

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE SEMBRADORAS PARA LA SIEMBRA DIRECTA DE SOJA

por

Marcelo D. ALFARO GARCÍA

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2014

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. Juan Olivet

---

Ing. Agr. Jorge Volpi

---

Ing. Agr. Gonzalo Giani

Fecha: 18 de diciembre de 2014

Autor:

---

Marcelo Daniel Alfaro García

## AGRADECIMIENTOS

- A mi tutor de tesis Ing. Agr. Juan Olivet por su dedicación y acompañarme durante la realización del trabajo.
- Al Ing. Agr. Gonzalo Giani por su iniciativa y colaboración en todo momento.
- A la empresa Tafilar S.A. por permitirme realizar el trabajo y disponer de los recursos necesarios.
- Al Sr Gastón Chambón y su equipo de trabajo por la buena disposición a la hora de realizar los ensayos.
- Al equipo de la cátedra de Maquinaria por su gran ayuda en las estimaciones de rendimientos.
- Al personal de biblioteca de la Facultad de Agronomía.
- A todos aquellos que de una u otro manera colaboraron para la realización de este trabajo y me acompañaron durante toda la carrera, especialmente a mi familia y amigos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRAFÍA</u> .....	2
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	4
3.1. ENSAYOS DE CAMPO.....	4
3.1.1. <u>Metodología de evaluación</u> .....	6
3.2. ENSAYO DE LABORATORIO.....	7
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	9
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	10
4.1. POBLACIÓN INICIAL.....	10
4.2. DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTAS.....	13
4.3. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	19
4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS SEMBRADORAS.....	28
4.4.1. <u>Sembradora de chorrillos</u> .....	28
4.4.2. <u>Sembradora de precisión</u> .....	29
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	32
6. <u>RESUMEN</u> .....	33
7. <u>SUMMARY</u> .....	34
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	35

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	4
2. Población lograda según máquina y dosis en ensayo de campo a los 33 días de la siembra.....	10
3. Efectos principales (máquina, dosis e interacción máquina por dosis).....	11
4. Población a los 33 días de la siembra según método de siembra, densidad de siembra e interacción tipo de siembra por dos.....	11
5. Índices de distribución de plantas para tres dosis de siembra.....	13
6. Índices de distribución de plantas para método de siembra.....	16
7. Índices de distribución de plantas.....	17
8. Efecto del número de vainas por metro.....	20
9. Número de vainas por metro lineal.....	20
10. Análisis de varianza del número de granos.....	22
11. Número de granos por metro lineal de surco.....	22
12. Análisis de varianza del efecto granos por vainas.....	24
13. Número de granos por vaina.....	24
14. Análisis de varianza de la variable rendimiento.....	26
15. Rendimiento del cultivo.....	26
16. Índice de distribución de semilla para seis surcos de la sembradora neumática a dosis alta .....	29
17. Índices de distribución de plantas sembradas y semillas sembradas con el método de distribución neumática para la dosis de siembra alta.....	30

## Figura No.

1. Plano del ensayo. ....	5
2. Población a los 33 días según método de siembra y densidad de siembra.....	12
3. Población a los 33 días de siembra .Interacción entre método de siembra y dosis de siembra.....	13
4. Índice de alimentación según dosis de siembra.....	14
5. Coeficiente de Precisión según dosis de siembra.....	14
6. Índice de plantas múltiples según dosis de siembra.....	15
7. Fallas de plantas según dosis de siembra.....	15
8. Índices de distribución de plantas para método de siembra.....	17
9. Índice de alimentación para las dosis alta, media y baja según método de siembra.....	18
10. Índice de plantas Múltiples para las dosis alta, media y baja según método de siembra.....	19
11. Índice de Fallas para las dosis alta, media y baja según método de siembra.....	19
12. Número de vainas según método de siembra y dosis de siembra...	21
13. Interacción entre método de siembra y dosis de siembra.....	21
14. Número de granos por metro según método de siembra y número de grano según dosis de siembra.....	23
15. Número de granos por metro. Interacción de número de granos con tipo de siembra por dosis de siembra.....	23
16. Número de granos por vainas según método de siembra y según dosis de siembra.....	25

17. Número de granos por vainas según método de siembra por dosis.....	25
18. Rendimiento por hectarea según metodo de seimbra y según dosis de siembra.....	27
19. Interaccion del rendimiento entre metodo de siembra y dosis de siembra.....	27
20. Semilla dosificada por surco (desvío sobre el valor medio). Sembradora neumática de precisión.....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia del cultivo de soja deriva fundamentalmente de su estrecha relación con los alimentos, a través del aceite y de su harina. Hoy representa un alto porcentaje entre las ocho primeras materias primas en el mundo.

El cultivo de soja en Uruguay pasó de ser marginal a convertirse en el principal rubro agrícola en menos de diez años. El desarrollo de la siembra directa junto a la utilización de otras prácticas tecnológicas, altos precios internacionales del grano han convertido al cultivo en un negocio muy rentable.

Estos cambios traen consigo la incorporación de nuevas tecnologías en maquinaria, en los aspectos agronómicos: mejoramiento genético para obtener variedades cada vez más productivas y resistentes o tolerantes al stres.

De ese modo existe un gran esfuerzo de utilizar máquinas de mayor y mejor rendimiento, las variedades superiores, semillas de alta calidad, utilización adecuada de los fertilizantes, siembras en épocas adecuadas, control de malezas, plagas y enfermedades. Un aspecto clave para la optimización de la productividad se relaciona al número de plantas a ser utilizadas y su distribución en la superficie.

La tendencia en el país es a sembrar con máquinas de dosificación a placa, ya sea neumática o mecánica. La demanda por este tipo de máquinas ha llevado a que productores importen estas máquinas y/o a pagar un sobre precio por la siembra de estos equipos. Sabemos que el rendimiento es sensible a la población y distribución de plantas en cultivos sensibles como el maíz, sin embargo la soja tiene gran capacidad de compensar la falta o exceso de plantas. En el presente trabajo se plantea como objetivo evaluar el efecto del tipo de sembradora y a diferentes dosis de siembra en el rendimiento del cultivo y la distribución de las plantas.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La producción y exportaciones son dominadas por EE.UU y los países que integran el MERCOSUR. Estos últimos conforman el 42% del total sembrado en el mundo (Redes, 2012).

Los primeros registros de producción de soja en Uruguay datan de la década de los 60. Hasta la zafra 2002/2003 fue un cultivo de poca relevancia en la agricultura uruguaya, siendo excepcionales las zafras que se sembraron más de 50 mil ha. En las primeras décadas del siglo XXI comienza la expansión del cultivo que pasó de 12 mil ha en la zafra 2000/2001 a tener una intensidad de siembra de un millón de ha en la zafra 10/11, cubriendo más del 85% del área de cultivo de verano (Redes, 2012).

En el año 2010 las exportaciones alcanzaron cifras record para el país. Se exportaron cerca de 2 millones de toneladas de grano por un valor de 710 millones de dólares, lo que representó un 10,5% del total de las exportaciones del país medidas en dólares y un incremento del 53,8% en relación al año 2009 (Redes, 2012).

En este sentido la nueva tendencia en el uso de maquinaria para la siembra de soja es a utilizar sembradoras que tienen mayor precisión en la ubicación de la semilla en la sementera y en relación a la distribución espacial entre las semillas.

Diversos autores han mencionado a la soja como un cultivo capaz de compensar variaciones en un rango amplio de densidades de siembra sin afectar sus rendimientos. Esto permite a los productores lograr buenos cultivos aun ante fallas considerables en la emergencia. Sin embargo es común que el productor que sufre una merma en el stand de plantas encuentre también una distribución despareja de las mismas (Ferraris et al., 2014). Los autores mencionados probaron que en un año favorable con buenas condiciones hídricas, reducciones muy pronunciadas en la densidad provocan mermas en los rendimientos de hasta 31 y 39% según la distribución de plantas fuera uniforme o des-uniforme respectivamente. Estas diferencias fueron provocadas por variaciones en la captura de radiación fotosintéticamente activa que a su vez modifica el número de granos fijados. La curva de respuesta a la densidad siguió una forma cuadrática, demostrando un techo de rendimiento en altas densidades. Para las condiciones de este ensayo cuando la población de plantas establecidas fue menor de 3,2 pl/m lineal soportando espaciamientos de 50 cm sin plantas, y 4,2 pl/m lineal en una distribución uniforme, hubiese sido económicamente rentable resembrar.

Méndez y su equipo, han evaluado las respuesta en rendimiento del cultivo de soja a la siembra en surcos apareados sin encontrar diferencias significativas (Méndez et al., 2014).

Según Bacigaluppo et al. (2011), en numerosos trabajos han estudiado el efecto del espaciamiento entre filas interactuando con otros componentes que puedan hacer variar el rendimiento. Estudiando la respuesta al espaciamiento entre hileras de soja y sus componentes, concluyeron que un menor espaciamiento permite aprovechar más eficientemente los recursos disponibles a través de un mayor IAF en R2-R5 y acumulación de materia seca en R5. Condiciones ambientales adversas previas o posteriores a R5 pueden anular las ventajas mencionadas. En condiciones ambientales menos limitantes el impacto del espaciamiento fue menos importante. En suelos con mayor capacidad el efecto del menor espaciamiento podría tener menor importancia aun.

Lone et al. (2010), han estudiado el efecto de la densidad de siembra, espaciamiento entre filas y fertilidad en los niveles económicos de soja bajo condiciones templadas. Combinaron tres dosis de semilla, tres niveles de fertilización a tres espaciamientos diferentes. Y concluyeron que el mejor resultado económico (relación costo-beneficio) se obtuvo con la combinación de densidad media, espaciamiento entre filas medio y el nivel de fertilización intermedio de los probados (60 kg/ha, 45 cm, NPK: N60, P90; K60). Es decir que según los autores, se debe sembrar una determinada densidad para un determinado nivel de fertilidad y para un determinado espaciamiento.

Board (2000), estudia las compensaciones de rendimiento a través de la variación en la población de plantas. Su objetivo fue determinar la Tasa de Asimilación Neta (NAR) y el Índice de Área Foliar (IAF), que contribuyen a la Tasa de Crecimiento del Cultivo (CGR) de equilibrio a través de poblaciones bajas, medias y altas durante la etapa vegetativa y periodos reproductivos tempranos. Ellos expresan que el rendimiento se ve afectado por la población de plantas. El equilibrio de la CGR para bajas poblaciones vs mayores poblaciones cerca de R1 se logra gracias a un mayor NAR para poblaciones bajas durante el periodo vegetativo, creado por una mayor eficiencia de la luz interceptada. Como consecuencia se encontró una mayor tasa de expansión del área foliar en poblaciones bajas como resultado del aumento de la aparición de MS en ramas y probablemente inducida por las mayores proporciones de luz rojo/rojo lejano dentro de la copa. Probablemente un descenso en las poblaciones de plantas lleva a una mayor cantidad de materia seca en ramas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos tipos de actividades experimentales, un ensayo de campo y un ensayo de laboratorio.

#### 3.1 ENSAYO DE CAMPO

El ensayo se ubicó en un predio propiedad de Tafilar S.A. que se encuentra al Noreste de la ciudad de Treinta y tres por la ruta nacional 18, a 30 km de la localidad de Vergara. Se sembró en una chacra de 570 ha, sobre una ladera de un suelo clasificado como Argisól del tipo 4.1 según la clasificación CONEAT. Suelo formado sobre la unidad Vergara de la carta 1:1000.000. La superficie utilizada para el ensayo fue de aproximadamente 1 hectárea. El ensayo se sembró el día 28 de octubre de 2012 y se cosechó el 22 de abril 2013.

El diseño experimental fue de bloques con parcelas divididas al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial de los tratamientos: equipos de siembra y dosis de siembra (2\*3). Las parcelas principales fueron dos máquinas sembradoras (sembradora de chorrillos y sembradora de precisión). Las sub-parcelas fueron tres dosis de siembra (alta, media y baja). La dosis alta fue la dosis comercial utilizada en el resto de la chacra. En el Cuadro 1 se presenta la descripción de los tratamientos.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Sembradora	Dosis	Dosis de siembra (kg /ha)	Población inicial (sem/m)	Población inicial (sem/ha)	Germ (%)	Logro estimado (%)	Población objetivo	
							(pl/ha)	(pl/m)
Precisión	Alta	53	15	392593	96	75	282666	11
	Media	42	11	311111			224000	8,5
	Baja	30	9	222222			160000	6
Chorrillo	Alta	53	15	392593	96	75	282666	11
	Media	42	11	311111			224000	8,5
	Baja	30	9	222222			160000	6

Se delimitaron cuatro bloques compuestos cada uno por dos grandes parcelas para el factor “sembradora”. Cada parcela fue dividida en tres sub-parcelas para el segundo factor “dosis”. Los tratamientos fueron asignados al azar a las parcelas

principales. Dentro de cada una de ellas fue sorteado el segundo factor. Las parcelas principales fueron de 90 metros de largo, divididas en tres sub-parcelas de 30 metros cada una (Figura 1).

A	B	B	M	CAMINO	A	A	A	A
M	A	A	B		M	M	M	B
B	M	M	A		B	B	B	M
CH	N	CH	N		CH	N	CH	N

Figura 1. Plano del ensayo. (CH: sembradora de chorrillo, N: sembradora neumática, A: dosis alta, M: dosis media, B: dosis baja).

Para realizar el ensayo se utilizaron dos sembradoras marca John Deere.

Una sembradora de chorrillo de distribución neumática modelo 787 con 29 surcos a una distancia entre líneas de 0,38 m. Esta máquina cuenta con sistema de siembra a chorrillo con un rodillo acanalado que es quien dosifica la semilla, luego es llevada por una corriente de aire hasta las torres de distribución y de allí al tren de siembra. Esta cuenta con un disco abre-surco de 16 pulgadas, con una rueda controladora de profundidad, una rueda fijadora de semilla y una rueda maciza que va cerrando el surco.

La segunda máquina fue una sembradora de precisión neumática modelo Max Emerge1780 de 31 surcos a 0,38 m de distancia. Posee tolvas individuales para semilla en cada surco y cuenta con placa de siembra vertical de tres hileras de orificios. El tren de siembra cuenta con una cuchilla ondulada (“raviolero”) para el corte de rastrojo, abre-surco de doble disco con doble rueda de control de profundidad y doble rueda dentada para conformar y cerrar el surco.

La semilla de soja utilizada fue del grupo 7.0, con un peso de mil semillas de 135 gramos, 96% de germinación y se utilizó un porcentaje de logro de plantas para definir

la dosis de semilla de 75%. Este considera todas las pérdidas que no son causadas estrictamente por la semilla, toma en cuenta factores climáticos adversos, como temperatura del suelo, exceso o déficit hídrico, imperfección de la siembra, problemas de tapado de surco, irregularidades del terreno y otros factores que llevan a disminuir el logro de la población objetivo. Los fertilizantes utilizados fueron: 0-33/34-0 y KCL, aplicados al voleo y a la siembra a la dosis recomendada para toda la chacra (176 kg/ha de 0-33/34-0, ajustado según modelo de Facultad de Agronomía). Se corrigió potasio a razón de 100 kg/ha de KCl. Los tratamientos con insecticidas y fungicidas aplicados fueron los necesarios para ese año y fueron los mismos que para la chacra comercial.

Para la regulación de la sembradora de chorrillo se utilizó balanza de precisión. Se contaron las vueltas de manija que corresponden a una distancia conocida según el rodado del tanque de la sembradora y con el ancho operativo se obtiene la superficie y la densidad sembrada. Mientras que la sembradora neumática se reguló desde el monitor de la máquina indicándole las dosis correspondientes a cada población. Para poder chequear la población que se le ordenó desde el monitor se tapó la salida de semillas en la bota, se recorrieron 20 metros y se pesó la semilla de cada surco, para verificar la densidad real que sembraba, ya que no se ve la placa y no se puede contar el número de vueltas de la misma. También se contó el número de semillas por metro en el surco. Los conteos se realizaron en 3 metros, dos surcos para cada lado por parada, como forma de chequear la regulación.

Para la elección de dosis de siembra se tomó como dosis alta la recomendación comercial que se estaba usando en la chacra. Para las dosis media y baja se disminuyó la población de semilla en un 27 y 40% de la dosis alta respectivamente. Se calcularon los kilogramos de semilla por hectárea para las tres dosis a utilizar a efectos de visualizar el efecto sobre la cantidad de semilla utilizada.

### 3.1.1 Metodología de evaluación

Las variables experimentales fueron:

- ❖ distanciamiento entre plantas,
- ❖ población obtenida,
- ❖ número de vainas,
- ❖ granos por vaina,
- ❖ rendimiento.

La evaluación de distanciamiento entre plantas se estimó a través de varios índices que se calcularon para cada parcela midiendo cuatro surcos de 5 m cada uno, tomando la primera planta a los 0 cm hasta la última planta que estaba dentro de los 5 m. Con estos datos se calcula la diferencia en centímetros entre cada planta, y con las plantas objetivo por metro (dosis alta 11 pl/m, dosis media 8,5 pl/m y dosis baja 6 pl/m) se calculó la distancia que debería haber entre cada planta (distancia objetivo o teórica). Considerando este distanciamiento se agruparon las plantas para cada parcela en tres grupos, las que se desvían hasta un 50% de ese valor teórico, que se consideran dentro del rango correcto (Índice de alimentación), las plantas que se distancian 1,5 veces de la distancia teórica (fallas) y las que tienen un distanciamiento menor a 0,5 veces (múltiples). Con estos datos se calcularon los índices que se describen en el punto 3.2.

Para la evaluación de la población se contó el número de plantas en cuatro surcos por parcela en 5 metros. Se realizó el 30 de noviembre, a los 33 días de la siembra con las plantas en V5-V6. Se utilizó cinta métrica y planillas para registrar el número de plantas por metro y distancia entre plantas.

La estimación de rendimiento se realizó inmediatamente antes de la cosecha comercial en el estado fenológico R8. Para las estimaciones de rendimiento se recolectaron plantas de cada parcela de ocho surcos de un metro lineal tomados al azar. En galpón, se procedió al conteo de vainas y número de granos. Se determinó el peso de mil semillas y se obtuvo el rendimiento por hectárea.

### 3.2 ENSAYO DE LABORATORIO

En el caso de la sembradora de precisión se utilizó la norma Española: Sembradora Mono Grano UNE 68 081 88 adaptando el procedimiento de evaluación dinámica descrito en la misma a las condiciones del ensayo.

La evaluación del ensayo estático de la sembradora de precisión se realizó deslizando la máquina en posición de siembra sobre una lona con una lámina de grasa en superficie para fijar las semillas. Una vez logrado el planteo de las semillas se midió el distanciamiento entre ellas en seis surcos distribuidos en el ancho de la máquina. En cada surco se tomó la primer semilla a los 0 cm y se midió la distancia entre semilla hasta los 3 m. El cálculo de los índices se realizó del mismo modo que para la siembra de campo.

En el caso de la sembradora de precisión se calculó:

- ❖ índice de alimentación, que es el porcentaje de plantas (para el caso de la siembra en parcelas o a campo) o semillas (en el caso del ensayo de la prueba estática de la sembradora) que caen dentro del rango correcto. Se considera una distancia correcta a aquella con un desvío menor (en más o en menos) del 50% de la distancia pretendida.
- ❖ coeficiente de precisión que es el coeficiente de variación de las distancias que caen dentro del rango correcto.
- ❖ las fallas que son la ausencia de grano en una zona donde teóricamente debería encontrarse uno. Se considera una falla a los espaciamientos superiores a 1,5 veces el espaciamiento teórico de las semillas.
- ❖ las dobles o múltiples son aquellos espaciamientos donde se encuentran dos o más granos y debería encontrarse solamente uno. Se considera dobles a todos los espaciamientos inferiores a 0,5 veces el espaciamiento teórico.

Para la caracterización de la sembradora de chorrillos, se analizó la adaptabilidad de la norma Sembradora en línea (de chorrillo) UNE 68 097 90, a los ensayos a realizar con el equipo disponible. La sembradora utilizada corresponde a una sembradora de chorrillos de dosificación mecánica y transporte neumático de la semilla. Para este tipo de máquina dicha norma no se adecúa en lo absoluto, por lo que se generó un protocolo de ensayo específico.

Con el objetivo de determinar la regularidad del caudal y la precisión de la dosificación para la sembradora de chorrillo se realizó un ensayo estático (con la sembradora estacionaria). Para la evaluación estática de la sembradora de chorrillo se desconectaron los tubos que acarrean semilla de las botas que se ubican en el abre surco y se les colocaron bolsas perforadas que permitiera salir el aire que transporta la semilla y al mismo tiempo colecte las semillas en dicha bolsita. Esto nos permitió poner la máquina en posición de siembra ya que la manera de llevar la semilla al surco es con aire y para ello se debe contar con el ventilador en funcionamiento. Se colectó en dichas mallas la semilla que se sembraría en cada surco y se calculó su uniformidad.

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables, distancia entre plantas, número de granos por vaina, número de vainas por metro, población final y rendimiento, se ajustaron modelos lineales generalizados. Se realizaron los análisis de varianza y los test de separación de medias mediante el test de Tukey-Kramer con una probabilidad de error tipo I de 5%. Los Análisis se realizaron mediante el paquete estadístico SAS V. 9.0 según el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + R_k + (SR)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2$ ;  $j = 1, 2, 3$ ;  $k = 1, 2, 3, 4$ .

$\alpha_i$ : factor principal máquina, 2 niveles.

$\beta_j$ : segundo factor, dosis 3 niveles.

$(\alpha\beta)_{ij}$ : interacción entre los factores.

$R_k$ : bloque, 4 niveles.

$(SR)_{ik}$ : error de parcela principal.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se describe en cuatro ítems: población inicial de plantas lograda, arreglo espacial de las plantas, los componentes del rendimiento y la caracterización de las sembradoras en posición estática.

##### 4.1.1 POBLACIÓN INICIAL

Cuadro 2. Población lograda según máquina y dosis en ensayo de campo a los 33 días de la siembra.

Máquina	Dosis	Población objetivo	Semillas/ha	Semillas viables/ha	Plantas/ha	% de logro
N	alta	282666	392593	376889	287829	76
CH	alta		392593	376889	231086	61
N	media	224000	311111	298667	189967	64
CH	media		311111	298667	174812	59
N	baja	160000	222222	213333	182566	86
CH	baja		222222	213333	159070	75

En el Cuadro 2 se observa que con la siembra neumática se alcanzan porcentajes de logro mayores a los que alcanza la siembra de chorrillo. El porcentaje de logro obtenido se calcula con las plantas por hectárea que se contaron dividido la semillas viables sembradas, estas se calcularon a partir de las población objetivo más el 75% de logro que estime necesario para dicha siembra, descontando el porcentaje de semillas que no son viables (96% de germinación). La siembra de chorrillo no logra concretar las poblaciones objetivo excepto cuando las poblaciones son muy bajas como es el caso de las 160000 plantas por hectárea. Para poblaciones medias y altas logra rescatar aproximadamente un 60% de la población objetivo. La población de plantas obtenida con la siembra neumática alcanza el objetivo para la dosis alta y baja, esto significa sé que logra una mayor densidad de plantas. Para las poblaciones medias aunque no se logró el stand de plantas objetivo en ambas siembras la sembradora neumática fue superior a la de chorrillo.

El análisis de varianza permitió detectar diferencias significativas entre la densidad de plantas lograda en la siembra neumática y la densidad de plantas lograda

con la siembra a chorrillo. El factor dosis de siembra también se mostro altamente significativo, no así la interacción entre ambos factores (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Efectos principales (máquina, dosis e interacción máquina por dosis).

Factor	Pr > F
máquina	0,0351
dosis	<0,0001
maq*dosis	0,343

Cuadro 4. Población a los 33 días de la siembra según método de siembra, densidad de siembra e interacción tipo de siembra por dosis.

Máquina	Dosis	Población	Significancia
N		220121	A
CH		188322	B
--	alta	259457	A
--	media	182390	B
--	baja	170818	B
N	alta	287829	
CH	alta	231086	
N	media	189967	
CH	media	174812	
N	baja	182566	
CH	baja	159070	

La sembradora neumática logró superar en un 17% la densidad de la siembra a chorrillo solo por el efecto de sembrar con métodos diferentes. Observando poblaciones superiores para las dosis altas, intermedias para las dosis medias e inferiores para las dosis más bajas, las diferencias fueron de un 42% superior entre la dosis alta y media, un 6% superior resultó ser la diferencia con la población lograda con las dosis media vs la dosis baja, y se diferenciaron en un 52% cuando comparamos las poblaciones de dosis altas con las bajas. Las diferencias estadísticas se observan entre la densidad con dosis alta y las otras dos, mientras que para las poblaciones de dosis medias y bajas entre ellas no se encuentran diferencias estadísticas significativas (Figura 2).

Como manifestó Ferraris et al. (2004) en su revisión y ensayos, reducciones muy pronunciadas en la densidad provocan mermas en los rendimientos según la distribución de plantas fuera no uniforme o uniforme. Estas diferencias fueron provocadas por

variaciones en la captura de radiación fotosintéticamente activa que a su vez modifica el número de granos fijados (Ferraris et al., 2014).

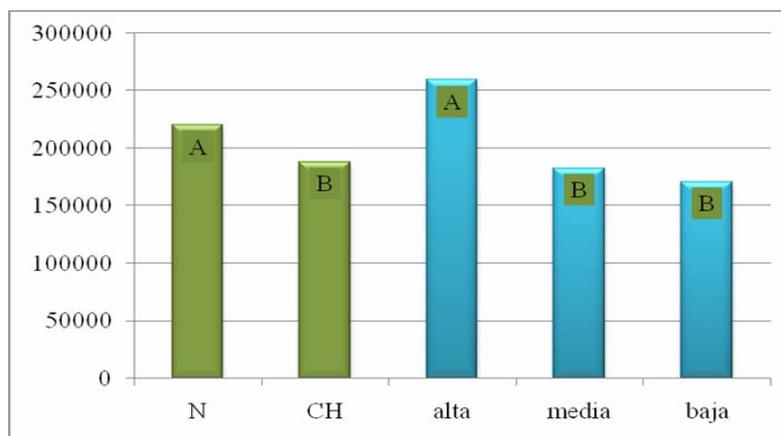


Figura 2. Población a los 33 días según método de siembra y densidad de siembra.

La siembra neumática con la dosis alta registró la mayor población, seguido por la siembra a chorrillo con la dosis alta, sin diferencias estadísticas entre ambas. La siembra neumática con dosis alta se diferencia estadísticamente de las dosis medias y bajas para ambos métodos de siembra. La siembra a chorrillo con dosis alta no se diferenció estadísticamente de las poblaciones sembradas con dosis medias para ambos métodos de siembra y de la población de dosis baja neumática, estas últimas no se diferencian de la siembra a chorrillos con población baja, pero si son diferentes las siembra a chorrillo con dosis alta vs chorrillos con dosis baja (Figura 3).

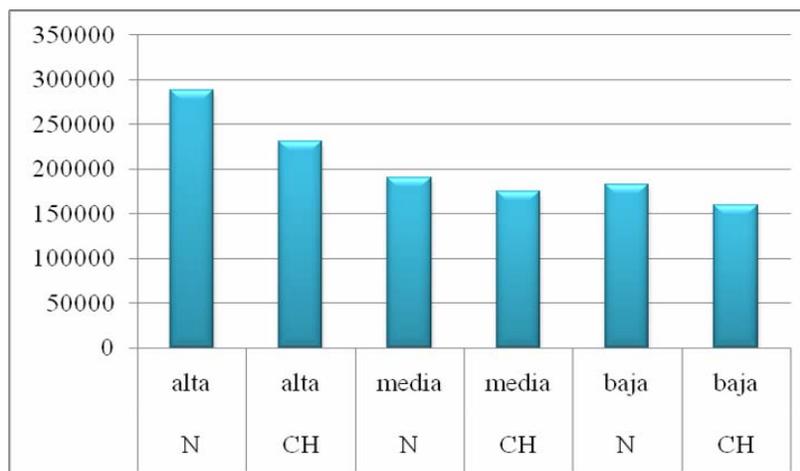


Figura 3. Población a los 33 días de siembra. Interacción entre método de siembra y dosis de siembra.

Los autores referidos anteriormente también exponen que para las condiciones de sus ensayos en buenas condiciones hídricas, la población de plantas establecidas en 3,2 pl/m con espaciamientos de 50 cm sin plantas y 4,2 pl/m en una distribución uniforme, hubiera sido económicamente rentable resembrar (Ferraris et al., 2014)., si bien para el ensayo realizado en este trabajo no se llegó a poblaciones tan bajas, se podría establecer que para la población más bajas los resultados obtenidos son similares, ya que con disminuciones importantes en las plantas por metro se obtienen diferencias significativas.

#### 4.2 DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTAS

En el Cuadro 5 se expresan los valores de los índices de distribución de plantas para el factor dosis.

Cuadro 5. Índices de distribución de plantas para tres dosis de siembra.

Dosis	Coficiente de Precisión	Múltiples	Índice de alimentación	Fallas
Alta	25	36	37	27
Media	27	33	41	26
Baja	29	36	44	21

Cuando se analiza la distribución de plantas según la población lograda a través de las diferentes dosis se observa que la dosis que registró el índice de alimentación menor es la dosis alta, mientras que a menores dosis la cantidad de plantas que caen dentro del rango correcto es mayor, estos valores diferencian en un 10% la dosis alta de la media y un 19% la alta en relación a la dosis baja (Figura 4).

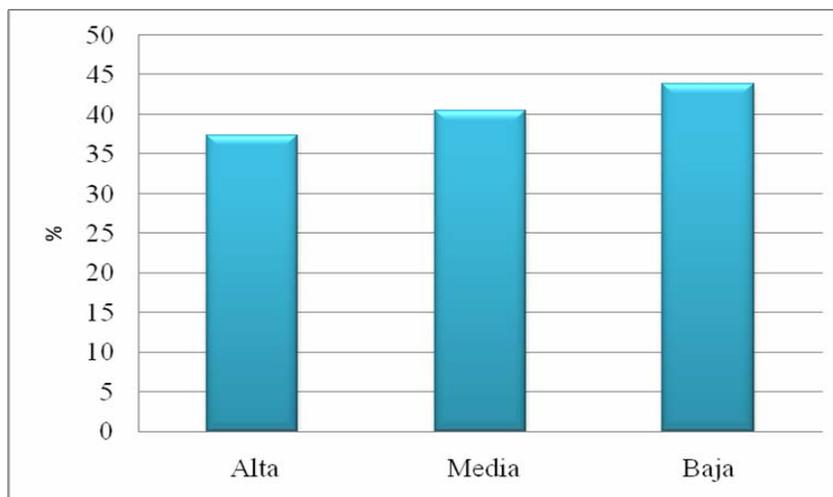


Figura 4. Índice de alimentación según dosis de siembra.

En cuanto a la variabilidad de la distribución que se expresa a través del Coeficiente de Precisión la dosis alta muestra el menor valor aumentando esta variabilidad en términos proporcionales entre la diferentes dosis, a razón de un 8% entre la dosis alta y media y la dosis media versus la baja (Figura 5).

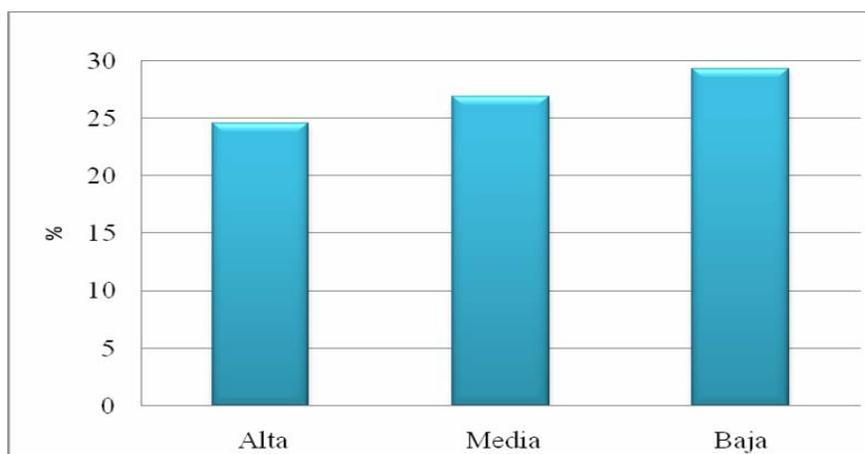


Figura 5. Coeficiente de Precisión según dosis de siembra.

En cuanto a las plantas que se consideran que están a menos distancia de lo que se tomó como aceptable, Múltiples, la dosis media es la que registró el mejor valor superando en un 9% a las dosis alta y baja (Figura 6).

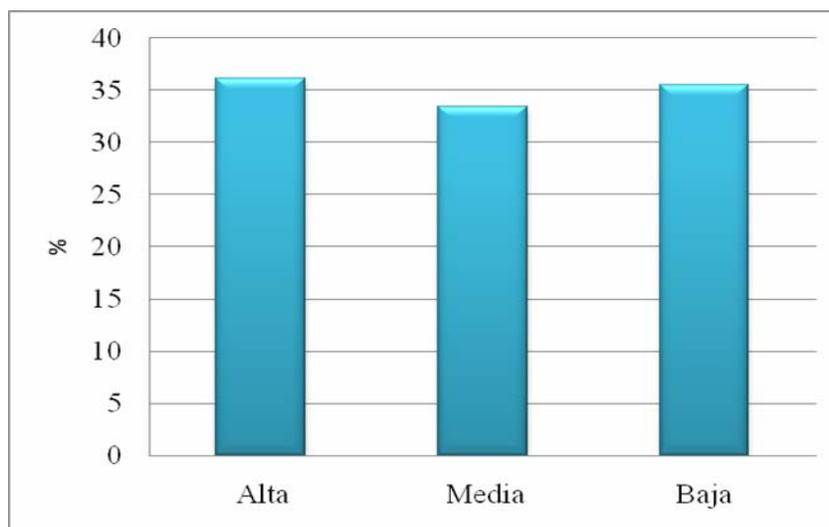


Figura 6. Índice de plantas múltiples según dosis de siembra.

En el caso de las plantas que se encuentran más distantes de lo que se consideró correcto, Fallas, la dosis baja es la que se distribuye con menos espacios sin plantas (Figura 7).

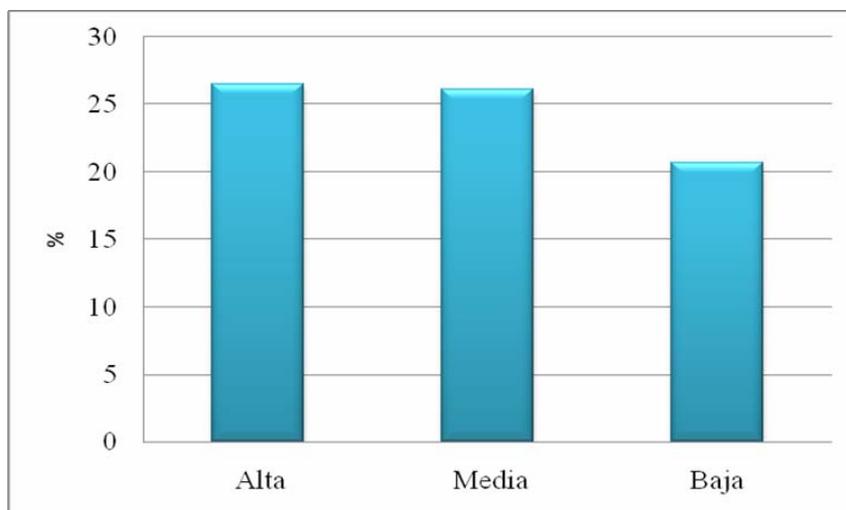


Figura 7. Fallas de plantas según dosis de siembra.

Al analizar las dosis sin tener en cuenta cual fue el método de siembra es difícil saber cuánto de la variabilidad se debe a la distribución y cuánto de esa variabilidad está relacionada con que con menos semillas la posibilidad de que se distribuyan correctamente aumenta debido a que la distancia entre semillas a dosis baja es mayor, porque la unidad de medida “entra” más veces en la dosis baja que en la alta.

Cuadro 6. Índices de distribución de plantas para método de siembra.

Máquina	Coef Precisión	Múltiples	Índice de alimentación	Fallas
N	26	30	51	19
CH	28	40	30	30

Los índices para los métodos de siembra analizados y en este caso sin considerar la dosis, muestran que para la siembra neumática son mejores que para la siembra de chorrillo. En términos absolutos el Índice de alimentación es el indicador que más se diferencia entre ambos maquinas. Además la variación de dicho indicador es mayor para el método de siembra menos preciso, como lo es la siembra de chorrillo. En cuanto a las Fallas y las Múltiples mantienen una diferencia similar, también obteniendo mejor performance la siembra neumática (Cuadro 6, Figura 8).

Si observamos los efectos de la dosis y el método de siembra, vemos que la mayor diferencia surge entre métodos de siembra y se marca la superioridad de la neumática, frente a las diferencias que surgen del efecto dosis. Esto nos hace pensar que la superioridad de la sembradora neumática está fuertemente determinada por el sistema de dosificación de precisión. Los resultados, sin embargo, deben ser tomados con cierta cautela, debido a que puede haber algunos efectos enmascarados atribuibles a los trenes de siembra diferentes de ambos equipos.

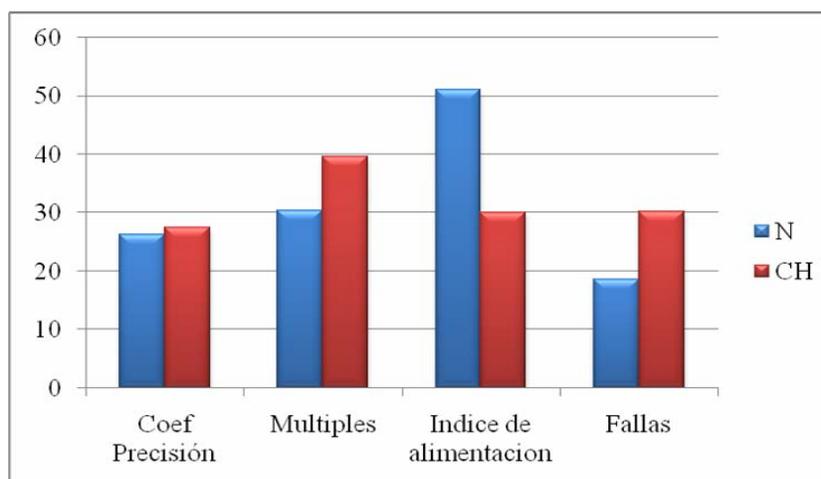


Figura 8. Índices de distribución de plantas para método de siembra.

En el Cuadro 7 se presentan los índices ya mencionados para la siembra con distribución neumática y de chorrillo.

Cuadro 7. Índices de distribución de plantas.

Máquina	Dosis	Coef Precisión	Múltiples	Índice de alimentación	Fallas
N	Alta	24	33	47	20
	Media	27	26	52	23
	Baja	28	32	54	13
CH	Alta	25	39	28	33
	Media	27	41	29	30
	Baja	30	39	33	28

Para la sembradora de chorrillos el Índice de alimentación es menor para las tres dosis evaluadas (Figura 9).

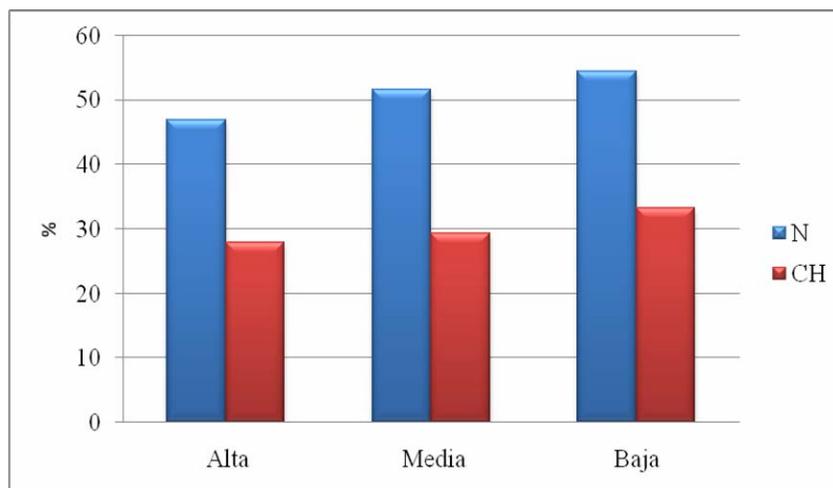


Figura 9. Índice de alimentación para las dosis alta, media y baja según método de siembra (neumática (N) o Chorrillo(CH)).

El coeficiente de Precisión fue similar para ambos métodos, cercano al 30%. En cuanto al porcentaje de plantas Múltiples y fallas los resultados se corresponden con lo que se espera de cada método de siembra. Son mayores para la siembra de chorrillos debido a la forma de dosificación que se realiza mediante un rodillo acanalado (Figuras 10 y 11). Ferraris y sus colaboradores han manifestado en sus revisiones que, la soja es un cultivo capaz de compensar variaciones en un rango amplio de densidades de siembra sin afectar sus rendimientos. Esto permite a los productores lograr buenos cultivos aun ante fallas considerables en la emergencia (Ferraris et al., 2014).

Mientras que Bacigaluppo et al. (2011), concluye en sus trabajos que un menor espaciamiento permite aprovechar más eficientemente los recursos disponibles a través de un mayor IAF en R2-R5 y acumulación de materia seca en R5, las condiciones ambientales adversas previas o posteriores a R5 pueden anular las ventajas mencionadas. Mientras que en condiciones ambientales menos limitantes, como es el caso de lo ocurrido en este trabajo, coincidente con la referencia citada, el impacto del espaciamiento es menos importante frente a otras variables.

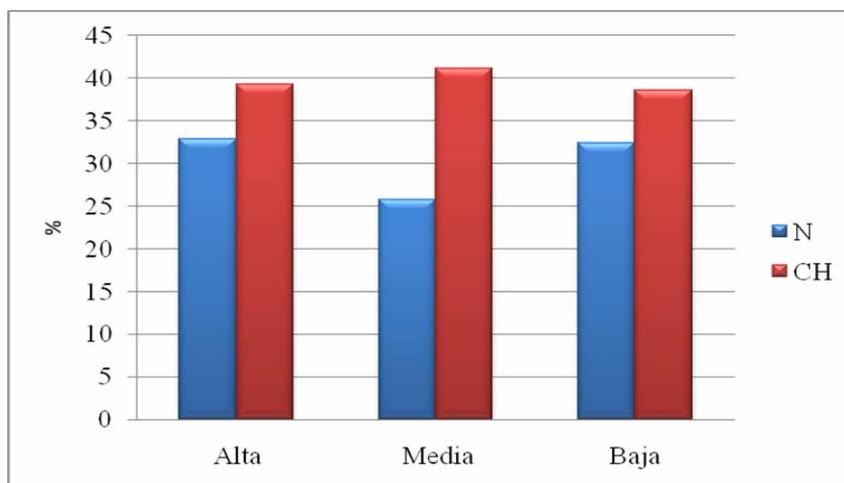


Figura 10. Índice de plantas Múltiples para las dosis alta, media y baja según método de siembra (neumática (N) o Chorrillo (CH)).

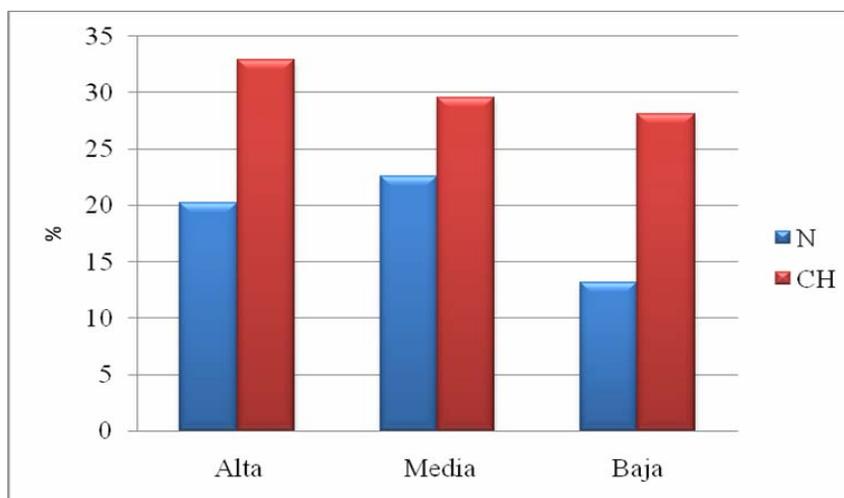


Figura 11. Índice de Fallas para las dosis alta, media y baja según método de siembra (neumática o chorrillo).

#### 4.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Para el número de vainas por metro no se observaron diferencias significativas para los dos métodos de siembra y las tres dosis evaluadas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto del número de vainas por metro.

efecto	Pr > F
máquina	0,4995
Dosis	0,0646
maq*dosis	0,4612

Cuadro 9. Número de vainas por metro lineal.

Máquina	Dosis	Vainas
N		508
CH		485
--	Alta	554
--	media	476
	Baja	460
N	Alta	574
CH	Alta	533
N	media	460
CH	media	491
N	Baja	489
CH	Baja	431

Se puede ver una aproximación a los valores de significancia del efecto de la dosis de semilla sobre el número de chauchas, este valor es de 0,0646. También se encontró aunque sin diferencias estadísticas, como se señaló anteriormente, el mismo orden, primero la siembra neumática seguida de la siembra a chorrillo, y las dosis se ordenaron primero alta, luego media y por último la dosis baja. En cuanto al orden de la interacción entre dosis por máquina fue el mismo que el observado en la variable anterior (Cuadro 9).

Para la siembra neumática y la dosis alta los casos donde el número de vainas supera la 500 vainas por metro, mientras que las restantes están por debajo de dicho valor (Figura 12).

Los valores absolutos mayores (aunque sin diferencias significativas) son para las dosis altas con la sembradora neumática y la sembradora de chorrillo. En esta figura también se ve como dosis bajas con la sembradora neumática logra valores de número de vainas similares que dosis medias con la sembradora de chorrillo (Figura 13).

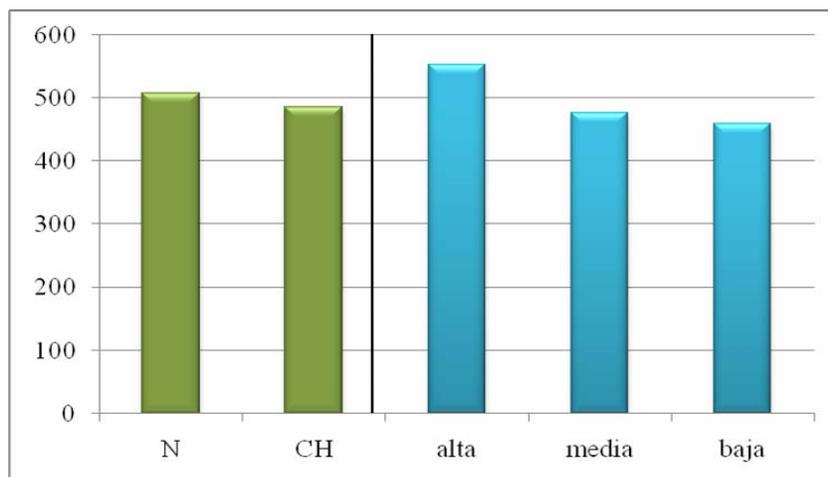


Figura 12. Número de vainas según método de siembra y dosis de siembra.

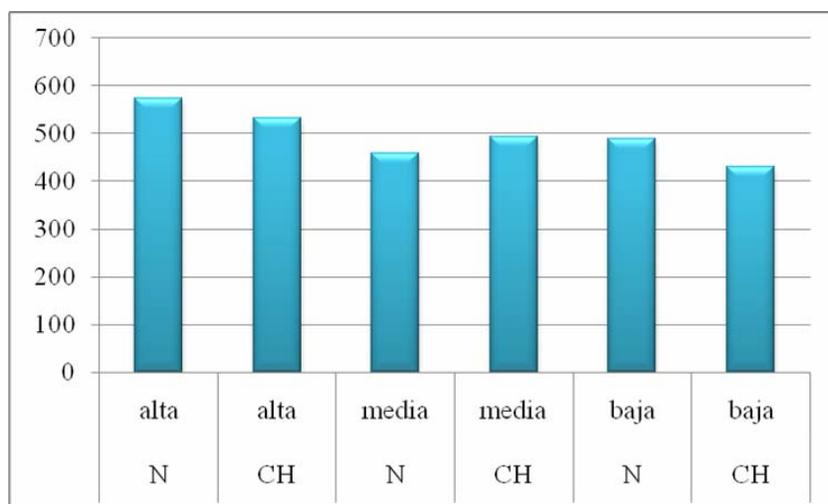


Figura 13. Interacción entre método de siembra y dosis de siembra.

Para el número de grano por metro el análisis de varianza no permitió observar diferencias significativas, pero si se observa la misma tendencia y ordenamiento que para la variable anterior (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza del número de granos.

efecto	Pr > F
máquina	0,5446
dosis	0,0928
maq*dosis	0,517

Cuadro 11. Número de granos por metro lineal de surco.

Máquina	Dosis	Granos/m
N		977,26
CH		936,2
--	alta	1065,23
--	media	913,43
--	baja	891,52
N	alta	1095,03
CH	alta	1035,44
N	media	883,78
CH	media	943,08
N	baja	952,97
CH	baja	830,08

En el Cuadro 11 se observa como el valor que supera los mil granos es para la dosis alta y en la interacción entre tipo de siembra y dosis también es para la dosis alta el caso donde supera los mil granos.

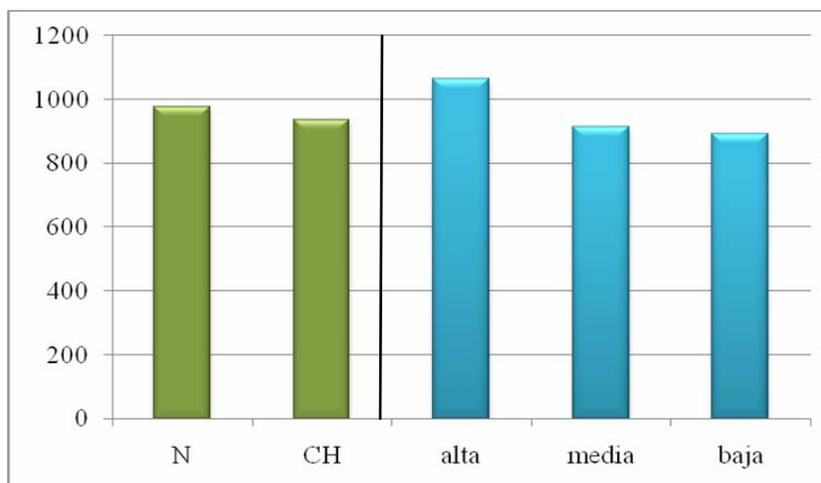


Figura 14. Número de granos por metro según método de siembra y número de grano según dosis de siembra.

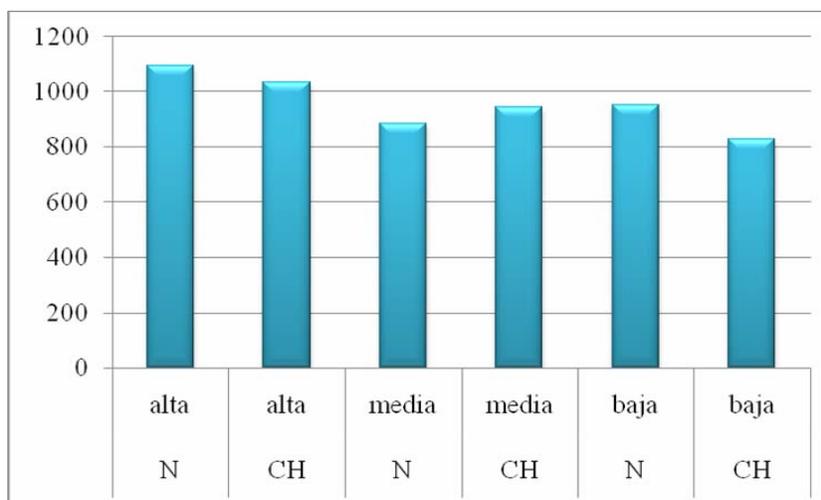


Figura 15. Número de granos por metro. Interacción de número de granos con tipo de siembra por dosis de siembra.

La variable granos por vaina no mostró diferencias significativas. El orden que surge de los dos métodos de siembra y las dosis es el mismo que se observó en las variables antes descritas, pero las diferencias son menos evidentes (Cuadro 12 y 13).

Cuadro 12. Análisis de varianza del efecto granos por vainas.

efecto	Pr > F
máquina	0,7197
Dosis	0,895
maq*dosis	0,6496

Cuadro 13. Número de granos por vaina.

Máquina	Dosis	Gran/vaina
N		1,9369
CH		1,9266
--	Alta	1,9323
--	Media	1,9235
	Baja	1,9393
N	Alta	1,9228
CH	Alta	1,9419
N	Media	1,9266
CH	Media	1,9205
N	Baja	1,9613
CH	Baja	1,9174

En granos por vaina para los dos métodos de siembra y para las tres dosis utilizadas es donde se ve menos variación en los datos obtenidos.

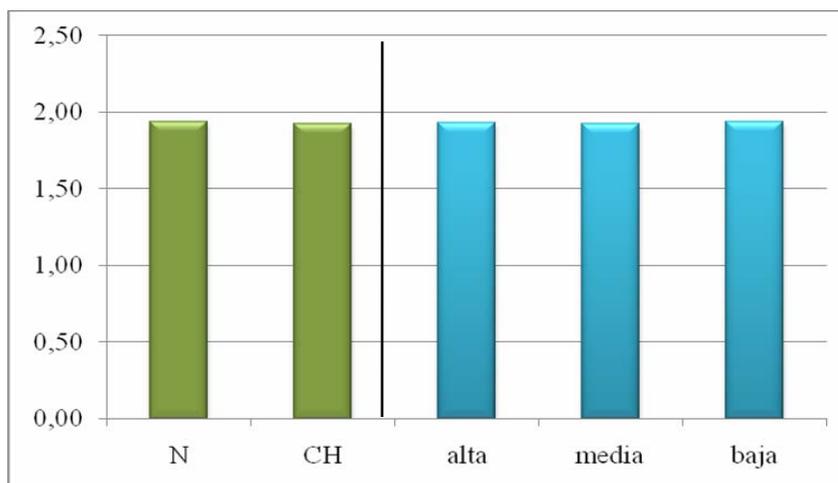


Figura 16. Número de granos por vainas según metodo de seimbra y según dosis de siembra.

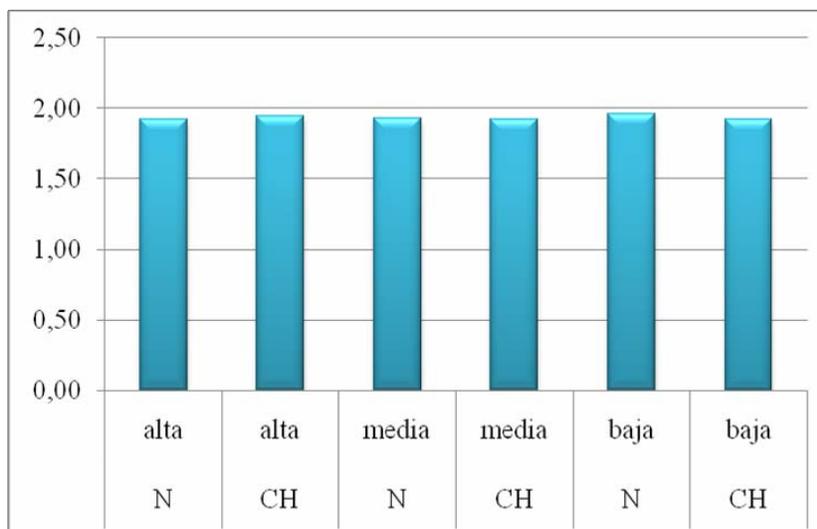


Figura 17. Número de granos por vainas según método de siembra por dosis.

El análisis de varianza para la variable rendimiento no mostró efectos significativos entre los diferentes tratamientos (Cuadro 14). Aunque la dosis y las máquinas se ordenan de la misma manera que otras de las variables calculadas para los componentes de rendimiento como son número de granos, número de vainas y granos por vaina tampoco muestran significancia.

Cuadro 14. Análisis de varianza de la variable rendimiento.

efecto	Pr > F
máquina	0,5445
dosis	0,0928
maq*dosis	0,517

Cuadro 15. Rendimiento del cultivo.

Máquina	Dosis	Rinde
N		3498
CH		3351
--	alta	3812
--	media	3269
	baja	3191
N	alta	3919
CH	alta	3706
N	media	3163
CH	media	3375
N	baja	3411
CH	baja	2971

Como ya se expresó no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento. Aunque si se observan una tendencia interesante entre el rendimiento de la dosis alta con el rendimiento observado de la dosis media. La interacción, sin diferencias significativas, muestra tendencias de interés con respecto a la comparación de la siembra neumática con la dosis alta versus el método de siembra de chorrillo con la misma dosis. Dichos valores son de mayor magnitud si comparamos los antes mencionados con los de dosis medias y bajas. El método de siembra a chorrillo con la dosis baja fue el que obtuvo el menor rendimiento (Cuadro 15).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Board, donde estudiando poblaciones altas, medias y bajas durante etapas vegetativas y reproductivas, expresan que el rendimiento se ve afectado por la población de plantas (Board, 2000).

Estos datos coinciden también con lo expresado por Méndez et al. (2014), que han evaluado las respuesta en rendimiento del cultivo de soja a la siembra en surcos apareados sin encontrar diferencias significativas.

Como se observa en la Figuras 18 y 19 el orden de las barras es el mismo que se expresó para los otros componentes del rendimiento tanto cuando se expresa el método de siembra por separado de las diferentes dosis, como cuando se describe la interacción entre método de siembra por dosis sembrada.

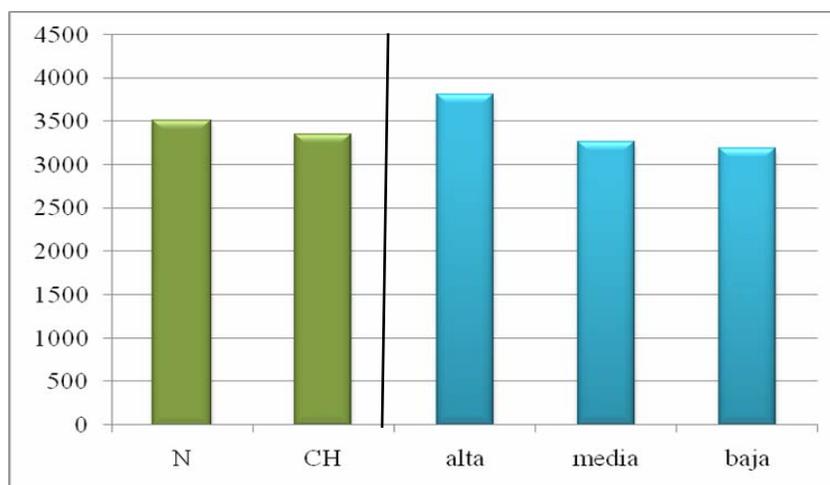


Figura 18. Rendimiento por hectarea según metodo de seimbra y según dosis de siembra.

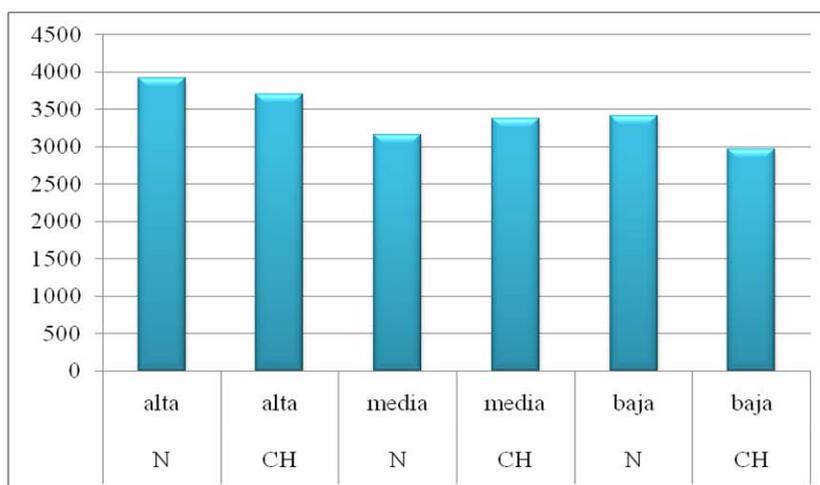


Figura 19. Interaccion del rendimiento entre metodo de siembra y dosis de siembra.

Los ensayos de Lone y sus colaboradores evalúan el efecto de la densidad de siembra, espaciamento entre filas y fertilidad en soja bajo condiciones templadas. Parte de sus ensayos coinciden con lo evaluado en este trabajo, ya que la dosis que ellos

obtuvieron el mejor resultado es la dosis alta de este trabajo, la que coincidiendo con Lone, es la que mostró mejor performance (Lone et al., 2010).

En muestras evaluaciones según manifiestan los datos la mejor densidad de siembra se obtuvo con la maquina neumática, logrando mayor población, mejor distribución de semilla y logra implantar la población deseada. Mientras que el rendimiento tiende a ser mejor con la dosis alta y la sembradora neumática frente a las dosis medias y bajas.

#### 4.4 DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS SEMBRADORAS

##### 4.4.1 Sembradora de chorrillos

La sembradora de chorrillo en la prueba estática dio un promedio de 138 gramos por surco, con un desvío estándar de 24 gramos y un coeficiente de variación del 17%. Al colocar los datos en forma de frecuencia, cuanto se desvían del valor de la media como se observa en la Figura 15 se ve que los mayores desvíos se encuentran en torno a los surcos que no se registraron datos (surcos números 18 y 23). Estos surcos se taparon y no dosificaron semilla por dicho motivo no se encuentran los datos. Otro aspecto a destacar es el número de surcos que dosifican con un desvío mayor al 10%, si bien este valor es arbitrario, podría adoptarse como un valor límite para la regulación de la máquina permitiendo que no mas del 10% de los surcos dosifiquen una dosis con un desvío superior al 10% de los kilos.

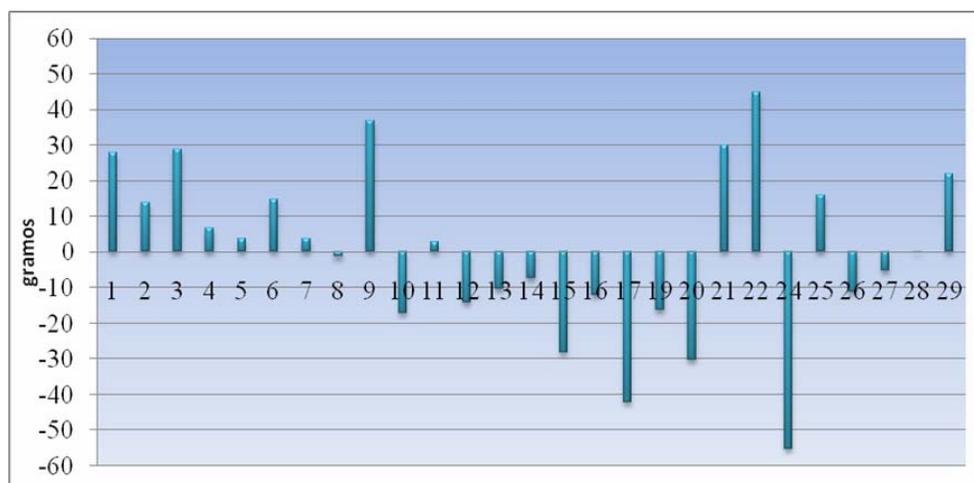


Figura 20. Semilla dosificada por surco (desvío sobre el valor medio). Sembradora de chorrillo.

Para comparar los resultados obtenidos con ambas sembradoras hay que tener en cuenta que la sembradora de chorrillo da los datos en función de un volumen de semillas a sembrar, es decir que las variaciones son relativas a la cantidad de semillas que dosifica, y no podemos inferir como van a ser distribuidas en el espacio, mientras que la sembradora neumática nos brinda información de la cantidad de semilla que dosifica por metro y de su arreglo en el espacio. Dicho esto, se podría usar el coeficiente de variación de la sembradora de chorrillo (17%) para compararlo con el coeficiente de variación de las semillas por metro de los seis surcos de la sembradora neumática, este último también es de 17%.

#### 4.4.2 Sembradora de precisión

En cuanto a la sembradora neumática como se ve en el Cuadro 16 los resultados de la evaluación estática indican una gran variabilidad entre los diferentes surcos evaluados.

Cuadro 16. Índices de distribución de semillas para seis surcos de la sembradora neumática a dosis alta.

Surcos	Índice de alimentación %	% Fallas	% Múltiples	Coef Precisión	Sem/m
1	54	6	40	24	12,0
2	36	20	44	18	12,5
3	54	12	34	24	10,3
4	56	5	39	23	14,8
5	43	10	47	26	15,0
6	53	13	35	27	10,0
Promedio	49	11	40	24	12

El número de plantas deseada por metro era 11 (Cuadro 1). Se observa que la sembradora neumática tiende a obtener el número de plantas por metro lineal deseado. Sin embargo, aparecen valores por exceso en algunos surcos y sobretodo la distribución visto el número de fallas y múltiples demuestra poca precisión.

En el Cuadro 17 se analiza los índices ya mencionados para la siembra con distribución neumática y se los compara con la misma siembra en posición estática para la dosis alta. Y por otro lado se analiza la distribución de la siembra de distribución a

chorrillos. Para la máquina con dosificación de chorrillos y distribución neumática (araña) no nos permite comparar la distribución de plantas con los datos de la prueba estática, pero si es posible establecer diferencias o similitudes en la siembra de parcelas para las tres dosis en los dos métodos de siembra.

Cuadro 17. Índices de distribución de plantas sembradas y semillas sembradas con el método de distribución neumática para la dosis de siembra alta.

Máquina	Dosis	Coef Precisión	Múltiples	Índice de alimentación	Fallas
N	Alta en parcela	24	33	47	20
N	Alta ensayo	24	40	49	11

Se podría pensar que la máquina en posición estática (ensayo en lona engrasada) lograra mejores resultados que los obtenidos en la parcela, o que si estos no son diferentes, la máquina tiene una regularidad en la siembra que sería muy conveniente. Cuando analizamos la máquina en posición estática lo que estamos midiendo son semillas, mientras que cuando se analizan los índices de las parcelas lo que estamos contando son las plantas nacidas a los 33 días de la siembra. De modo que si los índices muestran valores y se distribuyen similares podríamos decir que se cumplen los objetivos para una buena siembra. El índice de alimentación nos muestra que para la dosis alta no hay diferencias entre las parcelas y la prueba estática, 47 y 49% respectivamente. Logrando que una mayor proporción de plantas se ubiquen correctamente para las dosis media y baja, 52 y 54% respectivamente. La variabilidad (Coeficiente de Precisión) tiene el mismo valor cuando la máquina siembra en posición estática que cuando lo hace en la parcela para la misma dosis. En cuanto al porcentaje de Fallas si se diferencia, la prueba estática obtiene la mitad de fallas de semillas que la plantas en parcelas a la misma dosis. Esta diferencia se debe a que en el ensayo de prueba una falla está explicada por la ausencia de una semilla o por el arreglo espacial entre estas, mientras que los motivos que pueden explicar una fallas de plantas no solo son la distribución y el arreglo espacial sino que también una semilla que no nace porque quedo sin tapar o por otras razones propias de la semilla por ejemplo germinación, daño luego de nacida y no de la siembra propiamente dicha. En cuanto al porcentaje de Múltiples se muestra un aumento de estos en la prueba con semillas. Dicho de otro modo: el menor porcentaje de plantas múltiples en las parcelas se explica por semillas que no se concretan en plantas, pero causas de muerte de semillas.

## 5. CONCLUSIONES

**ESPACIAMIENTO ENTRE PLANTAS:** La distribución de plantas, medido a través del índice de alimentación, coeficiente de precisión, múltiples y fallas obtenidos por la sembradora neumática fue superior a la obtenida con la sembradora de chorrillo.

**VARIABILIDAD DE DESCARGA ENTRE SEMILLAS:** Tanto la sembradora neumática como la de chorrillos presentaron alta variabilidad de descarga de semillas entre líneas.

**DENSIDAD:** Se detectaron diferencias significativas en densidad de plantas por efecto de la dosis de siembra y el tipo de sembradora empleada. La sembradora neumática obtuvo mayor densidad de plantas que la sembradora de chorrillo independientemente de la dosis utilizada.

La **DOSIS** de siembra alta, determinó la mayor densidad de plantas. No se apreciaron diferencias significativas entre la dosis de siembra media y baja.

**RENDIMIENTO:** No se obtuvieron diferencias significativas de rendimiento entre la sembradora neumática y la de chorrillo. Se observó una tendencia a obtener mayores rendimientos con la sembradora neumática y mayor rendimiento con la dosis alta en comparación con las dosis media y baja.

## 6. RESUMEN

La importancia del cultivo de soja trae consigo la incorporación de nuevas tecnologías. Entre otras mejoras la incorporación de maquinaria de mayor precisión y rendimiento ha sido uno de los esfuerzos realizados por los productores para mejorar la productividad de su negocio. Con el objetivo de establecer si hay diferencias entre dos tipos de siembra y tres dosis, se evaluó una sembradora con dosificación neumática por vacío y una sembradora de dosificación a chorrillo con distribución neumática con tres niveles de densidad: alta, media y baja. Se realizaron dos tipos de ensayos: un ensayo de laboratorio y otro ensayo a campo. En las pruebas de laboratorio se estudió la distribución de semillas según la norma Española: “Sembradora Mono Grano” UNE 68 081 88 y se adaptó la norma “Sembradora en línea” (de chorrillo) UNE 68 097 90 a las condiciones de este ensayo. En el primer caso el distanciamiento entre semillas fue evaluado a través del índice de precisión, coeficiente de precisión, fallas y múltiples. En los ensayos de campo se midió: población obtenida, número de vainas, número de granos por metro de surco, número de granos por vaina y rendimiento. En este ensayo de campo también se evaluó el distanciamiento logrado entre plantas, utilizando la misma metodología que en el ensayo de laboratorio. El espaciado entre semillas obtenido con la sembradora neumática presentó un porcentaje de fallas del 11%. En la sembradora de chorrillo se observó alta variabilidad de la descarga entre las distintas líneas de siembra. En el ensayo de campo la sembradora neumática fue superior a la sembradora de chorrillo en cuanto a su distribución de plantas medido a través de los índices mencionados. La densidad obtenida con la sembradora neumática fue mayor que la obtenida con la sembradora de chorrillos. Se observó una tendencia a mayor rendimiento con la dosis de siembra mayor. No se observaron diferencias de rendimiento entre las dos máquinas ensayadas.

Palabras clave: Soja; Sembradora neumática; Sembradora de chorrillo.

## 7. SUMMARY

The importance of soybean implies the incorporation of new technologies. Among other improvements, machinery incorporating greater precision and performance has been one of the efforts made by producers to improve productivity. In order to improve the knowledge about sowing methods, a pneumatic precision planter and a volumetric drill, and three seed rates were evaluated: A laboratory test and a field test were performed. In laboratory tests seed distribution was studied according to Standard protocols "Sembradora monograno" UNE 68 081 88 and "Sembradora en línea (de chorrillo)" UNE 68 097 90 adapted to the conditions of this test. In the first case the distance between seeds was evaluated through the precision index, accuracy coefficient, and multiple and failures indexes. In field trials, data about population, number of pods, number of grains per row, number of grains per pod were obtained. In the field trial distances between plants was also evaluated using the same methodology as in the laboratory test. The spacing between seeds obtained with the pneumatic drill presented a failure rate of 11%. The volumetric drill showed high variability of seed rate between rows. In the field trial overall behaviour of the pneumatic drill was higher than volumetric drill. The plant density obtained with the pneumatic precision drill was higher than that obtained with the volumetric drill. A trend toward increased grain productivity with higher seed rates were observed. No statistical differences in grain yield between the two seeders were observed.

Keywords: Soybean; Precision seeder; Volumetric seeder.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación, ES). 1988. UNE 68-081-88. Maquinaria para siembra – sembradoras monograno; métodos de ensayo. Madrid. 18 p.
2. \_\_\_\_\_. 1990. UNE 68-097-90. Material para siembra; sembradoras en línea (de chorrillo). Métodos de ensayo. Madrid. 16 p.
3. Bacigaluppo, S.; Enrico, J. M.; Martignone, R. A.; Bordrero, J. M. C. 2011. Respuesta al espaciamiento en hileras en soja; rendimientos y sus componentes. (en línea). INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción. 46:53. Consultado 24 mar. 2014. Disponible en <http://www.inta.gob.ar/.../respuesta-al-espaciamiento-entre-hileras-en-soja>.
4. Board, J. 2000, Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. Crop Science 40(5): 1285-1294.
5. Ferraris, G.; González, N.; Rivoltella, A. 2014. Densidades y distribución de plantas en soja; en qué casos conviene resembrar? (en línea). Pergamino, El sitio agrícola.com. 1 p. Consultado 19 mar. 2014. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com>
6. Méndez, A.; Scaramuzza, F.; Velez, J. P.; Villaroel, D. 2014. Evaluación de la respuesta en rendimiento del cultivo de soja a la siembra en surcos apareados. (en línea). Córdoba, INTA Manfredi. 6 p. Consultado 19 mar. 2014. Disponible en <http://inta.gob.ar/.../evaluación-de-la-respuesta-en-rendimiento-del-cultivo-de-soja-a-la-siembra-en-surcos-apareados>.
7. Lone, B. A.; Hassan, B.; Ansar-ul-haq, S.; Khan, M. H. 2010. Effect of seed rate, row spacing and fertility levels on relative economics of soybean (*Glycine max. L.*) under temperate conditions (en línea). African Journal of Agricultural Research. 5(5): 322-324. Consultado 19 mar 2014. Disponible en <http://www.academicjournals.org/AJAR>
8. Redes. 2012. Impacto del cultivo de soja en Uruguay; cambios en el manejo de la tierra y el uso de los agroquímicos. (en línea). Montevideo. p.3.

Consultado 19 mar. 2014. Disponible en <http://www.redes.org.uy/.../Impactos-del-cultivo-de-soja-en-Uruguay.pdf>