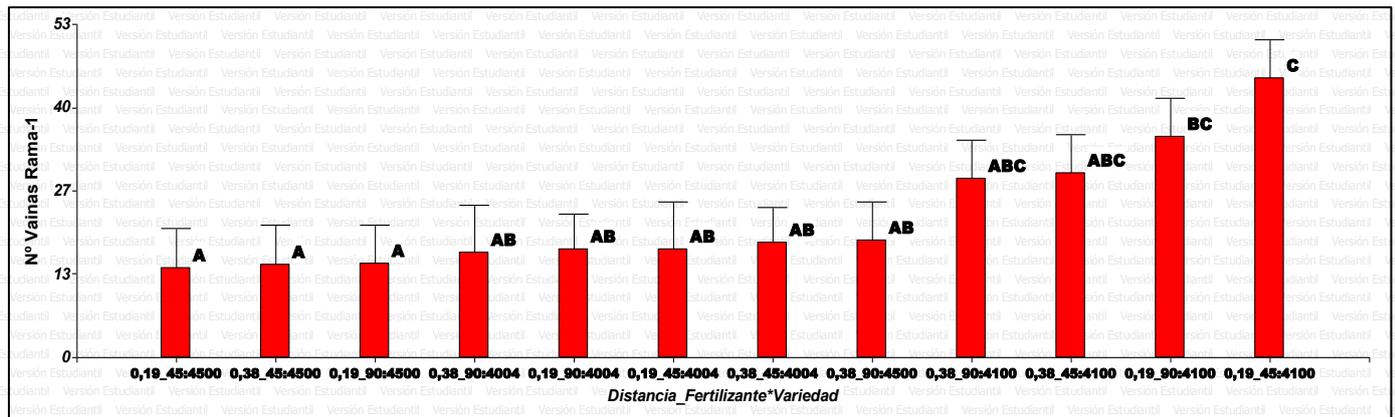
fertilización (Figura 7). Allí se comprueba nuevamente que el número de ramas planta<sup>-1</sup> tendió a ser menor para todas las combinaciones de la variedad 4100 con respecto al resto de las variedades. Se puede observar una tendencia que demostraría mayor número de ramas planta<sup>-1</sup> para las siembras a 0,19 m, con 45 y 90 Kg de SPS, para 4500 y 4004.



*Figura 7: Tendencia de la interacción entre la variedad y la combinación del distanciamiento-fertilización sobre el número de ramas planta<sup>-1</sup>.*

### Número de vainas rama<sup>-1</sup>

Se encontraron diferencias en número de vainas rama<sup>-1</sup> para la interacción entre variedad y combinación de distanciamiento-fertilización (Figura 8) (Tabla A6). Se puede observar que la variedad 4100 obtuvo una tendencia a mayor número de vainas rama<sup>-1</sup> con respecto a las demás variedades, independientemente de la combinación de distanciamiento-fertilización. La combinación de distanciamiento a 0,19 m; 45 Kg SPS y 4100 resultó en el mayor número de vainas planta<sup>-1</sup>, superando a cualquier combinación de las otras variedades. La combinación de 0,19 m; 90 Kg SPS y 4100 superó a las combinaciones de la variedad 4500 con distanciamiento a 0,19 m para ambos niveles de fertilización y distanciamiento a 0,38 m y 45 Kg SPS. En general la variedad 4500 presentó una tendencia a menor número de vainas rama<sup>-1</sup> salvo para el tratamiento de siembra a 0,38 m con 90 Kg de fertilizante. Las combinaciones de las variedades 4500 y 4004 con distanciamiento-fertilización, no arrojaron diferencias entre ellas.



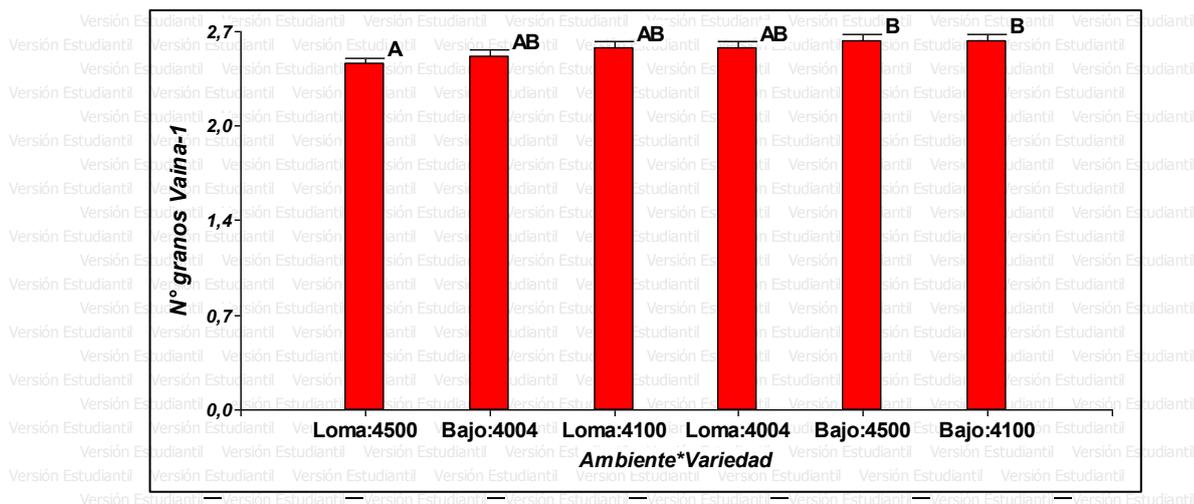
*Figura 8: Efecto sobre el número de vainas rama<sup>-1</sup> de la interacción entre la variedad y la combinación entre la distanciamiento-fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

#### Número de vainas planta<sup>-1</sup>

El análisis del número de vainas planta<sup>-1</sup> no demostró diferencias para ninguno de los tratamientos realizados, ni tampoco para sus interacciones (Tabla A7), siendo el promedio de 33,6 vainas planta<sup>-1</sup>.

#### Numero de granos vaina<sup>-1</sup>

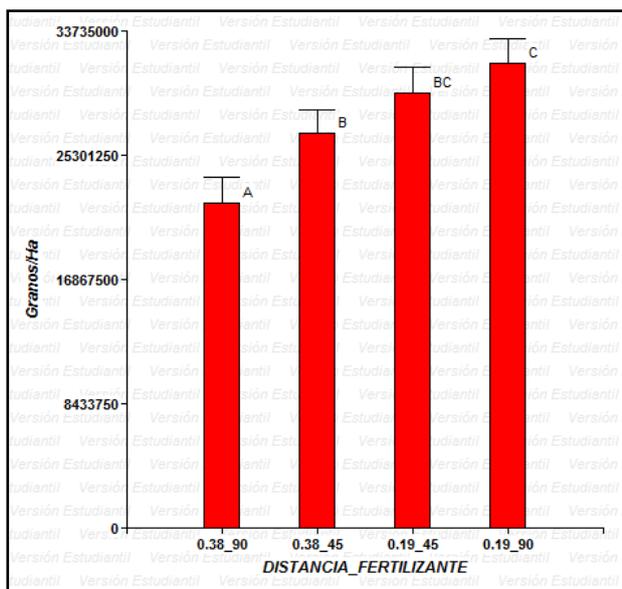
El análisis del número de granos vaina<sup>-1</sup> arrojó diferencias para la interacción entre ambiente y variedad (Tabla A8). El número de granos vaina<sup>-1</sup> fue mayor para las variedades 4100 y 4500 sembradas en el bajo que para la variedad 4500 sembrada en la loma (Figura 9). No hubo diferencias en número de granos vaina<sup>-1</sup> para la 4100 entre bajo y loma, ni entre bajo y loma para la 4004. La variedad 4500 sería la más sensible al ambiente para número de granos vaina<sup>-1</sup>.



*Figura 9: Efecto de la interacción entre el ambiente y la variedad sobre el número de granos vaina<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

### Número de granos ha<sup>-1</sup>

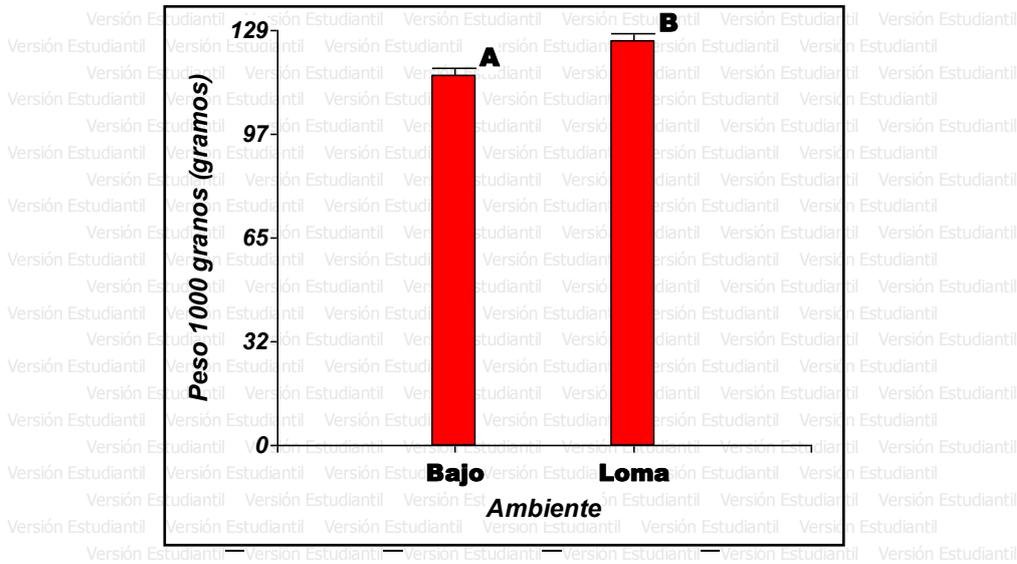
No hubo efecto de ambiente, variedades, ni su interacción, sobre el número de granos ha<sup>-1</sup>. Se encontraron diferencias para distanciamiento-fertilización en el número de granos ha<sup>-1</sup> (Tabla A9). La combinación de distanciamiento de 0,19 m y 90 Kg de fertilizante resultó en un mayor número de granos ha<sup>-1</sup> con respecto al distanciamiento de 0,38 m con 45 y 90 Kg de fertilizante (Figura 10), siendo la combinación 0,38 m y 90 Kg de fertilizante la combinación que resultó en el menor número de granos ha<sup>-1</sup>.



*Figura 10: Efecto de distanciamiento-fertilización sobre el número de granos ha<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

Peso de 1000 granos

Se encontraron diferencias en peso de 1000 granos entre ambientes, no habiendo efecto de ninguna de las interacciones (Tabla A11). El peso de 1000 granos fue mayor en la loma que el bajo (Figura 10).



*Figura 11: Efecto del ambiente sobre el peso de 1000 granos. Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor: 0,05).*

## Discusión

La cosecha mecánica, donde se combinaron los ambientes para cada combinación de variedad con distanciamiento-fertilización, resultó en un mayor rinde para la variedad 4004, independientemente de la combinación de distanciamiento-fertilización, por sobre 4100. Este mayor rinde de 4004 por sobre 4100 podría deberse principalmente a la adaptación a la localidad que le permite a la variedad 4004 expresar de mejor manera el potencial genético. La variedad 4500 tendría un rendimiento intermedio en esta localidad.

En la cosecha manual, considerando cada ambiente (loma y bajo) separadamente, no hubo efecto de ninguno de los factores sobre el rendimiento. En primer lugar, la falta de diferencias en la cosecha manual puede deberse a las escasas pérdidas de cosecha asociadas a una cosecha manual, provocando que los rendimientos resultantes no presenten diferencias entre los tratamientos. Adicionalmente, la falta de diferencias en rendimiento de la cosecha manual podría estar relacionada a la no expresión de diferencias en dehiscencia, ruptura de vainas y otros factores entre variedades y tratamientos, que normalmente afectan los rendimientos de la cosecha mecánica, pero cuyo análisis excede este trabajo.

A pesar de no verse diferencias de rendimiento en la cosecha manual, si se vieron diferencias en los distintos componentes del rendimiento. Al estudiar los componentes del rendimiento, se puede entender la capacidad de compensación de la soja frente a las diferentes condiciones. El mayor número de plantas  $\text{ha}^{-1}$  que se observó para el bajo y para la combinación 0,19 m, 45 Kg y 4100 compensó el menor número de ramas planta<sup>-1</sup> obtenidas en el bajo y por 4100. Por el contrario, el menor número de plantas  $\text{ha}^{-1}$  que se observó en la loma y para la combinación de 0,38 m, 90 Kg y 4004 se compensó con un mayor número de ramas planta<sup>-1</sup> en la loma y por 4004. A pesar de que se encontraron diferencias en el número de ramas planta<sup>-1</sup> entre ambiente y variedades, y en el número de vainas rama<sup>-1</sup> para la interacción de variedad por distanciamiento-fertilización, no se encontraron diferencias en el número de vainas planta<sup>-1</sup> entre ambientes ni variedades.

Mientras que las variedades 4500 y 4004 tuvieron el doble de ramas planta<sup>-1</sup> que 4100, la variedad 4100 tuvo el doble de vainas rama<sup>-1</sup> que 4500, seguida por 4004 que no se diferenció de 4500, mostrando que cada variedad tiene una estrategia diferente para llegar al mismo número de vainas planta<sup>-1</sup>. El 18% de incremento en el número de ramas planta<sup>-1</sup> para la loma sobre el bajo fue compensado por el número de vainas rama<sup>-1</sup>, no resultando en diferencia de vainas planta<sup>-1</sup> entre ambientes.

El número de granos vaina<sup>-1</sup> se vio afectado por la interacción variedad por ambiente. Las variedades 4100 y 4500 en el bajo tuvieron un mayor número de granos vaina<sup>-1</sup> que la variedad 4500 en la loma, quedando la 4100 de la loma y la 4004 para ambos ambientes en el medio. La variedad 4500 parece ser la más sensible al ambiente para determinar el número de granos vaina<sup>-1</sup>. El mayor número de granos vaina<sup>-1</sup> en un número constante de vainas planta<sup>-1</sup> estaría sugiriendo un mayor número de granos planta<sup>-1</sup>, y por ende granos ha<sup>-1</sup>. A pesar de ello, el análisis de granos por ha<sup>-1</sup> no arrojó diferencias entre variedades ni ambientes, volviendo a demostrar la capacidad de compensación de la soja entre sus componentes de rinde. El número de granos por ha<sup>-1</sup> sí dejó diferencias en cuanto a la combinación entre distanciamiento-fertilización, debido posiblemente a la pérdida de plantas ha<sup>-1</sup> que se produjo en la combinación de 0,38 m de distanciamiento y 90 Kg de fertilizante para la mayoría de las variedades. En cambio, la combinación entre 0,19 m y 90 Kg de fertilizante no disminuyó significativamente el stand de plantas, permitiendo al mayor nivel de fertilizante mejorar la nutrición y desarrollar el mayor número de granos ha<sup>-1</sup>.

El peso de los granos se vio afectado solamente por el ambiente, siendo mayor en la loma que en el bajo, demostrando aquí también la gran herramienta de compensación de la soja para suplementar la caída de un componente del rendimiento con la suba en otro. Vale la aclaración que la campaña en la que se realizó el ensayo no presentó heladas tempranas, lo que acompañó un apropiado llenado de los granos en general.

Queda demostrado en los resultados el poder compensatorio que tiene la soja sobre las variaciones en los componentes del rendimiento, viendo que el número de vainas rama<sup>-1</sup> fue mayor en la variedad 4100 compensando el menor número de ramas planta<sup>-1</sup> que obtuvo dicha variedad, así como también la tendencia demostrada en el menor número de vainas rama<sup>-1</sup> en la variedad 4500 sería compensada con un mayor peso de 1000 granos.

También se podría afirmar que existe una tendencia a obtener mayor número de ramas planta<sup>-1</sup> cuando se fertiliza con 90 Kg de Superfosfato, aunque estas tendencias de respuestas a la combinación entre distanciamiento-fertilización podrían ser comprobadas si cada factor se analizara de forma separada y no como una combinación. En el presente estudio sólo se puede afirmar la respuesta a la combinación entre ambos.

El número de plantas ha<sup>-1</sup> fue menor en la variedad 4004, viéndose compensada por una mayor ramificación. A su vez el número de plantas ha<sup>-1</sup> fue menor cuando se fertilizó con 90 Kg para ambos distanciamientos, notando que la acumulación del fertilizante en la línea puede traer problemas de fitotoxicidad en la semilla.

El número de plantas ha<sup>-1</sup> fue mayor en el bajo que en la loma, pudiendo ser explicado porque durante la campaña en la que se realizó el estudio, en especial al momento de la siembra, la disponibilidad de humedad no era la óptima, generándose allí una importante diferencia de humedad en las diferentes texturas que ambos ambientes presentan, impactando directamente sobre el stand de plantas. A pesar de ello y nuevamente demostrando la capacidad compensatoria de la soja, el número de ramas pl<sup>-1</sup> fue mayor en la loma que en el bajo permitiendo compensar la caída del número de plantas ha<sup>-1</sup>. Finalmente, el mayor peso de 1000 granos de la loma sobre el bajo también contribuyó a compensar el menor número de plantas ha<sup>-1</sup> logradas en la loma, llegando a rendimientos similares.

## **Conclusión**

En base a los resultados de la cosecha mecánica se puede concluir que la variedad 4004 (SPS 4X4) es la de mejor comportamiento para la localidad en condiciones climáticas que se dieron en la campaña.

El análisis de los componentes de rendimiento por separado da una idea de la capacidad compensatoria de la soja frente a las diferentes adversidades. La caída de un componente es compensada por otro sin perjudicar el rendimiento final.

En cuanto a la variable distanciamiento-fertilización, puede concluirse que, un distanciamiento de 0,38 m con 90 Kg de superfosfato colocado junto con la semilla perjudica el número de plantas  $\text{ha}^{-1}$ , posiblemente por afectar el nacimiento de plantas por la fitotoxicidad que genera el fertilizante. El distanciamiento de 0,19 m, ya sea con 45 como con 90 Kg de fertilizante, obtiene mayor número de plantas  $\text{ha}^{-1}$  y un mayor número de granos  $\text{ha}^{-1}$  posiblemente por disminuir el efecto fitotóxico que tiene el fertilizante al colocarlo junto a la semilla. Igualmente, la caída en el stand de plantas fue compensada por los demás componentes de rinde, por lo que no se vio una diferencia en el rendimiento manual.

Cabe destacar que los resultados del estudio corresponden a una sola campaña y por lo tanto sería indicado repetir el ensayo al menos dos campañas más en un mayor número de localidades para poder considerar diferentes situaciones climáticas y respaldar la recomendación; alcance que el presente estudio no tiene.

## Anexos



Fuente: Google Maps.

Figura A1

Ubicación del establecimiento “Las Marías”.

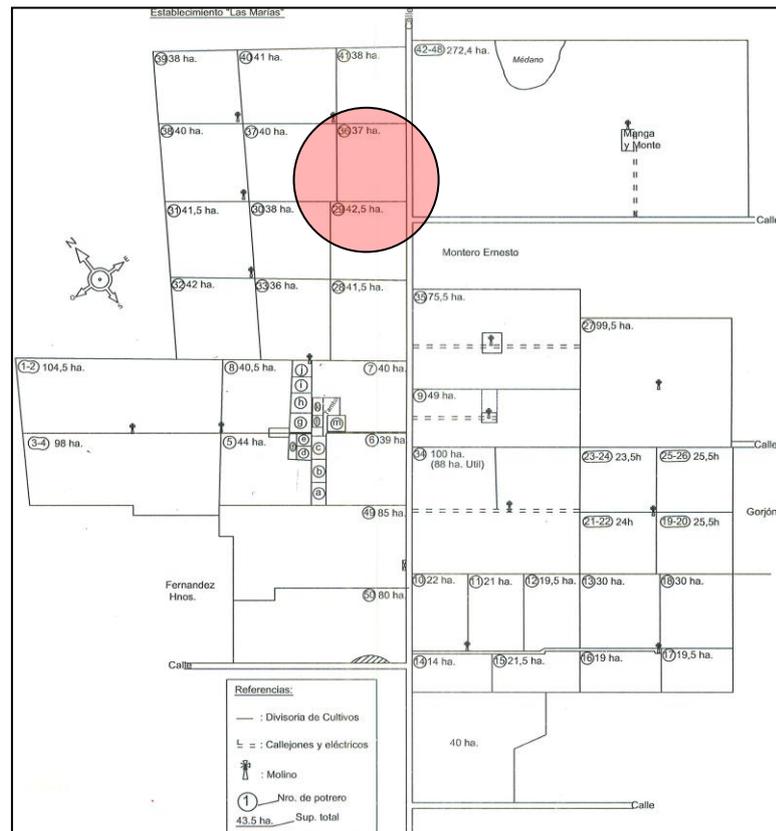


Figura A2

Plano del establecimiento “Las Marías”.

**Tabla A1: Análisis de Suelo por parte del Laboratorio Agrícola del Ing. Agrónomo Ariel Grub**

Nº	DENOMINACION	PROF. CMS	MAT. ORG.	PH	FOSF. (PPM)	NIT. ppm
10792	LAS MARIAS LOTE 38 BAJO	0-20	1.70	7.12	16.5	107
10793	“	20-40	1.08	8.96	12.0	73.8
10794	“	40-60	0.46	9.90	4.4	54.8
10795	LAS MARIAS LOTE 38 LOMA	0-20	0.69	5.94	24.0	41.1
10796	“	20-40	0.77	6.23	12.0	28.3
10797	“	40-60	0.52	6.52	5.5	22.1

## Observaciones del laboratorio

AZUFRE		FOSFORO		MATERIA ORGCA		Ph (en agua 1:2,5)	
Menor a 3 PPM	déficit potencial	<5	Muy Bajo	<1,25	Muy Bajo	<5,0	Muy Acido
Menor a 12 PPM	Se obs. respuestas	5-10	Bajo	1,25-2,5	Bajo	5,1-5,5	Acido
		10-15	Medio			5,6-6,0	Moderadamente Acido
		15-20	Alto			6,1-6,5	Ligeramente Acido
		>20	Muy Alto			6,6-7,3	Neutro
						7,4-7,8	Ligeramente Alcalino
						7,9-8,4	Moderadamente Alcalino
						8,5-9,0	Alcalino
						>9,0	Muy Alcalino

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (ms /cm. 25°C)	VALORACIÓN AGRONOMICA
0-0.5	Normal
0.5-1.0	Ligeramente alta
1-2	Alta
2-4	Muy alta
+4	Extremadamente alta

**TABLA A2: ANOVA para Rendimiento de cosecha Mecánica (Kgs Ha<sup>-1</sup>)**

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kgs Ha <sup>-1</sup> ) Prom. e/	1..	36	0,87	0,61 3,63

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	270412,70	23	11757,07	3,40	0,0158	
HIBRIDO	90094,62	2	45047,31	7,78	0,0418	(HIBRIDO*Bloque)
Bloque	107027,62	2	53513,81	15,49	0,0005	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	19449,28	3	6483,09	1,88	0,1873	
HIBRIDO*Bloque	23156,02	4	5789,00	1,68	0,2197	
Bloque*DISTANCIA_FERTILIZA..	25559,53	6	4259,92	1,23	0,3553	
HIBRIDO*DISTANCIA_FERTILIZ..	5125,63	6	854,27	0,25	0,9512	
Error	41447,01	12	3453,92			
Total	311859,71	35				

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=86,24131**

Error: 5789,0048 gl: 4

HIBRIDO Medias n E.E.

4100 1553,38 12 21,96 A

4500 1628,64 12 21,96 A B

4004 1661,99 12 22,83 B

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

**TABLA A3: ANOVA para Rendimiento de cosecha Manual (Kgs Ha<sup>-1</sup>)**

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kgs Ha <sup>-1</sup> )	72	0,70	0,19	16,29

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	5808974,81	45	129088,33	1,37	0,1966	
HIBRIDO	742763,58	2	371381,79	2,77	0,1757	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque	1267772,65	2	633886,32	4,73	0,0883	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque*HIBRIDO	535989,21	4	133997,30	1,42	0,2543	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	296618,01	3	98872,67	1,33	0,2986	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	803089,35	6	133848,22	1,80	0,1616	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	363126,72	6	60521,12	0,64	0,6953	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	823817,86	10	82381,79	0,87	0,5671	
Ambiente	129032,00	1	129032,00	1,37	0,2524	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	199889,78	3	66629,93	0,71	0,5562	
Ambiente*HIBRIDO	389238,45	2	194619,23	2,07	0,1469	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	257637,20	6	42939,53	0,46	0,8341	
Error	2448208,56	26	94161,87			
Total	8257183,38	71				

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=293,39074**

Error: 133997,3021 gl: 4

HIBRIDO	Medias	n	E.E.
4100	1750,00	24	74,72 A
4004	1844,48	24	77,65 A
4500	1995,71	24	74,72 A

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

## TABLA A4: ANOVA para Plantas Ha<sup>-1</sup>

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Plantas/Ha	72	0.86	0.62	14.13

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	346227516786.61	45	7693944817.48	3.61	0.0004	
HIBRIDO	42604442809.33	2	2130221404.67	11.91	0.0207	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque	2771688730.51	2	1385844365.25	0.77	0.5195	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque*HIBRIDO	7154448025.04	4	1788612006.26	0.84	0.5124	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	65740287150.47	3	21913429050.16	10.29	0.0001	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	38199153502.43	6	6366525583.74	2.99	0.0234	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	54934429351.16	6	9155738225.19	4.30	0.0039	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	82573024071.06	10	8257302407.11	3.88	0.0026	
Ambiente	38783561913.28	1	38783561913.28	18.22	0.0002	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	2817937642.16	3	939312547.39	0.44	0.7255	
Ambiente*HIBRIDO	1435532579.08	2	717766289.54	0.34	0.7169	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	9213011012.09	6	1535501835.35	0.72	0.6362	
Error	55355194668.90	26	2129045948.80			
Total	401582711455.51	71				

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=33896.62454**

Error: 1788612006.2594 gl: 4

HIBRIDO	Medias	n	E.E.
4004.00	295065.79	24	8971.48 A
4500.00	332602.32	24	8632.82 B
4100.00	352887.42	24	8632.82 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=31812.10901**

Error: 2129045948.8038 gl: 26

DISTANCIA_FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.
0.38_90	278234.64	16	12006.42 A
0.19_90	335038.98	20	11000.83 B
0.38_45	335404.47	20	11000.83 B
0.19_45	364583.32	16	12006.42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=55888.17869**

Error: 2129045948.8038 gl: 26

DISTANCIA FERTILIZANTE	HIBRIDO	Medias	n	E.E.				
0.38_90	4004.00	219298.25	4	24012.84	A			
0.38_90	4500.00	288011.68	6	19606.40		B		
0.38_45	4004.00	301535.08	8	17898.12		B	C	
0.38_90	4100.00	307748.53	6	19606.40		B	C	
0.19_90	4500.00	311403.48	6	19606.40		B	C	
0.19_90	4004.00	315058.48	8	17898.12		B	C	
0.38_45	4100.00	320175.42	6	19606.40		B	C	
0.19_45	4004.00	331140.35	4	24012.84		B	C	D
0.19_45	4500.00	346491.20	6	19606.40			C	D
0.19_90	4100.00	378654.98	6	19606.40				D
0.38_45	4500.00	384502.92	6	19606.40				D
0.19_45	4100.00	404970.75	6	19606.40				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=22355.27148**

Error: 2129045948.8038 gl: 26

Ambiente	Medias	n	E.E.	
Loma	305566.30	36	8083.52	A
Bajo	351876.92	36	8083.52	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## TABLA A5: ANOVA para Número de ramas planta-1

### Análisis de la varianza

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

Nº Ramas planta<sup>-1</sup> 72 0,88 0,68 27,56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	58,54	45	1,30	4,30	0,0001	
HIBRIDO	27,84	2	13,92	13,80	0,0160	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque	11,15	2	5,57	5,53	0,0706	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque*HIBRIDO	4,04	4	1,01	3,33	0,0248	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	1,12	3	0,37	1,25	0,3233	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	4,62	6	0,77	2,61	0,0585	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	2,98	6	0,50	1,64	0,1751	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	1,74	10	0,17	0,57	0,8194	
Ambiente	1,53	1	1,53	5,06	0,0331	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	1,05	3	0,35	1,16	0,3450	
Ambiente*HIBRIDO	1,11	2	0,55	1,83	0,1801	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	1,36	6	0,23	0,75	0,6143	
Error	7,86	26	0,30			
Total	66,41	71				

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,80499**

Error: 1,0088 gl: 4

HIBRIDO Medias n E.E.

4100	1,12	24	0,21	A
4004	2,28	24	0,21	B
4500	2,42	24	0,21	B

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

Error: 0,3025 gl: 26

Ambiente Medias n E.E.

Bajo	1,76	36	0,10	A
Loma	2,08	36	0,10	B

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

**TABLA A6: ANOVA para Número de vainas ramas<sup>-1</sup>**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº vainas rama <sup>-1</sup>	72	0,64	0,02	65,43

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	9795,98	45	217,69	1,03	0,4756	
HIBRIDO	5279,94	2	2639,97	17,21	0,0108	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque	1110,00	2	555,00	3,62	0,1268	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque*HIBRIDO	613,70	4	153,42	0,73	0,5809	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	209,57	3	69,86	1,44	0,2658	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	870,36	6	145,06	3,00	0,0365	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	250,19	6	41,70	0,20	0,9745	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	521,34	10	52,13	0,25	0,9874	
Ambiente	204,69	1	204,69	0,97	0,3334	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	223,03	3	74,34	0,35	0,7875	
Ambiente*HIBRIDO	262,73	2	131,37	0,62	0,5439	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	250,42	6	41,74	0,20	0,9744	
Error	5478,85	26	210,72			
Total	15274,83	71				

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,92764**

Error: 153,4247 gl: 4

HIBRIDO Medias n E.E.

4500 15,65 24 2,53 A

4004 17,37 24 2,63 A

4100 34,28 24 2,53 B

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

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=17,39737**

Error: 210,7249 gl: 26

DISTANCIA FERTILIZANTE HIBRIDO Medias n E.E.

0,19\_45 4500 14,30 6 6,17 A

0,38\_45 4500 14,82 6 6,17 A

0,19\_90 4500 14,92 6 6,17 A

0,38\_90 4004 16,73 4 7,55 A B

0,19\_90 4004 17,12 8 5,63 A B

0,19\_45 4004 17,15 4 7,55 A B

0,38\_45 4004 18,18 8 5,63 A B

0,38\_90 4500 18,55 6 6,17 A B

0,38\_90 4100 28,43 6 6,17 A B C

0,38\_45 4100 29,27 6 6,17 A B C

0,19\_90 4100 35,08 6 6,17 B C

0,19\_45 4100 44,35 6 6,17 C

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

**TABLA A7: ANOVA para Número de vainas planta<sup>-1</sup>**

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Vainas planta <sup>-1</sup>	72	0,81	0,47	17,96

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	3932,85	45	87,40	2,39	0,0100	
HIBRIDO	1417,61	2	708,81	3,72	0,1225	(HIBRIDO*Bloque)
Bloque	152,79	2	76,40	0,40	0,6942	(HIBRIDO*Bloque)
HIBRIDO*Bloque	763,15	4	190,79	5,22	0,0032	
DIST_FERT	189,05	3	63,02	1,89	0,1707	
HIBRIDO*DIST_FERT	514,41	6	85,74	2,58	0,0606	
Bloque*DIST_FERT	308,71	6	51,45	1,41	0,2497	
Bloque*DIST_FERT*HIBRIDO	222,63	10	22,26	0,61	0,7924	
AMB	50,56	1	50,56	1,38	0,2504	
AMB*DIST_FERT	92,56	3	30,85	0,84	0,4826	
AMB*HIBRIDO	49,92	2	24,96	0,68	0,5143	
AMB*HIBRIDO*DIST_FERT	171,46	6	28,58	0,78	0,5922	
Error	951,06	26	36,58			
Total	4883,91	71				

## TABLA A8: ANOVA para Número granos vaina<sup>-1</sup>

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº granos vaina <sup>-1</sup>	72	0,63	0,00	5,62

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0,94	45	0,02	0,99	0,5184	
HIBRIDO	0,04	2	0,02	0,40	0,6944	
(Bloque*HIBRIDO)						
Bloque	0,15	2	0,07	1,44	0,3384	
(Bloque*HIBRIDO)						
Bloque*HIBRIDO	0,21	4	0,05	2,45	0,0713	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	0,06	3	0,02	2,13	0,1360	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	0,08	6	0,01	1,06	0,4217	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	0,03	6	0,01	0,25	0,9529	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	0,12	10	0,01	0,56	0,8289	
Ambiente	0,05	1	0,05	2,15	0,1550	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	0,01	3	1,9E-03	0,09	0,9652	
Ambiente*HIBRIDO	0,16	2	0,08	3,78	0,0363	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	0,05	6	0,01	0,38	0,8845	
Error	0,55	26	0,02			
Total	1,48	71				

Error: 0,0210 gl: 26

Ambiente	HIBRIDO	Medias	n	E.E.
Loma	4500,00	2,47	12	0,04 A
Bajo	4004,00	2,52	12	0,04 A B
Loma	4100,00	2,58	12	0,04 A B
Loma	4004,00	2,58	12	0,04 A B
Bajo	4500,00	2,63	12	0,04 B

Bajo 4100,00 2,63 12 0,04 B  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

### TABLA A9: ANOVA para Granos Ha<sup>-1</sup>

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Granos/Ha	72	0.76	0.34	24.32

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	3768503296744420.00	45	83744517705431.50	1.82	0.0528	
HIBRIDO	438913646567663.00	2	21945692328382.00	2.35	0.2115	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque	356108836227257.00	2	178054418113628.00	1.91	0.2622	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque*HIBRIDO	373732172192533.00	4	93433043048133.30	2.03	0.1197	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	814113557883637.00	3	271371185961212.00	5.89	0.0033	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	238741173930343.00	6	39790228986390.50	0.86	0.5340	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	224299092128597.00	6	37383182021432.80	0.81	0.5704	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	860057857342456.00	10	86005785734245.60	1.87	0.0976	
Ambiente	187386402966186.00	1	187386402966186.00	4.07	0.0541	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	119239911230483.00	3	39746637076827.60	0.86	0.4726	
Ambiente*HIBRIDO	72875409640113.30	2	36437704820056.60	0.79	0.4639	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	83035036635152.00	6	13839172772525.30	0.30	0.9310	
Error	1197303610348540.00	26	46050138859559.20			
Total	4365806907092960.00	71				

#### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4678594.61702

Error: 46050138859559.1797 gl: 26

DISTANCIA_FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
0.38_90	22080334.43	16	1765779.76	A
0.38_45	26776851.86	20	1617888.10	B
0.19_45	29542116.23	16	1765779.76	B
0.19_90	31562017.54	20	1617888.10	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### TABLA A10: ANOVA para Peso de 1000 granos

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Peso 1000 granos 72 0,65 0,05 11,91

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	9858,03	45	219,07	1,08	0,4291	
HIBRIDO	938,40	2	469,20	6,46	0,0559	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque	414,77	2	207,39	2,85	0,1697	(Bloque*HIBRIDO)
Bloque*HIBRIDO	290,58	4	72,64	0,36	0,8368	
DISTANCIA_FERTILIZANTE	242,92	3	80,97	0,40	0,7518	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*HIB..	1298,18	6	216,36	1,08	0,4144	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	1695,23	6	282,54	1,39	0,2564	
DISTANCIA_FERTILIZANTE*Blo..	1508,65	10	150,86	0,74	0,6802	
Ambiente	2115,75	1	2115,75	10,40	0,0034	
Ambiente*DISTANCIA_FERTILI..	228,62	3	76,21	0,37	0,7721	
Ambiente*HIBRIDO	440,89	2	220,44	1,08	0,3532	
Ambiente*HIBRIDO*DISTANCIA..	684,04	6	114,01	0,56	0,7577	
Error	5290,19	26	203,47			

Total 15148,22 71

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,91093

Error: 203,4689 gl: 26

Ambiente Medias n E.E.

Bajo 114,65 36 2,50 A

Loma 125,46 36 2,50 B

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

## SUPUESTOS DEL ANOVA

### Normalidad

La Normalidad es analizada mediante el estudio Q-Q Plot normal, utilizando un diagrama de dispersión de los residuos obtenidos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal.

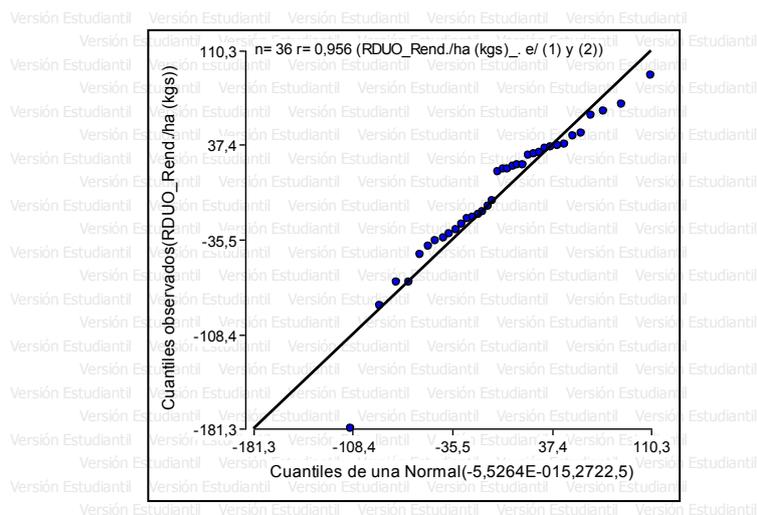


Figura A3: Rendimiento Mecánico (Kg. Ha<sup>-1</sup>).

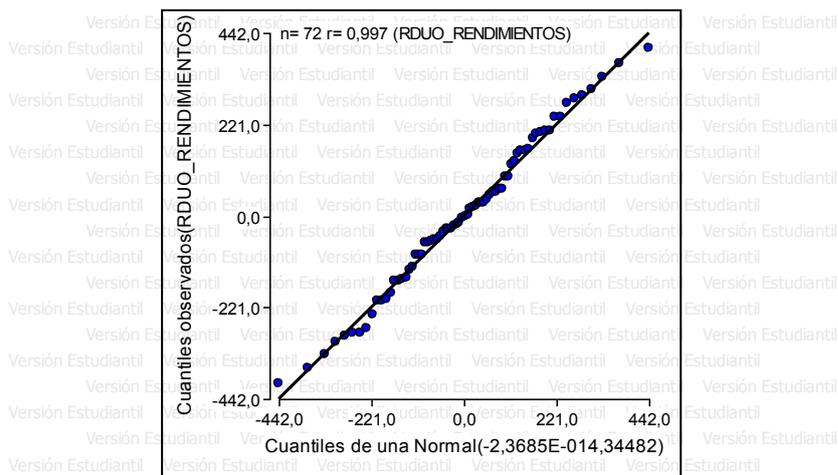


Figura A4: Rendimiento Manual ( $\text{Kg. Ha}^{-1}$ )

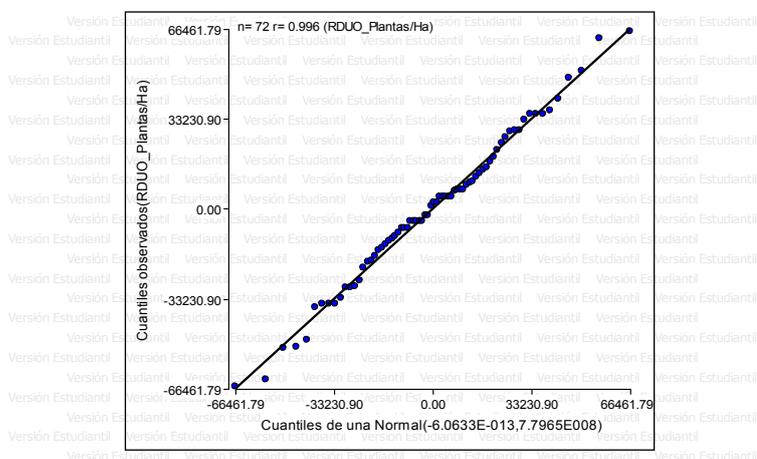


Figura A5: Plantas  $\text{Ha}^{-1}$

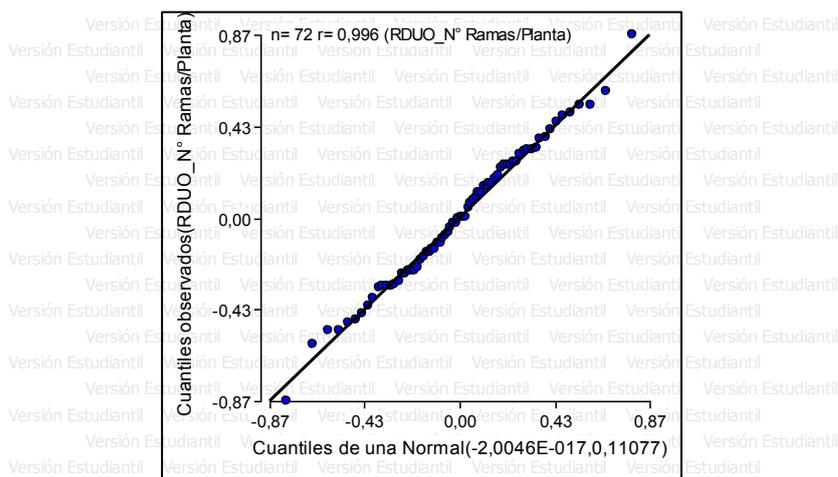


Figura A6: Número de ramas  $\text{Planta}^{-1}$

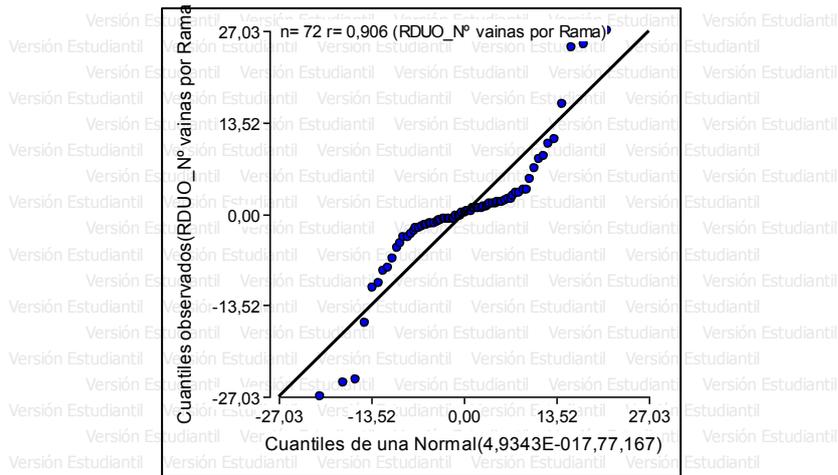


Figura A7: Número de vainas Rama<sup>-1</sup>

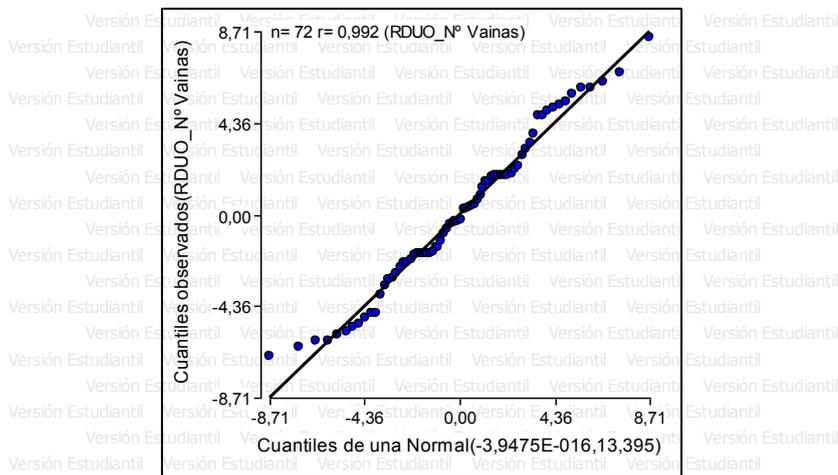


Figura A8: Número de vainas Planta<sup>-1</sup>

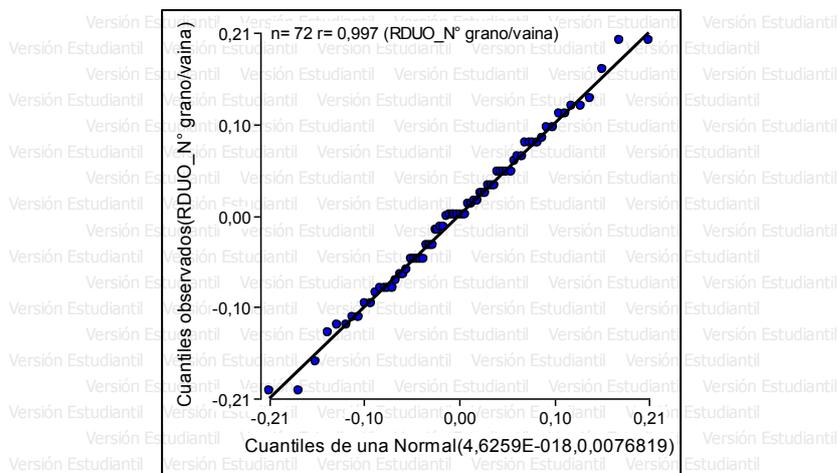


Figura A9: Número de granos Vaina<sup>-1</sup>

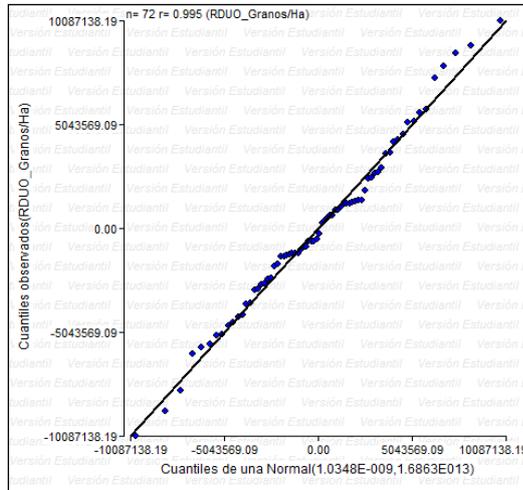


Figura A10: Número de granos  $Ha^{-1}$

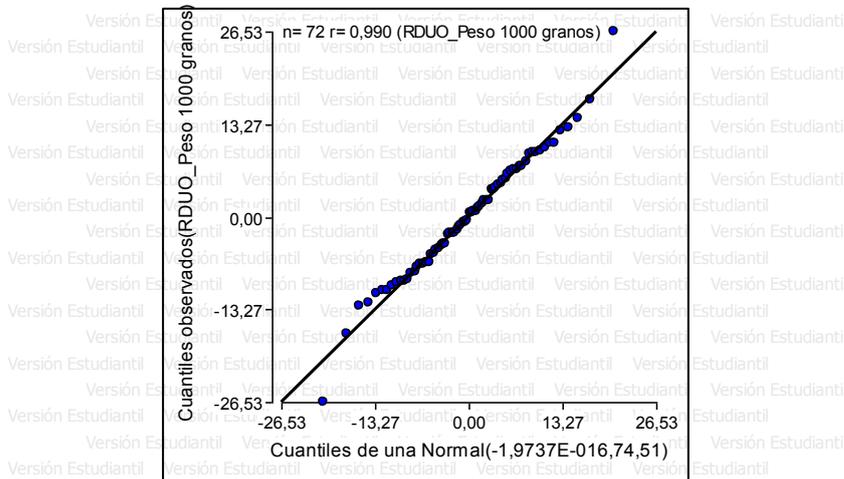


Figura A11: Peso de 1000 granos

Para realizar una comprobación mayor sobre la normalidad de los ANOVA realizados, se realiza la prueba de Shapiro-Wilks modificada para cada variable respuesta descripta.

**Rendimiento Mecánico:**

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RENDIMIENTOS	72	0,00	185,69	0,97	0,4755

**Rendimiento Manual:**

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RENDIMIENTOS	72	0,00	185,69	0,97	0,4755

### Plantas Ha<sup>-1</sup>

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Plantas/Ha	72	326571.63	75207.01	0.98	0.7375

### Número de ramas Planta<sup>-1</sup>

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO N° Ramas/Planta	72	0,00	0,33	0,99	0,9630

### Número de vainas Rama<sup>-1</sup>

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO N° vainas rama-1	72	0,00	8,78	0,85	<0,0001

### Número de vainas Planta<sup>-1</sup>

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO N° Vainas	72	0,00	3,66	0,96	0,1110

### Número de granos Vaina<sup>-1</sup>

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO N° grano/vaina	72	0,00	0,09	0,98	0,6575

### Granos Ha<sup>-1</sup>

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Granos/Ha	72	27907956.87	8363070.15	0.95	0.0724

### Peso de 1000 granos

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Peso 1000 granos	72	0,00	8,63	1,00	>0,9999

## Homogeneidad

Este supuesto se realiza para asegurarse que los errores sean homocedásticos, realizando un gráfico de dispersión de residuos versus valores predichos, donde se deberá observar una nube de puntos sin patrón alguno.

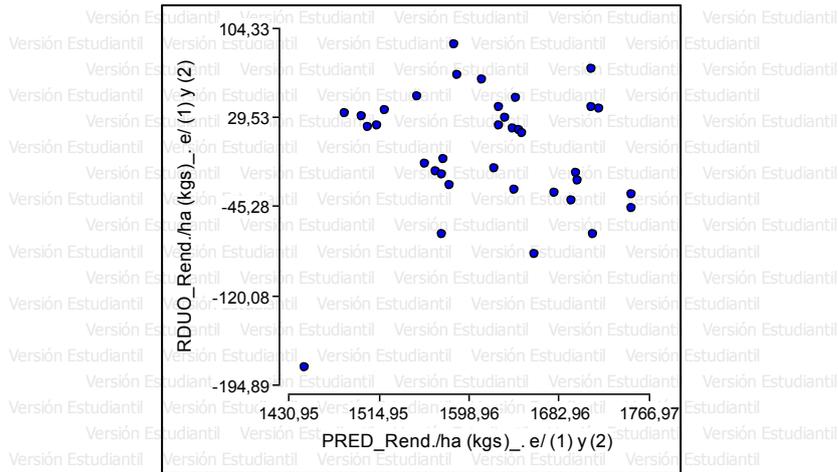


Figura A12: Rendimiento Mecánico.

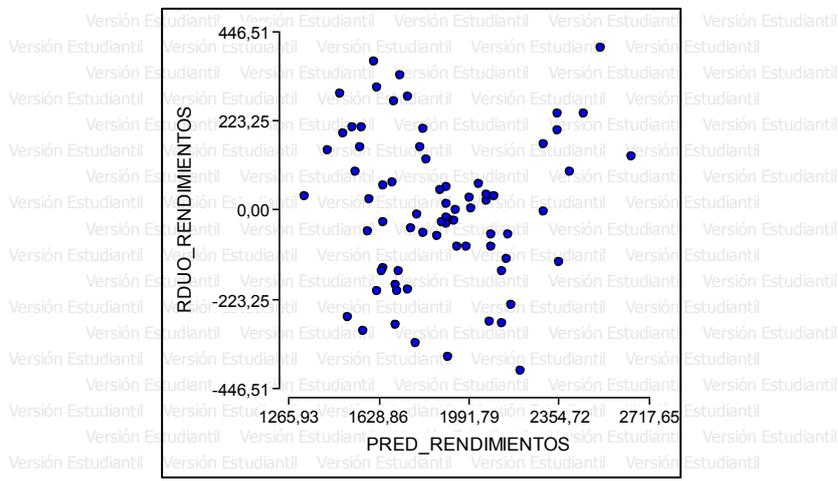


Figura A13: Rendimiento Manual.

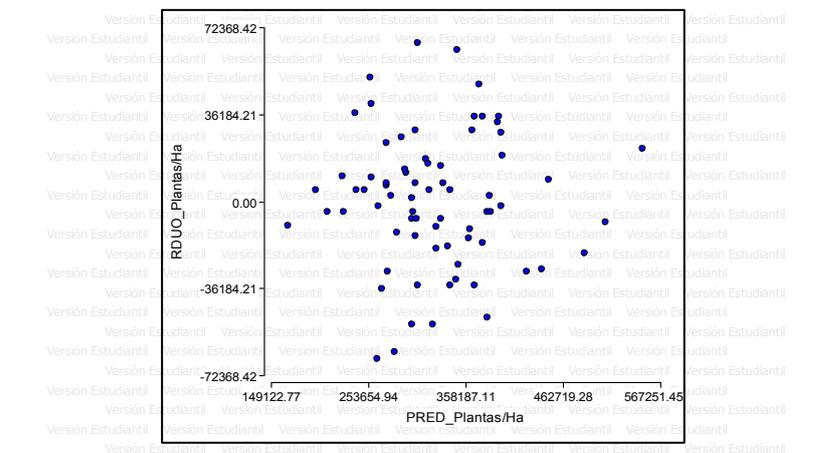


Figura A14: Plantas  $\text{Ha}^{-1}$

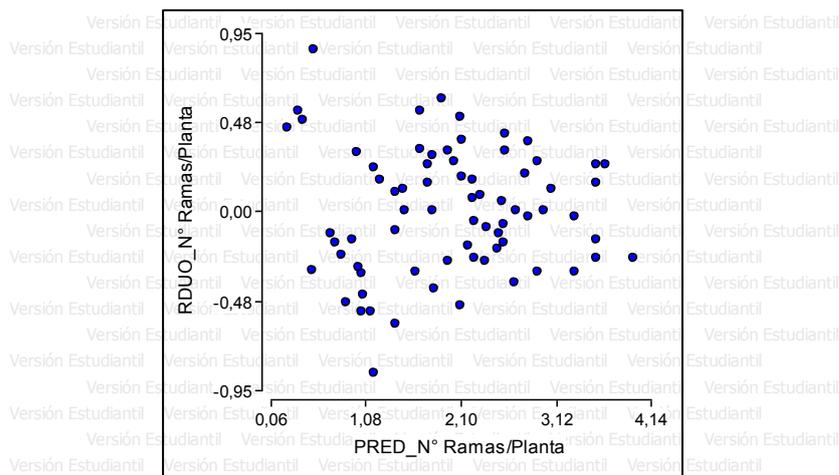


Figura A15: Número de ramas  $Planta^{-1}$

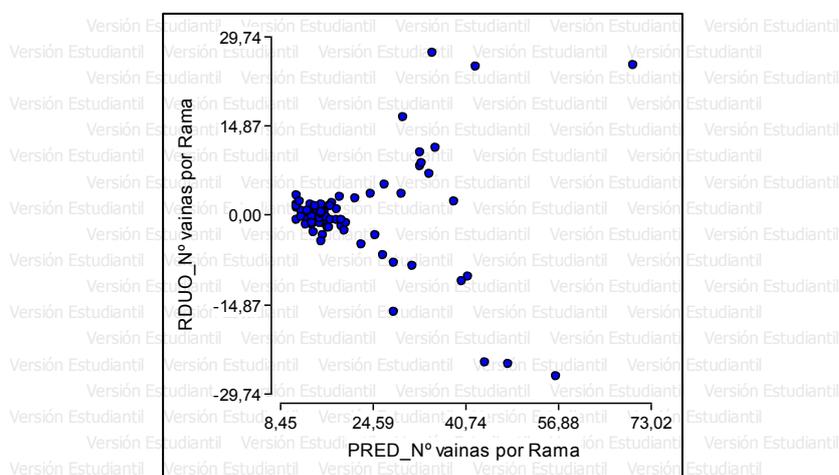


Figura A16: Número de vainas  $Rama^{-1}$

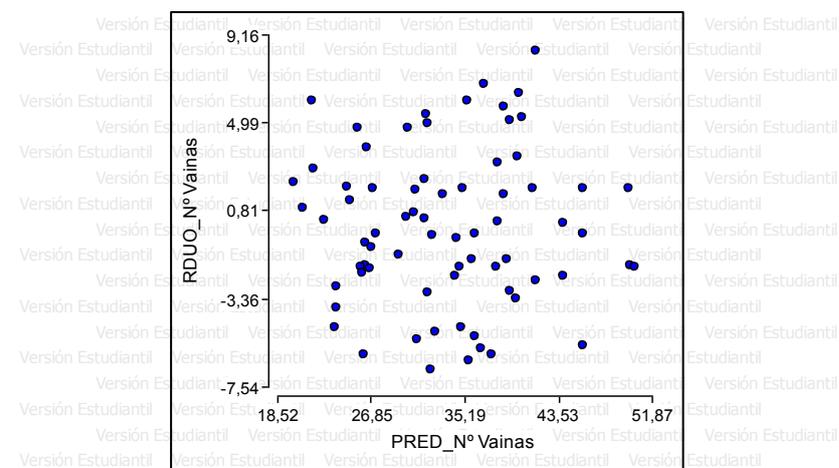


Figura A17: Número de vainas  $Planta^{-1}$

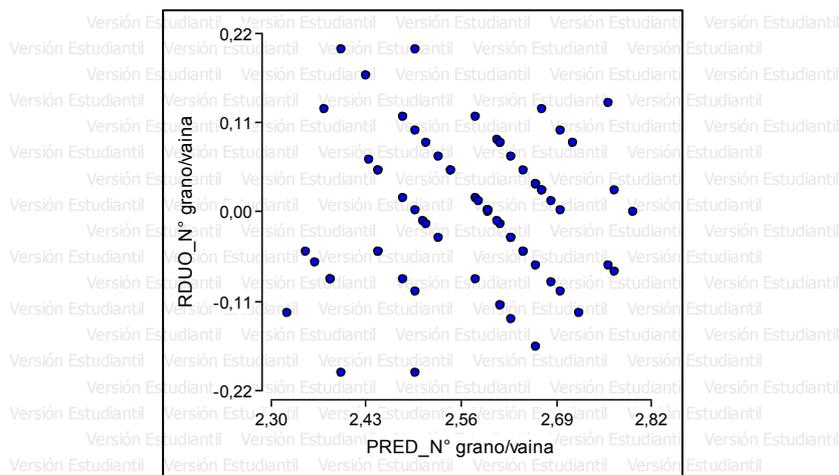


Figura A18: Número de granos Vaina<sup>-1</sup>

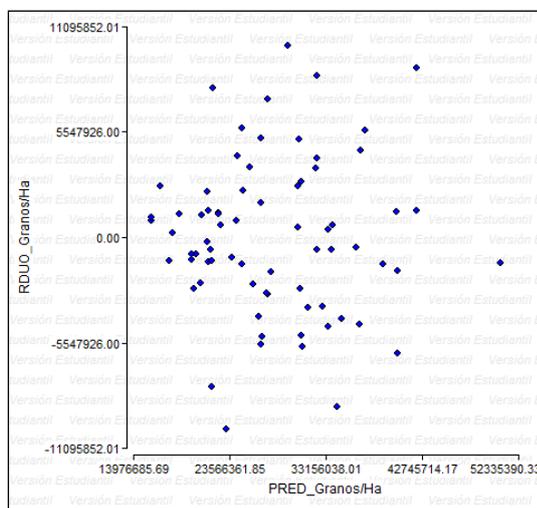


Figura A19: Granos Ha<sup>-1</sup>

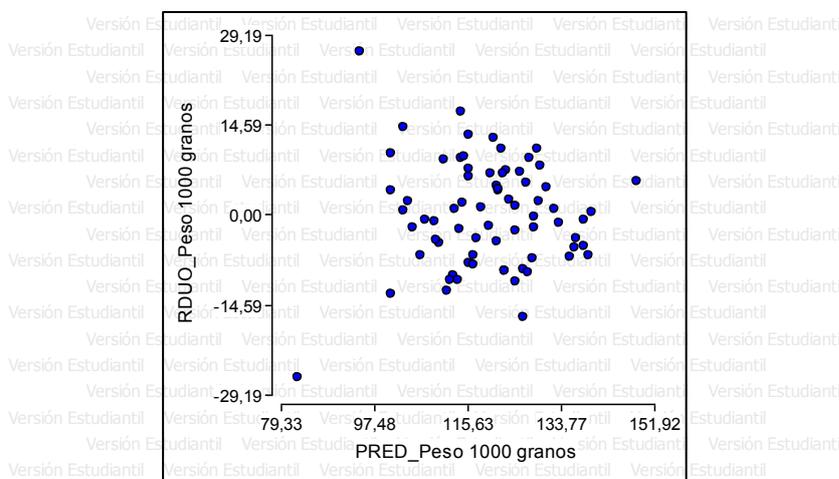


Figura A20: Peso de 1000 granos

## **Bibliografía**

- Álvarez, R.; Lemcoff, J.; Merzari, A. (1995) Balance de Nitrógeno en un suelo cultivado con soja. *Ciencia Del Suelo*. 13: 38-40.
- Board, J. E.; Harville, B.G. (1993) Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period. *Crop Science*. 33: 772-777.
- Board, J. E.; Wier, A. T.; D.J. Boethel. (1995) Source strength influence in soybean yield formation during early and late reproductive development. *Crop Science*. 28: 977-981.
- Egli, D. B.; Yu Zhen-wen. (1991) Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. *Crop Science*. 31: 439-442.
- Gutierrez Boem, F.H.; Alvarez, C.A.; Cabello, M.J.; Fernández, P.L.; Prystupa, P.; Taboada, M.A. (2008) Phosphorus retention on soil surface of tilled and notilled soils. *Soil Science Society of America Journal*. 72: 1158-1162.
- Gutierrez Boem, F.H.; Scheiner, J.D. (2006) Soja. En: H.E. Echeverría y F.O. García (2007) 'Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos', INTA, Buenos Aires. 283-300
- Kantolic, A.G. (2008) Control ambiental y genético de la fenología del cultivo de soja: impactos sobre el rendimiento y la adaptación de genotipos. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 28: 63-88.
- Melchiori, R. J. M.; Peltzer, H. (2011a) Efecto de la fecha de siembra, distanciamiento entre surcos y cultivar sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de soja en Paraná. INTA EEA Paraná, Área de investigación en Suelos.

- Melchiori, R. J. M.; Peltzer, H. (2011b) Distanciamiento entre surcos, densidad de siembra y hábitos de crecimiento en siembra de soja de segunda. INTA EEA Paraná, Área de investigación en Suelos.
- Mondino, M.H.; Auat, J. A. (2003) Aumento de la productividad de soja en siembras tardías de febrero mediante la combinación de diferentes cultivares y distanciamientos. INTA EEA Santiago del estero.
- Puricelli, E. C. (1993) Influencia del espaciamiento entre filas y de la competencia de sorgo de Alepo sobre el rendimiento de soja tardía. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasilia. 28: 1319-1326.
- Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de La Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. (2003) Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires.
- Shibles, R.M.; Weber, C. R. (1996) Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. Crop Science. 6: 53-59.
- [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar) Infostat, software estadístico. Julio, 2016.
- Zhang, F.; Smith, D. (2002) Interorganismal signaling in suboptimum environments: The legume-rhizobia symbiosis. Advances in Agronomy. 76: 125-161.