



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

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

Modalidad: Proyecto

**Efecto de dosificadores y velocidad de siembra en la
distribución espacial del cultivo de soja (*Glycine max L.*)**

MATTIO, ALEJANDRO

DNI: 35.471.484

Director: Ing. Agr. Ricardo R. Mattana DNI: 10.054.346

Codirector: Ing. Agr. Roberto Del Castagner DNI: 22.704.379

Río Cuarto - Córdoba

Agosto 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Efecto de dosificadores y velocidad de siembra en la distribución espacial del cultivo de soja.

Autor: Mattio, Alejandro

DNI: 35.471.484

Director: Mattana, Ricardo R.

Co-Director: Del Castagner, Roberto

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

Ing. Agr. Guillermo Cerioni: _____

Ing. Agr. Oscar Giayetto: _____

Ing. Agr. Ricardo R. Mattana: _____

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

Secretario Académico

ÍNDICE

	Página
Resumen.....	V
Summary.....	VI
Introducción.....	1
Hipótesis.....	3
Objetivos.....	3
Materiales y Métodos.....	4
Resultados.....	11
Discusión.....	23
Conclusión.....	26
Bibliografía.....	27
Anexos.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Uniformidad de distribución de la semilla registrada en el banco de ensayo.	11
Tabla 2: Uniformidad de distribución de la semilla registrada a campo.	16
Tabla 3: Rendimiento medio de granos (kg/ha) registrado a campo.	21
Tabla 4: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el distanciamiento entre semillas en el banco de ensayos.	29
Tabla 5: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el Desvío Estándar promedio en el banco de ensayos.	29
Tabla 6: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos considerados Fallas, Duplicaciones y Correctos en el banco de ensayos.	30
Tabla 7: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos en el intervalo $X \pm 4$ cm en el banco de ensayos.	32
Tabla 8: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el distanciamiento entre semillas a campo.	32
Tabla 9: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el Desvío Estándar promedio a campo.	33
Tabla 10: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos considerados Fallas, Duplicaciones y Correctos a campo.	34
Tabla 11: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos en el intervalo $X \pm 4$ cm a campo.	36
Tabla 12: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el rendimiento de granos.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Banco de ensayo estático de sembradoras construido en la Cátedra de Maquinaria Agrícola de la UNRC.	5
Figura 2: Diseño de parcelas en franja utilizado en el ensayo.	6
Figura 3: Sembradora de siembra directa provista de dosificador de semillas neumático tipo Agrometal utilizada en el ensayo.	7
Figura 4: Sembradora de siembra directa provista de dosificador de semillas mecánico de placa horizontal tipo Agrometal utilizada en el ensayo.	8
Figura 5: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el desvío estándar promedio de la distancia entre semillas en el banco de ensayo.	12
Figura 6: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones de la distancia entre semillas en el banco de ensayo.	14
Figura 7: Tipo de dosificador y la velocidad de avance en el porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm de la distancia entre semillas en el banco de ensayo.	15
Figura 8: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el distanciamiento medio entre semillas a campo.	17
Figura 9: Influencia de los diferentes tratamientos en el desvío estándar promedio de la distancia entre semillas a campo.	18
Figura 10: Influencia de los diferentes tratamientos en el porcentaje de datos considerados correctos respecto a la distancia entre semillas a campo.	19
Figura 11: Influencia de los diferentes tratamientos en el porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm de la distancia entre semillas a campo.	20
Figura 12: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el rendimiento medio de granos (kg/ha).	22

RESUMEN

En el sistema agrícola existen factores naturales, aleatorios y de manejo que afectan la calidad de distribución de la semilla generando variabilidad, dentro de los últimos se encuentra la tarea de siembra del cultivo. Los principales parámetros de diseño y regulación de la sembradora que afecta la calidad de la siembra son: el mecanismo dosificador y la velocidad de avance. El objetivo del presente trabajo es comparar las performances de un dosificador neumático y otro mecánico a distintas velocidades de siembra con semillas de soja en laboratorio y a campo, en relación a la uniformidad de distribución espacial de la semilla y el rendimiento de granos. Para ello se realizó un ensayo en el campus de la UNRC con un diseño de parcelas en franja con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Los datos de distanciamiento obtenidos en el ensayo se analizaron mediante diferentes parámetros de medición (Media, SD, % datos correctos y en el intervalo $X \pm 4$ cm). Además se realizó para cada parámetro y el rendimiento, el ANAVA correspondiente y el test de comparación de medias de Tukey mediante el programa Info-Stat.

En laboratorio los resultados muestran la falta de interacción entre los factores en estudio para el distanciamiento de semillas, donde tampoco hubo efectos del dosificador y la velocidad. De acuerdo a las condiciones de trabajo más controladas en laboratorio sumado a la falta de interacción mencionada, en los otros parámetros, se comparó el efecto de los factores por separado donde el dosificador neumático presentó el mejor comportamiento en todas las variables de medición. Por su parte, para la velocidad solo se observó efecto en el % de datos correctos y datos en el intervalo $X \pm 4$ cm, donde el mejor desempeño se observó a los 7 km/h para el primero y 7 y 9 km/h para dicho intervalo. En el ensayo a campo tampoco se encontró interacción para el distanciamiento medio, pero si presentó efecto el tipo de dosificador a favor del mecánico. Para el índice de dispersión y el % de datos correctos se encontró interacción entre los factores presentando la combinación sembradora mecánica a 7 km/h el mejor desempeño, en cambio, para los datos en el intervalo $X \pm 4$ cm se encontró interacción a favor de los tratamientos mecánicos sin diferencias entre ellos. Con respecto al rendimiento de granos el mejor comportamiento se observó con la sembradora mecánica, sin efecto significativo para la velocidad.

En relación a los resultados explicados para la distribución espacial de las semillas, podemos concluir para el banco de ensayo que el dosificador neumático y la velocidad de avance de 7 km/h presentó el mejor desempeño, mientras que a campo el dosificador mecánico y el tratamiento realizado con éste a 7 km/h arrojó los mejores resultados.

Palabras claves: dosificador, neumático, mecánico, velocidad, uniformidad, soja.

SUMMARY

In the agricultural system there are natural, random and management factors affecting the quality of seed distribution variability generated within the last crop establishment is located. The main design parameters and regulation affecting the quality seeder sowing are: the metering mechanism and the feed rate. The aim of this study is to compare the performances of a pneumatic dispenser and other mechanical at different speeds planting soybeans with laboratory and field in relation to the uniformity of spatial distribution of seed and grain yield. The experiment was conducted on the campus of the UNRC with strip plots design with 6 treatments and 4 repetitions performed. Distance data obtained from the test were analyzed by measuring various parameters (average, SD, % correct data and in the range $X \pm 4$ cm). In addition it was performed for each parameter and the corresponding ANAVA performance comparison test and Tukey through the program Info-Stat.

Laboratory results show the lack of interaction between the factors studied in the spacing of seeds, where there were no effects of the dispenser and speed. According to working conditions more controlled laboratory together with the lack of interaction mentioned in the other measurement parameters, the effect of the factors separately from your dispenser tire showed the best performance in all measurement variables compared. Meanwhile for speed only effect was observed in the% of correct data and data in the range $X \pm 4$ cm, where the best performance was observed at 7 km / h for the first and 7 and 9 km / h for said interval. In the field trial nor for the middle distance interaction was found, but if presented the type of dosing for the mechanical effect. To the dispersion index and the% of correct data interaction was found between factors presenting mechanical seed drill combination to 7 km / h the best performance, in contrast to the data in the range $X \pm 4$ cm interaction was found in favor of the mechanical treatments without differences between them. With regard to grain yield the best performance was observed with the mechanical seeder without significant effect on speed.

In relation to the results explained to the spatial distribution of seeds, we can conclude to the test bench the pneumatic dispenser and the forward speed of 7 km / h showed the best performance, while field mechanical dosing and treatment it carried with it a 7 km / h gave the best results.

Keywords: dispenser, pneumatic, mechanical, speed, uniformity, soybean.

INTRODUCCIÓN

La siembra de soja presenta un abanico de situaciones donde la sembradora debe desempeñar eficientemente las funciones de dosificar y distribuir las semillas en condiciones de siembra no siempre apropiadas, que surgen del cultivo antecesor, tipo, distribución y cantidad de cobertura presente, estado del suelo y los posibles laboreos previos (Speranza y Bongiovanni, 2007). La función de dosificación procura la entrega de semilla con exactitud, uniformidad y sin provocarle daño (Barañaño, 1995), mientras que la distribución consiste en ubicar la semilla en el terreno según una disposición determinada, contemplando el mantenimiento de la equidistancia y la profundidad de siembra (Colombino *et al.*, 1989).

En el sistema agrícola existen factores determinantes que afectan la calidad de distribución de la semilla generando variabilidad, los mismos son de tres clases: naturales, aleatorios y de manejo. En esta última se encuentra la tarea de siembra del cultivo (Hatfield, 2000). Según Staggenborg *et al.*, (2004) los principales parámetros de diseño y regulación de la sembradora que determinan la calidad de distribución de la semilla son: el mecanismo dosificador, el diseño del órgano encargado de contactarlas con el suelo, el tren de siembra y la velocidad de avance.

El mecanismo de dosificación en la sembradora se puede llevar a cabo mediante sistemas de entrega de la semilla mecánicos o neumáticos. Los primeros utilizan placas con perforaciones adaptadas al tamaño y forma de la semilla, para obtener buenos resultados con estos mecanismos se requiere de semillas que hayan sido previamente clasificadas en diferentes calibres. Aún con la semilla uniformemente calibrada, es necesario elegir con mucha precisión la placa distribuidora a utilizar en el dosificador. La adecuada relación del tamaño de la semilla con la perforación de la placa y su espesor, asegurará la entrega de una semilla por vez, estando esta condición asociada al grado de libertad que tenga la semilla para alojarse dentro de la celda. Si las semillas se alojan muy estrechamente en las perforaciones, la carga de las celdas puede resultar incompleta, mientras que por el contrario, una excesiva holgura originará duplicaciones. Otra de las dificultades que presentan estos dosificadores es la presencia de gatillos encargados de la expulsión de la semilla los cuales si no están regulados adecuadamente generarán una mayor rotura de semillas pudiendo afectar el poder germinativo (Hunt, 1983).

Los dosificadores del tipo neumático presentan mayores posibilidades de utilizar semillas no uniformes. Estos sistemas, asistidos por aire, requieren menos precisión en la

calibración de las semillas y son preferidos por los agricultores que deben cambiar por diferentes semillas en una misma época de siembra (Heege y Billot, 1999).

En estos dosificadores el tamaño del alveolo es menor que el de la semilla a dosificar. La captación y retención de la semilla en los alveolos se realiza por medio de una corriente de aire que fluye a través de éstos debido a una diferencia de presión a ambos lados de la placa. La fuerza de retención hace que la semilla se mantenga adherida a la placa en el alvéolo. De esta manera puede ser transportada desde el talud de semillas hasta el punto de descarga, donde se corta la corriente de aire y desaparece la fuerza de succión. Este principio de funcionamiento implica que la semilla no deba introducirse en el alveolo, lo que permite dosificar material desuniforme en forma y tamaño, además de causarle menor daño mecánico, lo que generaría una ventaja con respecto a los dosificadores de tipo mecánico, ya que la eficiencia y uniformidad de siembra serán mayores (D´amico y Tesouro, 2007).

Otro parámetro importante al evaluar la calidad de siembra de una sembradora es la velocidad de avance, ya que la misma tiene relación directa con el trabajo del dosificador (Maroni *et al.*, 2001). A medida que aumenta la velocidad de trabajo es cada vez más ineficiente la distribución de semillas, esto se debe a que la placa de distribución gira a más velocidad y se produce una carga incompleta de los orificios, se afecta la adherencia de la rueda motriz con el suelo, los órganos contactadores no interactúan con la semilla como es debido y ésta impacta con mayor velocidad sobre el fondo del surco (Staggenborg *et al.*, 2004).

En ensayos realizados con sembradoras de grano fino la velocidad de trabajo afectó tanto la dosificación como la distribución, ya que trabajar por encima de 5 km.h^{-1} disminuye la uniformidad de siembra (Delafosse, 1985) e incrementa el daño de la semilla por parte de los dosificadores (Tourn *et al.*, 1998), mientras que exceder los 8 km.h^{-1} provoca desuniformidad en la profundidad de siembra (Delafosse, 1982). El efecto de estos factores incide directamente en la población, por lo que las velocidades de avance crecientes disminuyen el stand de plantas logradas y la uniformidad de distribución espacial (Baker, 1994).

La capacidad del dosificador de la sembradora para entregar las semillas una por una está muy vinculada a la densidad poblacional y la distribución espacial de las plantas, estando estos factores asociados al manejo eficaz de un cultivo para que éste exprese su máximo potencial de rendimiento (Nilsen, 1993). Existe información actualizada acerca de la mínima densidad requerida para maximizar el rendimiento en el cultivo de soja, sin embargo, poco se sabe del efecto de la variabilidad espacial y temporal sobre el rendimiento del cultivo. Rotundo

et al. (2014) plantearon como objetivo evaluar la influencia de la desuniformidad espacial y temporal sobre el rendimiento de soja, bajo la hipótesis de que una mala distribución tanto espacial como temporal causa reducciones significativas en el rendimiento. Los resultados muestran que mejorar la calidad de siembra en cuanto a distribución espacial y temporal impacta positivamente en los rendimientos de soja. A pesar de la gran plasticidad fenotípica de la especie, una mala distribución produciría ineficiencias en la captura de radiación (desuniformidad espacial) y fuerte competencia asimétrica (desuniformidad temporal) que reducen la productividad del cultivo.

HIPÓTESIS

En la siembra de soja el distribuidor neumático de semillas asociado a una menor velocidad de siembra, disminuirá la desuniformidad espacial de las semillas en las hileras, lo que garantizará una mayor eficiencia de siembra con respecto al dosificador mecánico, produciendo un mayor rendimiento de granos en suelos característicos de la región.

OBJETIVOS

General

- Comparar las performances de un distribuidor de semillas neumático y otro mecánico en laboratorio y a campo, a distintas velocidades de siembra con semilla de soja.

Específicos

- Determinar en banco de ensayos de sembradoras, a 3 velocidades distintas de operación, el comportamiento de ambos distribuidores en cuanto a la distribución espacial de las semillas sobre la hilera.
- Evaluar, en ensayos comparativos a campo la uniformidad de distribución lograda por ambos sistemas a distintas velocidades de siembra, y el rendimiento de granos obtenidos en los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En función de los objetivos planteados, se desarrolló durante el periodo 2013/14 un estudio comparativo para evaluar las prestaciones de dos tipos de dosificadores para siembra de soja a distintas velocidades de siembra. Se efectuaron ensayos de laboratorio y a campo utilizando dos sembradoras provistas en cada caso con dosificadores neumáticos por succión y mecánicos de placa horizontal.

Cabe aclarar que las dos sembradoras poseen características constructivas similares, manteniendo el mismo tren de siembra, lo que garantiza que la única diferencia existente entre ambas sea el tipo de dosificación y entrega de las semillas.

La metodología empleada para realizar cada una de las etapas que conformaron esta investigación se describen a continuación:

1. Ensayo de laboratorio

El ensayo de laboratorio se llevó a cabo previo a la siembra a campo durante el mes de Septiembre, y en función del control estático de uniformidad de distribución sobre la línea para cada tipo de dosificador trabajando a 3 velocidades distintas. Para ello se utilizó un banco de ensayo estático de sembradoras construido en la Cátedra de Maquinaria Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto según normas internacionales (Figura 1). En el banco de ensayo se simula el movimiento relativo máquina-suelo mediante una cinta accionada por un motor eléctrico y cubierta con un material adherente donde quedan localizadas las semillas entregadas por el dosificador dispuesto en forma estacionaria.

Se utilizó semilla de soja, cuya granulometría fue adecuada al calibre de la placa del dosificador mecánico (placa de 144 alveolos de 8,5 mm).

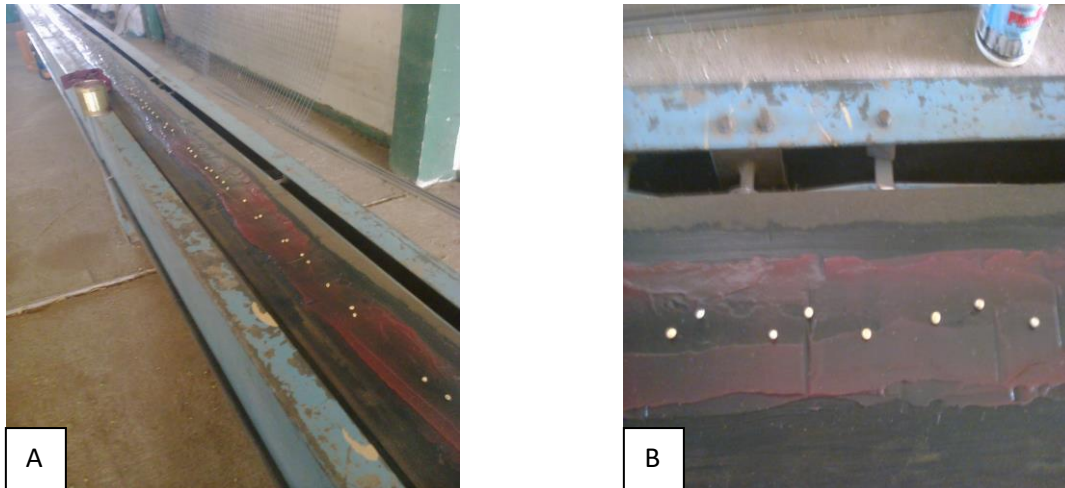


Figura 1: Banco de ensayo estático de sembradoras construido en la Cátedra de Maquinaria Agrícola de la UNRC. A: Estructura del banco de ensayo de sembradoras. B: Semillas adheridas al material de la cinta a una distancia x .

1.1 Control estático de uniformidad de distribución sobre la línea:

1.1.1 Velocidades ensayadas: 5, 7 y 9 km/h.

1.1.2 Altura caída de granos. Se midió la caída libre de la semilla (en cm) desde el distribuidor hasta la cinta receptora, logrando que la misma sea idéntica en los dos tipos de dosificadores (40 cm), siendo también idénticas la forma, dimensión y disposición del tubo de caída de semillas.

1.1.3 Media teórica (X). Se calibró el dosificador para lograr una densidad equivalente a una distancia teórica entre semillas de soja: $X= 50$ mm.

1.1.4 Densidad (semillas/hectáreas): 540.000

1.1.5 Cantidad de datos: ($m= \sum m_i$). Se midió sobre la cinta receptora la distancia entre semillas (mínimo= 150)

1.1.6 Media real: ($\bar{x} = \sum x_i/m$). Siendo: x_i = distancia real entre semillas consecutivas y m = cantidad de datos.

1.1.7 Desvío estándar: $S= \sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 / m - 1}$

1.1.8 Coeficiente de Variación: $CV= \frac{S}{\bar{x}} * 100$

1.1.9 Fallas: $x_i > (1,5 * X)$.

1.1.10 Duplicaciones o multiplicación: $x_i < (0,5 * X)$

1.1.11 Correctos: x_i entre $0,5 * X$ y $1,5 * X$

1.1.12 Porcentaje de datos en los intervalos: ($X \pm 4$ cm)

2. Ensayo comparativo a campo:

El mismo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2013/14 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (CAMDOCEX) ubicado geográficamente a los 33° 07' S y 64° 14' O, 431 m SNM, que posee un suelo franco arenoso clasificado taxonómicamente como Hapludol típico.

A efectos de obtener resultados y conclusiones sobre el desempeño de los dosificadores, se efectuaron los ensayos comparativos de acuerdo a la siguiente metodología:

2.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de parcelas en franja con 2 tipos de dosificadores y 3 velocidades de siembra distintas (Figura 2). El diseño incluye, por lo tanto, 6 tratamientos (parcelas) los que se repitieron 4 veces (bloques).

PARCELAS	BLOQUES	TIPO DE DOSIFICADOR	VELOCIDAD (km.h ⁻¹)		
	Borduras	Mecánico			
1		Mecánico	7	9	5
2	I	Neumático	7	9	5
3		Neumático	5	7	9
4	II	Mecánico	5	7	9
5		Neumático	9	5	7
6	III	Mecánico	9	5	7
7		Mecánico	7	9	5
8	IV	Neumático	7	9	5
	Borduras	Neumático			

Figura 2: Diseño de parcelas en franja utilizado en el ensayo

La unidad experimental (parcela) fue de 3,5 m de ancho x 20 m de largo = 70 m².

La superficie del ensayo fue de 28 m de ancho x 60 m de largo = 1680 m².

2.2 Tratamientos.

Los tratamientos fueron los siguientes:

A) Sembradora de siembra directa, provista de dosificador de semillas neumático tipo Agrometal (Figura 3) y tren de siembra conformado por cuchilla de microlabranza tipo turbo; discos doble de apertura de la línea de siembra con doble rueda niveladora, rueda fijadora de la semilla y rueda empaquetadora con discos estrellados para el cierre del surco, trabajando a 5 km/h.

B) Ídem a A, trabajando a 7 km/h.

C) Ídem a A, trabajando a 9 km/h.

D) Sembradora de siembra directa, provista de dosificador de semillas mecánico de placa horizontal tipo Agrometal (Figura 4) y tren de siembra conformado por cuchilla de microlabranza tipo turbo; discos doble de apertura de la línea de siembra con doble rueda niveladora, rueda fijadora de la semilla y rueda empaquetadora con discos estrellados para el cierre del surco, trabajando a 5 km/h.

E) Ídem a D, trabajando a 7 km/h.

F) Ídem a D, trabajando a 9 km/h.



Figura 3: Sembradora de siembra directa provista de dosificador de semillas neumático tipo Agrometal utilizada en el ensayo.



Figura 4: Sembradora de siembra directa provista de dosificador de semillas mecánico de placa horizontal tipo Agrometal utilizada en el ensayo.

2.3 Materiales y condiciones de siembra

La fecha de siembra del ensayo fue el 20 de octubre de 2013, se utilizó semillas de soja de granulometría adecuada al calibre de las placas de siembra de los dosificadores mecánicos (placa de 144 alveolos de 8,5 mm) y grupo de madurez IV (cultivar NIDERA 4903), idénticas a las utilizadas en el ensayo de laboratorio. Ambas sembradoras fueron cuidadosamente reguladas para reducir cualquier variabilidad que arroje resultados erróneos, logrando una densidad teórica de 540.000 plantas/has y la misma profundidad de siembra. La distancia entre líneas de siembra fue de 0,35 m.

Los ensayos se realizaron sobre rastrojo de maíz, y junto a la siembra se aplicó al costado de la línea 72 kg/ha de fertilizantes S10 Mosaic (12% N, 40% P, 10% S). El propósito de la fertilización fue para tener una condición de partida base y más homogénea del ensayo, además de las funciones que brindan los nutrientes de la composición. La dosis aplicada se estimó de acuerdo a las necesidades para alcanzar los rendimientos promedios de la zona.

Cabe aclarar que el ensayo fue re-sembrado el 18 de diciembre de 2013 producto de una fuerte caída de granizos que afectó a la zona de Río Cuarto, siguiendo las mismas condiciones

mencionadas anteriormente. Sin embargo, por error durante la siembra del ensayo se realizaron solo tres repeticiones con la sembradora neumática y se agregó otra repetición del dosificador mecánico, es decir en el bloque IV quedaron las 2 franjas sembradas con el distribuidor mecánico, por lo tanto se anuló el mismo para la toma de datos del rendimiento.

2.4 Control de malezas:

El control que se describe a continuación se realizó sobre el ensayo que se re-sembró el 18 de diciembre. El mismo se efectuó mediante la aplicación de herbicidas durante el ciclo del cultivo de acuerdo a la evolución de las malezas, con el propósito de mantener el ensayo libre de las mismas.

Aplicaciones durante el ensayo:

- i. 23/12/2013 – Glifosato (1,5 Kg Roundup ultramax) + Graminicida (0,8 L Cletodim, Kosako super)
- ii. 08/01/2014 – Glifosato (2 L Glifosato al 48%) + coadyuvante 0,05 L
- iii. 12/02/2014 – Glifosato (3 L Glifosato al 48%) + Insecticida piretroide (Cipermetrina 200 cc³)

2.5 Determinación de las variables a medir:

2.5.1 Control cinemático de uniformidad de distribución sobre la línea: El mismo se desarrolló 25 días después de la emergencia de la soja (sembrada el 20 de octubre), donde se seleccionó la línea central de siembra de cada parcela para realizar las mediciones.

Se tomaron aproximadamente 40 datos por parcela para obtener el índice de dispersión de espaciamiento entre plantas (desvío estándar) como un factor que conjuntamente con el distanciamiento medio entre semillas, las fallas y duplicaciones determinan la distribución espacial del cultivo, definiendo en elevada medida el comportamiento de una máquina. Estas variables dependen, en el caso de las sembradoras ensayadas, exclusivamente del dosificador de semilla y de la velocidad de siembra, ya que el tren de siembra es el mismo para ambas.

2.5.2 Rendimiento de granos: La cosecha del cultivo se desarrolló en forma manual cuando el grano alcanzó el grado de humedad adecuado (14 %), en el mes de abril. Para ello se tomaron muestras representativas (10 m² de cada parcela) en todos los tratamientos y repeticiones, las cuales se desgranaron y pesaron para determinar los kg/ha de grano limpio. Se realizó posteriormente, el análisis estadístico de la varianza correspondiente para determinar diferencia entre los valores medidos.

3. Análisis estadístico

Los datos recolectados en cuanto a la uniformidad de distribución de la semilla sobre la línea, tanto en laboratorio como a campo, se analizaron mediante la utilización de diferentes parámetros de medición. Entre ellos se encuentran los estadísticos de Posición (Media Aritmética o Promedio), estadísticos de Dispersión (el Coeficiente de Variación y el Desvío Estándar), % fallas, % duplicaciones, % datos correctos y % datos en el intervalo $X \pm 4$ cm. Los diferentes parámetros de medición mencionados anteriormente y los datos de rendimiento de granos registrado a campo para cada uno de los tratamientos, fueron analizados mediante un ANAVA para tener un análisis objetivo de la performance de las sembradoras ensayadas.

Se utilizó el test de Tukey para la comparación de media de cada uno de los tratamientos en cuanto a la uniformidad de siembra y el rendimiento de granos. Los efectos fueron considerados significantes en todos los cálculos estadísticos si $p < 0.05$.

Estos análisis se realizaron mediante el programa Info-Stat (Di Rienzo *et al*, 2011).

RESULTADOS

A continuación se presentan los datos registrados en lo relativo a la performance de siembra de las dos sembradoras testeadas. Como ya se explicó anteriormente, ambos equipos sembradores se regularon de igual manera para lograr los objetivos planteados y así disminuir errores inducidos.

- **Ensayo de laboratorio (banco de ensayo de sembradoras)**

En la Tabla 1 se observan los resultados de la uniformidad de distribución de la semilla expresados a través de diferentes parámetros de medición como la Media o Promedio (\bar{x}), Desvío Estándar (SD), Fallas %, Duplicaciones %, Datos correctos % y Datos en el intervalo $X \pm 4 \text{ cm}$ %, en función del tipo de dosificador y las distintas velocidades de avance.

Tabla 1: Uniformidad de distribución de la semilla registrada en el banco de ensayo.

Fuente de variación		Distancia entre semillas (cm)	DS promedio (cm)	Fallas %	Duplicaciones %	Datos correctos %	Datos intervalo $X \pm 4 \text{ cm}$
Dosificador	M	5,4 A	3,6 B	25 B	24,1 B	50,9 B	27,6 B
	N	5,5 A	2,9 A	19 A	13,1 A	67,9 A	15,2 A
Velocidad	5	5,4 A	3,3 A	23,5 B	18,5 B	57,9 B	25,5 B
	7	5,5 A	3,2 A	18,8 A	15,7 A	65,6 A	19,2 A
	9	5,5 A	3,3 A	23,8 B	21,5 C	54,6 C	19,5 A
Valor p	D	0,7053	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	V	0,9772	0,1331	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	DxV	0,5924	-	-	-	-	-
CV %		60,0	2,7	15,2	5,3	7,1	11,7

Ref: M: Dosificador Mecánico. N: Dosificador Neumático. 5: Velocidad de avance de 5 km/h. 7: Velocidad de avance de 7 km/h. 9: Velocidad de avance de 9 km/h. D: Dosificador. V: Velocidad de avance. DxV: Dosificador x Velocidad.

Cuando se analizaron estadísticamente los datos de las distancias entre semillas obtenidos en el banco de ensayo mediante el ANAVA correspondiente (Tabla 4 en anexos), se observó que no hubo interacción entre el tipo de dosificador y la velocidad de avance.

Al analizar ambas variables por separado, los resultados muestran que tanto el factor tipo de dosificador como la velocidad de avance no tuvieron efecto sobre la distribución espacial de

las semillas. Esto indica que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tratamientos, presentando un distanciamiento medio entre semillas similar.

Respecto a la falta de interacción significativa entre los factores en estudio tipo de dosificador y velocidad de avance obtenida del análisis estadístico del distanciamiento entre semillas, sumado a las condiciones de trabajo controladas que se llevan a cabo en el banco de ensayo a diferencia del campo, en los siguientes parámetros de medición sólo se comparó el efecto de los factores tipo de dosificador y velocidad de avance por separado en la distribución espacial de las semillas.

Desvío Estándar promedio del distanciamiento entre semillas (SD):

Haciendo referencia al desvío estándar, los resultados (Tabla 5 en anexos) muestran una diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tipos de dosificador, presentando un mayor índice de dispersión en la distribución espacial de las semillas el dosificador mecánico (Figura 5A). Respecto a la velocidad de avance, se puede ver que no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para el desvío estándar, exhibiendo un comportamiento similar en la dispersión de las semillas (Figura 5.B).

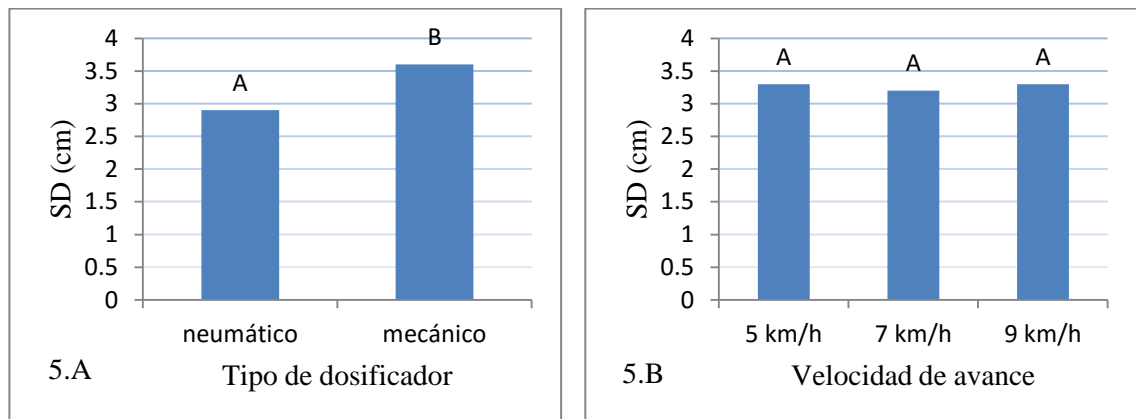


Figura 5: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el desvío estándar promedio de la distancia entre semillas. **A:** Desvío estándar medio de la distancia entre semillas según el tipo de dosificador. **B:** Desvío estándar medio de la distancia entre semillas según la velocidad de avance.

Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según test de comparación de medias de Tukey.

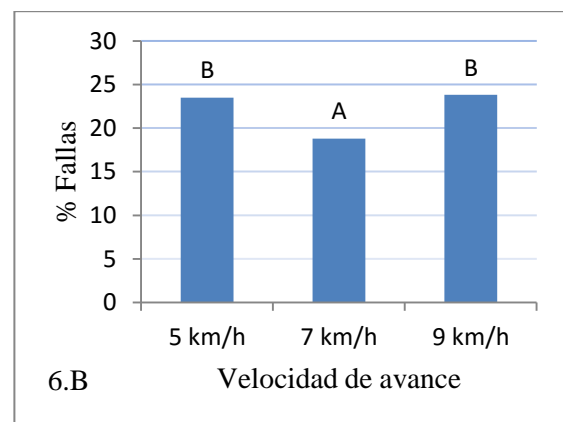
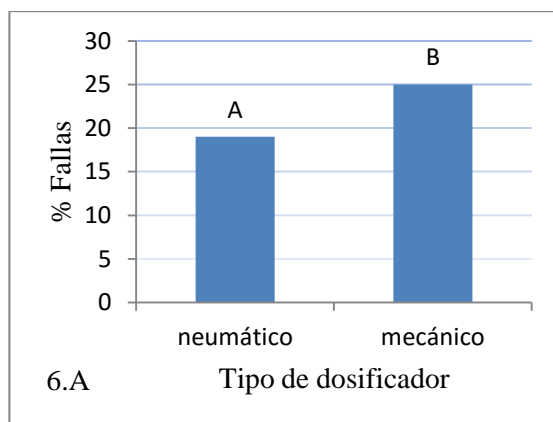
Porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones:

Con respecto a los porcentajes de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones, el ANAVA correspondiente (Tabla 6 en anexos) indicó diferencias estadísticamente significativas para ambos factores en estudio.

Los resultados observados para el porcentaje de fallas y duplicaciones muestran una diferencia significativa a favor del dosificador neumático frente al distribuidor mecánico, mostrando este último mayor porcentaje de datos (Figura 6.A y 6.C).

Cuando analizamos la influencia de la velocidad de avance, no se comportan de igual manera en ambas variables de medición. En el % de fallas se observan efectos significativos en favor del tratamiento de 7 km/h con menor porcentaje de datos, pero no se evidencian diferencias entre las otras 2 velocidades (Figura 6.B). En cambio, en el % de duplicaciones se dan diferencias significativas a favor del tratamiento de 7 km/h, seguidos por el de 5 km/h y 9 km/h respectivamente (Figura 6.D).

De acuerdo con los resultados expresados anteriormente, el mejor comportamiento reflejado en la mayor cantidad de datos correctos se produjo en el dosificador neumático (Figura 6.E) y la velocidad de avance de 7 km/h, seguido por el tratamiento de 5 y 9 km/h respectivamente (Figura 6.F).



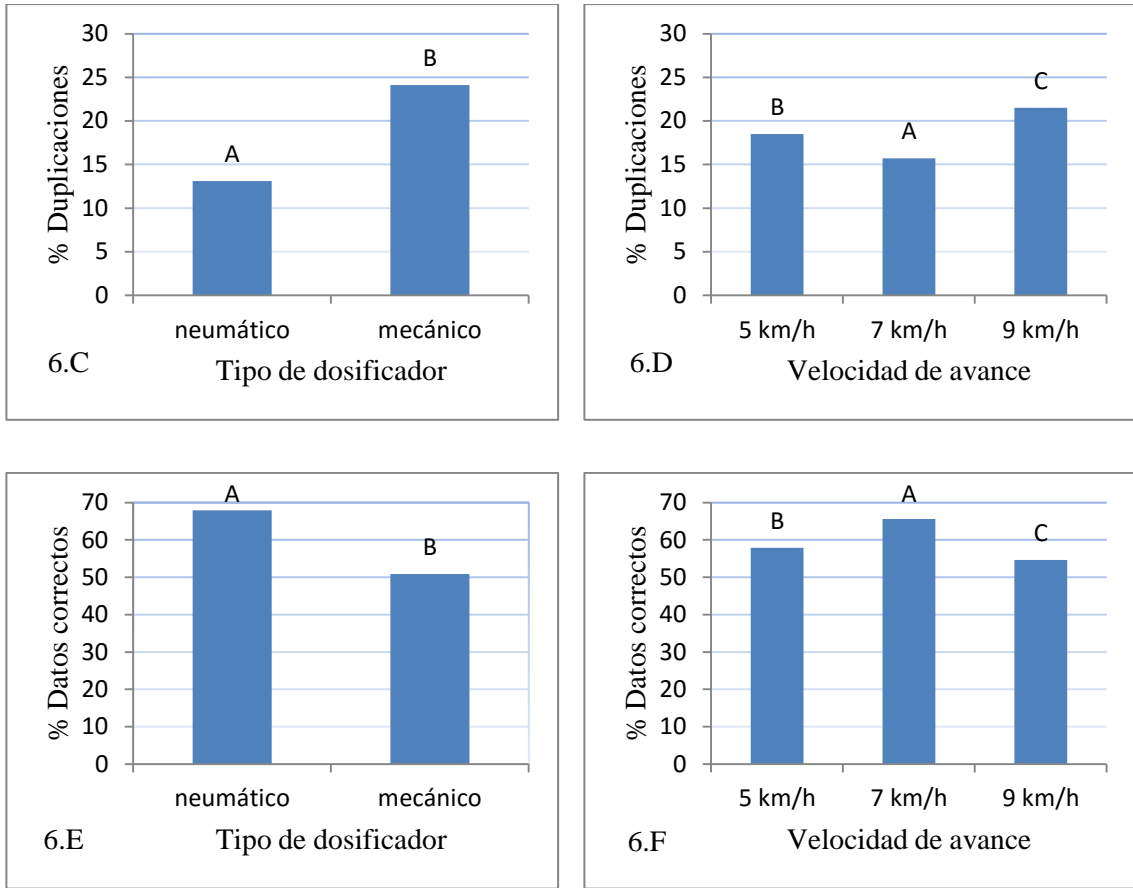


Figura 6: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones de la distancia entre semillas. **A:** % fallas de la distancia entre semillas según el tipo de dosificador. **B:** % fallas de la distancia entre semillas según la velocidad de avance. **C:** % duplicaciones de la distancia entre semillas según el tipo de dosificador. **D:** % duplicaciones de la distancia entre semillas según la velocidad de avance. **E:** % datos correctos de la distancia entre semillas según el tipo de dosificador. **F:** % datos correctos de la distancia entre semillas según la velocidad de avance.

Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según test de comparación de medias de Tukey.

Porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm:

El análisis estadístico del porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm (Tabla 7 en anexos) indica diferencias estadísticamente significativas tanto para el factor tipo de dosificador como para la velocidad de avance.

Al analizar la variable de clasificación tipo de dosificador (Figura 7.A), se denota una diferencia significativa a favor del dosificador neumático, presentando menor cantidad de datos en dicho intervalo frente al distribuidor mecánico.

Cuando se observa la Figura 7.B, referida a la velocidad de avance, la misma muestra diferencias estadísticamente significativas a favor de las velocidades de 7 y 9 km/h con menor porcentaje de datos respecto al tratamiento de 5 km/h. No se evidencian diferencias significativas entre las velocidades con mejor comportamiento en dicho intervalo.

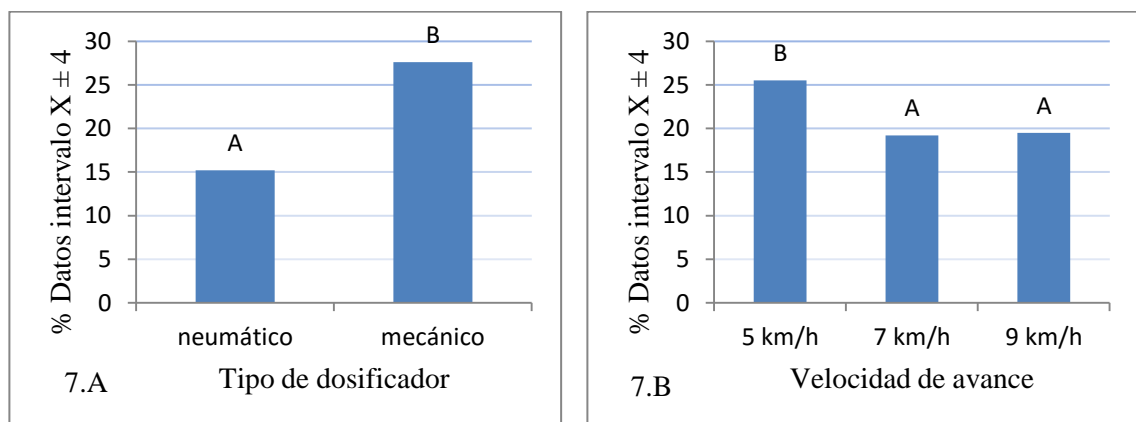


Figura 7: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm de la distancia entre semillas. **A:** % datos intervalo $X \pm 4$ cm de la distancia entre semillas según el tipo de dosificador. **B:** % datos intervalo $X \pm 4$ cm de la distancia entre semillas según la velocidad de avance.

Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según test de comparación de medias de Tukey.

- **Ensayo a campo**

Los resultados obtenidos a campo para la uniformidad de distribución espacial de la semilla se observan en la Tabla 2. Éstos son expresados a través de diferentes parámetros de medición como la Media o Promedio (\bar{x}), Desvío Estándar (SD), Fallas %, Duplicaciones %, Datos correctos % y Datos en el intervalo $X \pm 4$ cm %, en función de los factores en estudio tipo de dosificador y velocidad de avance como así también la interacción entre ambos.

Tabla 2: Uniformidad de distribución de la semilla registrada a campo.

Fuente de variación		Distancia entre semillas (cm)	DS promedio (cm)	Fallas %	Duplicaciones %	Datos correctos %	Datos intervalo $X \pm 4$ cm
Dosificador	M	6,4 A	-	34,2 A	-	-	45,2 A
	N	7,2 B	-	39 B	-	-	50,4 B
Velocidad	5	6,9 A	-	37,8 A	-	-	47,9 A
	7	6,8 A	-	36,9 A	-	-	47 A
	9	6,7 A	-	35 A	-	-	48,4 A
DxV	M5	-	4 B	34,4 AB	15 B	50,6 B	45,9 A
	M7	-	3,7 A	35 AB	10,9 A	54,1 A	44,6 A
	M9	-	4,7 D	33,1 A	16,3 B	50,6 B	45 A
	N5	-	5,1 E	41,3 D	8,8 A	50 B	50 BC
	N7	-	3,9 AB	38,8 CD	10,6 A	50,6 B	49,4 B
	N9	-	4,3 C	36,9 BC	14,4 B	46,3 C	51,9 C
Valor p	D	0,0336	0,6097	0,0114	0,2117	0,1313	0,0292
	V	0,8917	0,1937	0,8447	0,1108	0,7543	0,9513
	DxV	0,4113	<0,0001	0,0294	<0,0001	0,0126	0,0388
CV %		63,9	7,6	9,7	26,2	6,9	6,2

Ref: M: Dosificador Mecánico. N: Dosificador Neumático. 5: Velocidad de avance de 5 km/h. 7: Velocidad de avance de 7 km/h. 9: Velocidad de avance de 9 km/h. M5: Dosificador Mecánico a 5 km/h. M7: Dosificador Mecánico a 7 km/h. M9: Dosificador Mecánico a 9 km/h. N5: Dosificadores Neumático a 5 km/h. N7: Dosificador Neumático a 7 km/h. N9: Dosificador Neumático a 9 km/h. D: Dosificador. V: Velocidad de avance. DxV: Dosificador x Velocidad.

Al igual que lo ocurrido en el banco de ensayo, luego de analizar estadísticamente los datos del distanciamiento entre semillas a campo mediante el ANAVA correspondiente (Tabla 8 en anexos), se observó que no hubo interacción significativa entre el tipo de dosificador y la velocidad de avance.

Cuando comparamos estos factores por separados, vemos que la velocidad de avance no tuvo efecto sobre el distanciamiento medio entre semillas, lo que indica que no hay diferencia estadísticamente significativa para asegurar que una velocidad tuvo mejor comportamiento que otra (Figura 8.B). Lo contrario ocurrió con la variable tipo de dosificador, donde se observa una diferencia estadísticamente significativa a favor del dosificador mecánico, presentando un menor distanciamiento entre semillas frente al distribuidor neumático (Figura 8.A).

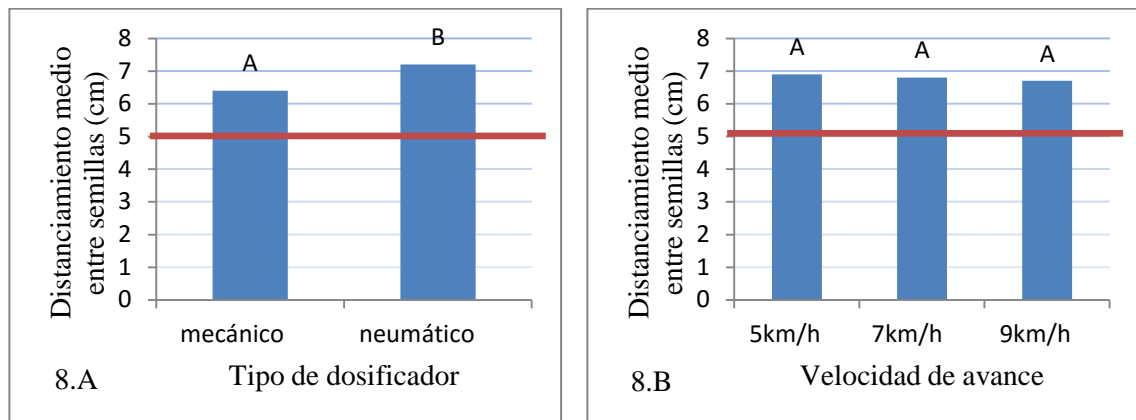


Figura 8: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el distanciamiento medio entre semillas. **A:** distanciamiento medio entre semillas según el tipo de dosificador. **B:** distanciamiento medio entre semillas según las distintas velocidades de avance. Las líneas rojas horizontales indican la distancia media teórica entre semillas.

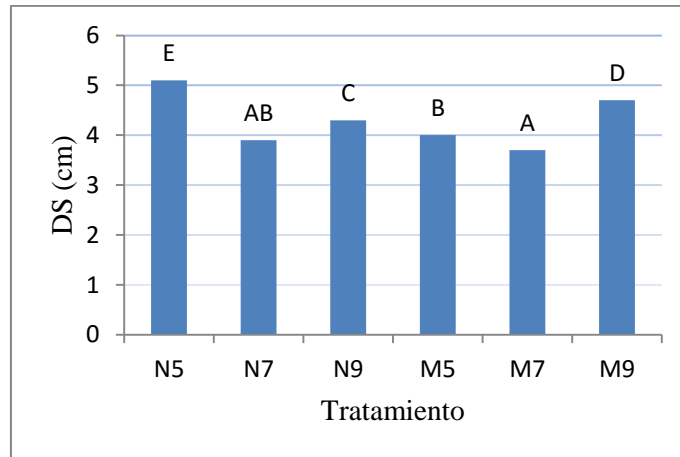
Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según Test de Tukey.

Desvío estándar promedio del distanciamiento entre semillas (SD):

A diferencia de los análisis anteriores, el ANAVA correspondiente al desvío estándar (Tabla 9 en anexos) indicó interacción entre el tipo de dosificador y la velocidad de avance, es decir que hay diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tratamientos.

Al observar la figura 9, se percibe que el tratamiento M7 presenta la menor dispersión de semillas, seguido por el tratamiento N7; los mayores valores se ven en los tratamientos N5 y M9 respectivamente.

Cuando se realizó el ANAVA para cada factor en estudio por separado, los mismos no indicaron diferencias estadísticamente significativas tanto para el tipo de dosificador como para la velocidad de avance respecto al desvío estándar.



Ref: N5: dosificador neumático a 5 Km/h, N7: dosificador neumático a 7 Km/h, N9: dosificador neumático a 9 Km/h, M5: dosificador mecánico a 5 Km/h, M7: dosificador mecánico a 7 Km/h, M9: dosificador mecánico a 9 Km/h.

Figura 9: Influencia de los diferentes tratamientos en el desvío estándar promedio de la distancia entre semillas.

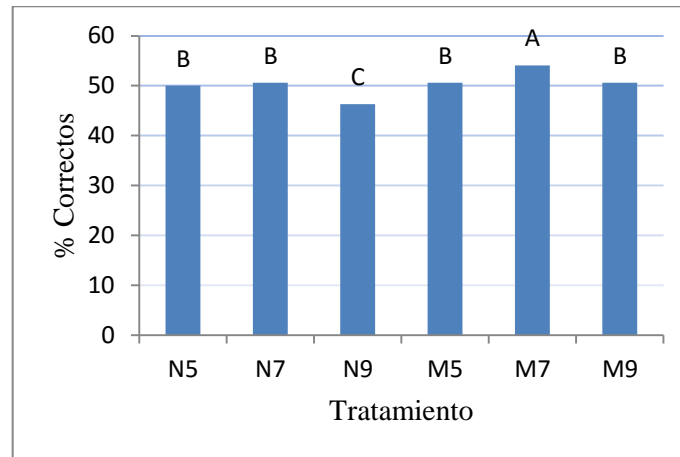
Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según test de comparación de medias de Tukey.

Porcentaje de datos considerados correctos:

El resultado del ANAVA para los datos considerados correctos (Tabla 10 en anexos) indicó interacción entre el tipo de dosificador y la velocidad de avance.

Cuando comparamos los distintos tratamientos, en la figura 10 se observa que el tratamiento M7 presenta la mayor cantidad de datos correctos, por el contrario el menor porcentaje de datos ocurre en el tratamiento N9. El resto de los tratamientos presenta un comportamiento similar, cercano al 50% de los datos correctos, sin diferencias estadísticamente significativas entre los mismos.

Para el factor tipo de dosificador y la velocidad de avance no se detectaron efectos significativos sobre el porcentaje de datos correctos.



Ref: N5: dosificador neumático a 5 Km/h, N7: dosificador neumático a 7 Km/h, N9: dosificador neumático a 9 Km/h, M5: dosificador mecánico a 5 Km/h, M7: dosificador mecánico a 7 Km/h, M9: dosificador mecánico a 9 Km/h

Figura 10: Influencia de los diferentes tratamientos en el porcentaje de datos considerados correctos respecto a la distancia entre semillas.

Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según test de comparación de medias de Tukey.

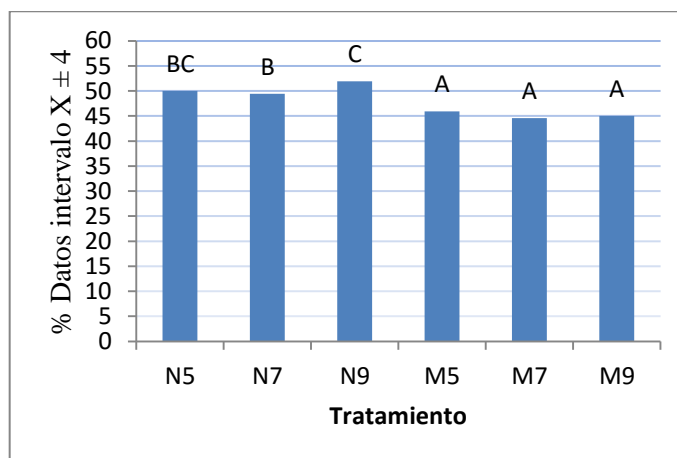
Porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm:

El ANAVA realizado para el porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm (Tabla 11 en anexos), señaló interacción entre el tipo de dosificador y la velocidad de avance.

La Figura 11 manifiesta una diferencia significativa a favor de los tratamientos mecánicos presentando menor cantidad de datos dentro de dicho intervalo, sin mostrar diferencias significativas entre las distintas velocidades. En cuanto a los dosificadores neumáticos, se perciben diferencias significativas entre los distintos tratamientos, mostrando un mejor comportamiento el dosificador a 7 km/h.

Lo expresado anteriormente se puede corroborar con el ANAVA de los factores en estudio por separado, indicando diferencias significativas entre ambos tipos de dosificador. En

cambio para la velocidad de avance no se observan efectos significativos frente al porcentaje de datos dentro del intervalo $X \pm 4$ cm.



Ref: N5: dosificador neumático a 5 Km/h, N7: dosificador neumático a 7 Km/h, N9: dosificador neumático a 9 Km/h, M5: dosificador mecánico a 5 Km/h, M7: dosificador mecánico a 7 Km/h, M9: dosificador mecánico a 9 Km/h

Figura 11: Influencia de los diferentes tratamientos en el porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm de la distancia entre semillas.

Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según test de comparación de medias de Tukey.

Rendimiento

Luego de la cosecha del cultivo en cada parcela del ensayo y posterior análisis estadístico, en la Tabla 3 se presentan los resultados del rendimiento de granos (kg/ha.) en función del tipo de dosificador y las distintas velocidades de avance.

Tabla 3: Rendimiento medio de granos (kg/ha) registrado a campo.

Fuente de variación		Rendimiento kg/ha
Dosificador	M	3033,3 A
	N	2955,6 B
Velocidad	5	3050 A
	7	3016,7 A
	9	2916,7 A
Valor p	D	0,0051
	V	0,2403
	DxV	0,0784
CV %		2,6

Ref: M: Dosificador Mecánico. N: Dosificador Neumático. 5: Velocidad de avance de 5 km/h. 7: Velocidad de avance de 7 km/h. 9: Velocidad de avance de 9 km/h. D: Dosificador. V: Velocidad de avance. DxV: Dosificador x Velocidad.

En lo que respecta a la variable rendimiento de granos (kg/ha), el análisis estadístico de los datos mediante el ANAVA correspondiente (Tabla 12 en anexos), demostró que no hubo interacción significativa entre los factores tipo de dosificador y velocidad de avance. En consecuencia, se analizan ambos factores por separado.

Como se observa en la Figura 12.B, la variable velocidad de avance no presentó efectos significativos a favor de alguno de los tres tratamientos respecto al rendimiento en granos. A diferencia de lo anterior, el factor tipo de dosificador (Figura 12.A) mostró una diferencia estadísticamente significativa a favor del distribuidor mecánico, presentando un mayor rendimiento de granos respecto al dosificador neumático.

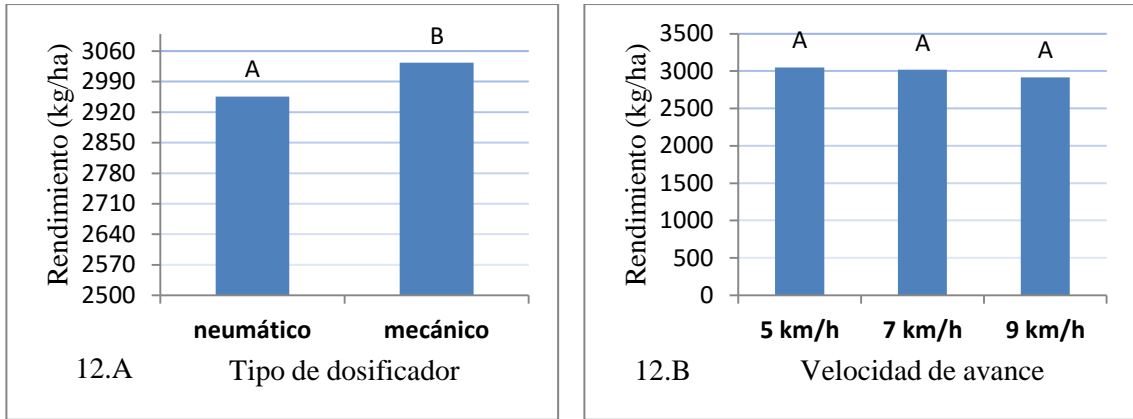


Figura 12: Tipo de dosificador y velocidad de avance en el rendimiento medio de granos (kg/ha). **A:** rendimiento medio de granos según el tipo de dosificador. **B:** rendimiento medio de granos según las distintas velocidades de avance.

Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según Test de Tukey.

DISCUSIÓN

Luego de recopilar los datos referidos a la uniformidad de distribución espacial de las semillas y efectuar los análisis estadísticos, se observa en el banco de ensayos que no hay diferencias significativas en el distanciamiento medio de las semillas entre los distintos tratamientos. En el ensayo a campo los resultados indicaron al igual que en laboratorio la falta de interacción entre el tipo de dosificador y la velocidad de avance, pero se observó respuesta significativa para la sembradora provista de dosificador mecánico presentando un menor distanciamiento medio entre semillas respecto a la otra sembradora, no coincidiendo con lo expresado por D'Amico y Tesouro (2007) en relación al mejor funcionamiento de los dosificadores neumáticos frente a la distribución espacial de las semillas.

Comparando los valores de las tablas 1 y 2 respecto al distanciamiento medio entre semillas para cada tratamiento, se observa que éste fue mayor en las parcelas a campo. Estos resultados se deben a que en la siembra del ensayo se presentan condiciones que producen variación en la distribución espacial de la semilla como puede ser el copiado del terreno que debe seguir la máquina, falta de adherencia de la rueda motriz, el rebote de la semilla al impactar con el surco, la presencia de rastrojo. En cambio, en el banco de ensayo las condiciones de trabajo son más controladas, el tubo de descarga se encuentra fijo, la semilla al caer se adhiere al pegamento en la cinta receptora evitando cualquier movimiento, por lo tanto el distanciamiento medio entre semillas se acerca más al valor de la distancia teórica.

Debido a que la media es un buen estadístico cuando los datos son homogéneos, y las distancias entre semillas es una variable que presenta gran dispersión de datos debido a los motivos propio de la tarea de siembra detallados anteriormente, la uniformidad en la distribución espacial de las semillas también se analizó mediante el desvío estándar, el porcentaje de datos correctos y la cantidad de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm.

Si se analizan los valores arrojados por el estadístico de dispersión (SD), en el banco de ensayo las pruebas estadísticas realizadas indican respuesta para el factor tipo de dosificador, presentando una menor dispersión espacial de las semillas el distribuidor neumático; en cuanto a la velocidad de avance no se encontraron efectos significativos para el desvío estándar. En el ensayo a campo se observa interacción entre los factores en estudio, es decir diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tratamientos, mostrando un mejor desempeño la combinación sembradora mecánica a 7 km/h de velocidad de avance.

Con respecto al porcentaje de datos correctos, en el banco de ensayo los resultados indicaron que la sembradora provista del dosificador neumático registró el mejor comportamiento, presentando la mayor cantidad de datos correctos (cerca al 70%). Al observar lo ocurrido en la variable velocidad de avance, se percibe que el mayor porcentaje de datos correctos ocurre en el tratamiento a 7 km/h. En el ensayo a campo, cuando comparamos los distintos tratamientos en relación a la cantidad de datos correctos, al igual que lo ocurrido para el índice de dispersión, se observa que el dosificador mecánico a 7 km/h presenta el mejor comportamiento con valores cercanos al 55% de datos correctos.

Si observamos los valores promedios del porcentaje de datos correctos tanto en laboratorio como a campo, vemos que son valores bajos (entre 60% y 50% respectivamente) con respecto a los estándares de siembra de las maquinas utilizadas, estando estos valores relacionados al porcentaje de fallas y duplicaciones que se registraron al analizar los datos de distanciamiento entre semillas. El comportamiento de estos parámetros de medición fue similar en el banco de ensayo y las parcelas a campo, donde el porcentaje de fallas (entre 22% y 36%) fue mayor al porcentaje de duplicaciones (18% y 12% respectivamente). Como se puede apreciar, los valores a campo son mayores que los registrados en laboratorio e incluso la diferencia entre fallas y duplicaciones también aumenta, esto se debe a los factores mencionados anteriormente que producen variación en la distribución espacial de la semilla en la siembra del ensayo.

Para los datos en el intervalo $X \pm 4$ cm en el banco de ensayo, se observó un comportamiento similar al porcentaje de datos correctos, donde la sembradora provista del dosificador neumático presentó el mejor funcionamiento. Sin embargo, para la velocidad de avance se percibe que el menor porcentaje de datos en el intervalo antes mencionado ocurre a los 7 y 9 km/h sin diferencias significativas entre ambas velocidades. A campo se observa interacción entre los factores en estudio, mostrando los tratamientos mecánicos un menor porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ sin diferencias significativas entre ellos.

De acuerdo con las discusiones planteadas, se puede apreciar en los ensayos a campo que la velocidad de avance no presentó un resultado claro respecto a la distribución espacial de las semillas, en algunos parámetros de medición no tuvo efectos significativos, mientras que en otros se observó interacción con el dosificador, no coincidiendo con (Baker, 1994) quien expresa que las velocidades de avance crecientes disminuyen el stand de plantas logradas y la uniformidad de distribución espacial.

En lo que respecta a la variable rendimiento de granos, el mejor comportamiento se observó con la sembradora provista del dosificador mecánico mostrando un mayor rendimiento frente al otro dosificador en estudio, sin efectos significativos para la velocidad de avance.

Rotundo *et al.*, (2014) expresan que una mejor distribución espacial de la semilla impacta positivamente en el rendimiento de soja, a pesar de la gran plasticidad fenotípica de la especie, una mala distribución produciría ineficiencias en la captura de radiación. Sin embargo, en nuestro trabajo no se puede establecer la relación para el mejor comportamiento que presentó la sembradora mecánica en ambas variables, debido a que la uniformidad de distribución de la semilla se midió en la primera siembra del cultivo y los resultados del rendimiento se obtuvieron de la resiembra de la soja.

CONCLUSIÓN

Después de comparar la performances de los distribuidores neumático y mecánico en laboratorio a distintas velocidades de siembra, se determinó que los mejores resultados en relación con la uniformidad de distribución espacial de las semillas fueron con el dosificador neumático. En cuanto a las diferentes velocidades de siembra ensayadas, la de 7 km/h fue la que presentó la mejor distribución espacial de semillas expresado por el porcentaje de datos correctos y el porcentaje de datos en el intervalo $X \pm 4$ cm.

Cuando evaluamos ambas sembradoras a campo a diferentes velocidades de siembra, observamos un mejor comportamiento respecto a la distribución espacial de las semillas para la maquina provista del dosificador mecánico. Dentro de los tratamientos implementados con esta sembradora, la velocidad de 7 km/h presentó el mejor desempeño expresado por el índice de dispersión y el porcentaje de datos correctos.

De acuerdo a los resultados conseguidos una vez finalizado el estudio comparativo, podemos concluir que la hipótesis planteada en el trabajo se ha descartado como consecuencia de la mejor eficiencia de siembra lograda por la maquina equipada con el distribuidor mecánico y la falta de un efecto claro de la velocidad de avance, como así también el mejor rendimiento logrado con la sembradora mecánica sin poder relacionarlo con la eficiencia de siembra obtenida por la misma producto de la resiembra del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- BAKER C. J., 1994. Sistema cross-slot: fundamentos científicos y experimentación. II Conferencia sobre Experiencias Internacionales en Siembra Directa. Revista Agronomía 2000 5, 13-17
- BARAÑAO, T.V. 1955. Maquinaria agrícola. Salvat Editores S.A. Barcelona. España. Pp: 608.
- COLOMBINO, A. A.; J.C. POLLACINO; F. DEL OLMO y M. TOURN. 1989. Máquinas para implantación de cultivos. 4^{ta} Ed. CIFA. Bs.As. pp: 65.
- D' AMICO, J. y O. TESOURO, 2007. Dosificadores Neumáticos por Succión: Pautas de uso y regulación para la Siembra de Precisión. INTA Castelar, Buenos Aires. Pp: 24.
- DELAFOSSE, R. 1982. Preparación para trabajo de sembradoras de granos finos. INTA. Departamento de ingeniería rural, información técnica, serie sembradoras n° 1,5 p.
- DELAFOSSE, R. 1985. Estudio comparativo de eficiencia de planteo entre dos sistemas mecánicos en siembra de trigo. Departamento de ingeniería rural, información técnica, serie de sembradoras n° 20,5p.
- DI RIENZO, J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, C.W. ROBLEDO InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. <http://www.infostat.com.ar>
- HASTFIELD, J. 2000. Precision agriculture an environmental quality: Challenges for research and education. National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Ames. Iowa. Disponible en: <http://www.aroboday.org>
- HEEGE, H. y J.F. BILLOT, 1999. Bill A. Stout, editor. Plan Production Engineering. Vol III, Seeders and Planters. CIGR Hanbook of Agricultural Engineering. A.S.A.E., pp: 217 – 240.
- HUNT, D., 1983. Maquinaria agrícola. Limusa SA, México. Pp: 147 – 153.
- MARONI, J.; A. GARGICEVICH y C. GONZALEZ, 2001. Comportamiento de las sembradoras para maíz de la región maicera Argentina. **VII Congreso Nacional de Maíz**. CD-R y ACTAS, Asociación Ingenieros Agrónomos Norte de Buenos Aires, Pergamino (BA).
- NILSEN, R. L., 1993. Stand stablishment variability in corn. Purdue University, Indiana. USA.

ROTUNDO, J.L.; A. MASINO y L. BORRAS. 2014. Impacto en la variabilidad espacial y temporal en la emergencia del cultivo sobre el rendimiento de soja. **Congreso; Reunión Argentina de Fisiología Vegetal**. Mar del Plata – Bs As, Argentina

SPERANZA, F.; R. BONGIOVANNI, 2007. Viabilidad económica de las inversiones en tecnologías de agricultura de precisión. En: Avances en Ingeniería Rural 2005-2007, 160-169 pp

STAGGENBORG, S.A.; R.K. TAYLOR y L.D. MADDUX, 2004. Effect of planter speed and seed firmes on corn stand establishment – Trans of the ASAE 20(5): 573-580.

TOURN M. C.; E. L. SOZA y R. L. SOLESSIO. 1998. Efecto de dos dosificadores de expulsión forzada en la semilla de soja. Revista de la Facultad de Agronomía, 18 (1 - 2): 123 - 126.

ANEXOS

Resultados del ANAVA y test de comparación de medias de Tukey en el banco de ensayo

Tabla 4: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el distanciamiento entre semillas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
distancia	906	1,4E-03	0,00	59,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,27	5	2,65	0,25	0,9411
dosificador	1,54	1	1,54	0,14	0,7053
velocidad	0,50	2	0,25	0,02	0,9772
dosificador*velocidad	11,24	2	5,62	0,52	0,5924
Error	9657,11	900	10,73		
Total	9670,39	905			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,42711

Error: 10,7301 gl: 900

dosificador	Medias	n	E.E.
mec	5,42	453	0,15 A
neu	5,50	453	0,15 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,62570

Error: 10,7301 gl: 900

velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	5,43	302	0,19 A
9,00	5,46	302	0,19 A
7,00	5,49	302	0,19 A

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

Tabla 5: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el Desvío Estándar promedio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DS	78	0,93	0,93	2,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,69	3	2,56	335,92	<0,0001
dosificador	7,66	1	7,66	1003,63	<0,0001
velocidad	0,03	2	0,02	2,07	0,1331
Error	0,56	74	0,01		
Total	8,25	77			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03941

Error: 0,0076 gl: 74

dosificador	Medias	n	E.E.	
N	2,94	39	0,01	A
M	3,57	39	0,01	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05794

Error: 0,0076 gl: 74

velocidad	Medias	n	E.E.	
7,00	3,24	26	0,02	A
9,00	3,25	26	0,02	A
5,00	3,29	26	0,02	A

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

Tabla 6: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos considerados Fallas, Duplicaciones y Correctos.

Análisis de la varianza

% fallas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% fallas	78	0,58	0,56	15,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1124,41	3	374,80	33,48	<0,0001
dosificador	705,12	1	705,12	63,00	<0,0001
velocidad	419,29	2	209,64	18,73	<0,0001
Error	828,31	74	11,19		
Total	1952,72	77			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,50963

Error: 11,1933 gl: 74

dosificador	Medias	n	E.E.	
N	19,03	39	0,54	A
M	25,04	39	0,54	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,21935

Error: 11,1933 gl: 74

velocidad	Medias	n	E.E.	
7,00	18,76	26	0,66	A
5,00	23,51	26	0,66	B
9,00	23,84	26	0,66	B

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

% duplicaciones

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% duplicaciones	78	0,98	0,97	5,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2803,28	3	934,43	983,11	<0,0001
dosificador	2366,66	1	2366,66	2489,95	<0,0001
velocidad	436,62	2	218,31	229,69	<0,0001
Error	70,34	74	0,95		
Total	2873,61	77			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43991

Error: 0,9505 gl: 74

dosificador	Medias	n	E.E.
N	13,07	39	0,16 A
M	24,09	39	0,16 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,64672

Error: 0,9505 gl: 74

velocidad	Medias	n	E.E.
7,00	15,70	26	0,19 A
5,00	18,54	26	0,19 B
9,00	21,50	26	0,19 C

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

% correctos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% correctos	78	0,85	0,84	7,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7290,71	3	2430,24	137,48	<0,0001
dosificador	5637,71	1	5637,71	318,93	<0,0001
velocidad	1653,00	2	826,50	46,76	<0,0001
Error	1308,08	74	17,68		
Total	8598,79	77			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,89711

Error: 17,6767 gl: 74

dosificador	Medias	n	E.E.
N	67,89	39	0,67 A
M	50,88	39	0,67 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,78900

Error: 17,6767 gl: 74

velocidad	Medias	n	E.E.
7,00	65,61	26	0,82 A
5,00	57,94	26	0,82 B
9,00	54,61	26	0,82 C

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

Tabla 7: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos en el intervalo X ± 4 cm

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% datos	78	0,89	0,88	11,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3606,73	3	1202,24	192,90	<0,0001
dosificador	2964,56	1	2964,56	475,68	<0,0001
velocidad	642,17	2	321,08	51,52	<0,0001
Error	461,19	74	6,23		
Total	4067,92	77			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,12646

Error: 6,2323 gl: 74

Dosificador	Medias	n	E.E.	
N	15,23	39	0,40	A
M	27,56	39	0,40	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65604

Error: 6,2323 gl: 74

velocidad	Medias	n	E.E.	
7,00	19,20	26	0,49	A
9,00	19,53	26	0,49	A
5,00	25,45	26	0,49	B

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

Resultados del ANAVA y test de comparación de medias de Tukey a campo.

Tabla 8: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el distanciamiento entre semillas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
distancia	960	0,02	4,5E-03	63,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	402,15	17	23,66	1,25	0,2167	
bloque	91,27	3	30,42	3,31	0,1757	(bloque*dosificador)
dosificador	127,60	1	127,60	13,90	0,0336	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	27,54	3	9,18	0,49	0,6921	
velocidad	4,58	2	2,29	0,12	0,8917	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	117,56	6	19,59	1,04	0,3995	
velocidad*dosificador	33,60	2	16,80	0,89	0,4113	
Error	17795,03	942	18,89			
Total	18197,18	959				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,62238

Error: 9,1792 gl: 3

dosificador	Medias	n	E.E.	
mec	6,44	480	0,14	A
neu	7,17	480	0,14	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,07370

Error: 19,5927 gl: 6

velocidad	Medias	n	E.E.	
9,00	6,73	320	0,25	A
7,00	6,78	320	0,25	A
5,00	6,90	320	0,25	A

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

Tabla 9: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el Desvío Estándar promedio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SD	168	0,88	0,86	7,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	109,63	17	6,45	61,81	<0,0001	
bloque	13,41	3	4,47	0,44	0,7437	(bloque*dosificador)
dosificador	3,31	1	3,31	0,32	0,6097	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	30,80	3	10,27	98,39	<0,0001	
velocidad	18,85	2	9,43	2,18	0,1937	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	25,89	6	4,31	41,35	<0,0001	
velocidad*dosificador	17,37	2	8,68	83,23	<0,0001	
Error	15,65	150	0,10			
Total	125,28	167				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24649

Error: 0,1043 gl: 150

velocidad	dosificador	Medias	n	E.E.				
7,00	M	3,68	28	0,06	A			
7,00	N	3,89	28	0,06	A	B		
5,00	M	3,96	28	0,06		B		
9,00	N	4,25	28	0,06			C	
9,00	M	4,71	28	0,06				D
5,00	N	5,07	28	0,06				E

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

Tabla 10: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos considerados Fallas, Duplicaciones y Correctos.

Análisis de la varianza

% FALLAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% FALLAS	168	0,78	0,76	9,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	6841,41	17	402,44	31,90	<0,0001	
bloque	1492,97	3	497,66	16,06	0,0237	(bloque*dosificador)
dosificador	964,32	1	964,32	31,12	0,0114	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	92,97	3	30,99	2,46	0,0653	
velocidad	229,69	2	114,84	0,17	0,8447	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	3970,31	6	661,72	52,46	<0,0001	
velocidad*dosificador	91,15	2	45,57	3,61	0,0294	
Error	1892,19	150	12,61			
Total	8733,59	167				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,73366

Error: 30,9896 gl: 3

dosificador	Medias	n	E.E.	
M	34,17	84	0,61	A
N	38,96	84	0,61	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,91598

Error: 661,7188 gl: 6

velocidad	Medias	n	E.E.	
9,00	35,00	56	3,44	A
7,00	36,88	56	3,44	A
5,00	37,81	56	3,44	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,71029

Error: 12,6146 gl: 150

velocidad	dosificador	Medias	n	E.E.				
9,00	M	33,13	28	0,67	A			
5,00	M	34,38	28	0,67	A	B		
7,00	M	35,00	28	0,67	A	B		
9,00	N	36,88	28	0,67		B	C	
7,00	N	38,75	28	0,67			C	D
5,00	N	41,25	28	0,67				D

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

% DUPLICACIONES

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% DUPLIC	168	0,67	0,63	26,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	3301,74	17	194,22	17,74	<0,0001	
bloque	1095,14	3	365,05	2,79	0,2107	(bloque*dosificador)
dosificador	327,32	1	327,32	2,50	0,2117	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	392,22	3	130,74	11,94	<0,0001	
velocidad	632,77	2	316,39	3,25	0,1108	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	584,65	6	97,44	8,90	<0,0001	
velocidad*dosificador	269,65	2	134,82	12,32	<0,0001	
Error	1641,94	150	10,95			
Total	4943,68	167				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,52472

Error: 10,9462 gl: 150

velocidad	dosificador	Medias	n	E.E.	
5,00	N	8,75	28	0,63	A
7,00	N	10,63	28	0,63	A
7,00	M	10,88	28	0,63	A
9,00	N	14,38	28	0,63	B
5,00	M	15,00	28	0,63	B
9,00	M	16,25	28	0,63	B

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

% CORRECTOS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% CORRECTOS	168	0,81	0,79	6,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	7512,31	17	441,90	36,93	<0,0001	
bloque	1986,54	3	662,18	8,35	0,0575	(bloque*dosificador)
dosificador	337,17	1	337,17	4,25	0,1313	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	238,00	3	79,33	6,63	0,0003	
velocidad	434,44	2	217,22	0,30	0,7543	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	4408,40	6	734,73	61,40	<0,0001	
velocidad*dosificador	107,77	2	53,89	4,50	0,0126	
Error	1795,06	150	11,97			
Total	9307,38	167				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,63982

Error: 11,9671 gl: 150

velocidad	dosificador	Medias	n	E.E.	
7,00	M	54,13	28	0,65	A
5,00	M	50,63	28	0,65	B
7,00	N	50,63	28	0,65	B
9,00	M	50,63	28	0,65	B
5,00	N	50,00	28	0,65	B
9,00	N	46,25	28	0,65	C

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

Tabla 11: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el % datos en el intervalo X ± 4 cm

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% datos	168	0,84	0,83	6,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	7067,81	17	415,75	47,45	<0,0001	
bloque	2015,13	3	671,71	8,98	0,0522	(bloque*dosificador)
dosificador	1157,63	1	1157,63	15,48	0,0292	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	224,29	3	74,76	8,53	<0,0001	
velocidad	59,65	2	29,82	0,05	0,9513	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	3552,94	6	592,16	67,58	<0,0001	
velocidad*dosificador	58,19	2	29,09	3,32	0,0388	
Error	1314,40	150	8,76			
Total	8382,21	167				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,24602

Error: 74,7639 gl: 3

dosificador	Medias	n	E.E.	
M	45,17	84	0,94	A
N	50,42	84	0,94	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=14,11021

Error: 592,1563 gl: 6

velocidad	Medias	n	E.E.	
7,00	47,00	56	3,25	A
5,00	47,94	56	3,25	A
9,00	48,44	56	3,25	A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,25890

Error: 8,7626 gl: 150

velocidad	dosificador	Medias	n	E.E.		
7,00	M	44,63	28	0,56	A	
9,00	M	45,00	28	0,56	A	
5,00	M	45,88	28	0,56	A	
7,00	N	49,38	28	0,56		B
5,00	N	50,00	28	0,56		B
9,00	N	51,88	28	0,56		C

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

Tabla 12: ANAVA y Test de comparación de medias de Tukey para el rendimiento de granos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
rendimiento	126	0,61	0,56	2,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1,04	13	0,08	13,42	<0,0001	
bloque	0,03	2	0,01	13,00	0,0714	(bloque*dosificador)
dosificador	0,19	1	0,19	196,00	0,0051	(bloque*dosificador)
bloque*dosificador	1,9E-03	2	9,7E-04	0,16	0,8500	
velocidad	0,40	2	0,20	2,08	0,2403	(bloque*velocidad)
bloque*velocidad	0,39	4	0,10	16,28	<0,0001	
velocidad*dosificador	0,03	2	0,02	2,60	0,0784	
Error	0,67	112	0,01			
Total	1,71	125				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02388

Error: 0,0010 gl: 2

Dosificador	Medias	n	E.E.	
N	2,96	63	3,9E-03	A
M	3,03	63	3,9E-03	B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24250

Error: 0,0972 gl: 4

velocidad	Medias	n	E.E.	
9,00	2,92	42	0,05	A
7,00	3,02	42	0,05	A
5,00	3,05	42	0,05	A

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

