



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

Siembra directa de maíz (*Zea mays L.*) a distintas
velocidades con diferentes sistemas de transmisión para los
dosificadores de semilla.

Mauricio Iribarren
DNI N° 36.341.422

Director: Mattana, Ricardo Raúl.

Co-director: Garetto, Edgar.

Río Cuarto - Córdoba

Año 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Siembra directa de maíz (*Zea mays L.*) a distintas velocidades con diferentes sistemas de transmisión para los dosificadores de semilla.

Autor: Iribarren, Mauricio.

DNI: 36.341.422.

Director: Mattana, Ricardo Raúl.

Co-Director: Garetto, Edgar.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la
Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. Cecilia Cerliani _____.

Ing. Agr. Roberto A. J. Del Castagner _____.

Fecha de Presentación: ____/_____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE

Resumen	Pág. 5
Abstract	Pág. 6
Introducción	Pág. 7
Hipótesis	Pág. 11
Materiales y métodos	Pág. 12
Ensayo en laboratorio	Pág. 13
Ensayo comparativo a campo	Pág. 16
Resultados de ensayo en laboratorio	Pág. 18
Resultados de ensayo a campo	Pág. 26
Discusión	Pág. 35
Conclusión	Pág. 37
Bibliografía	Pág. 38
Anexos	Pág. 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Valores obtenidos por los dos tipos de sistemas de transmisión de dosificadores, a las tres velocidades evaluadas (5 km h ⁻¹ , 7 km h ⁻¹ y 9 km h ⁻¹) en el ensayo a laboratorio.....	Pág. 18
Tabla N°2. Valores obtenidos por los dos tipos de sistemas de transmisión de dosificadores, a las tres velocidades evaluadas (5 km h ⁻¹ , 7 km h ⁻¹ y 9 km h ⁻¹) en el ensayo a campo...	Pág. 26
Tabla N°3 y 4. Resultados del ANAVA de la variable distancia entre planta.....	Pág. 40
Tabla N°5 y 6. Resultados del ANAVA de la variable desvío estándar.....	Pág. 42
Tabla N°7 y 8. Resultado del ANAVA de la variable coeficiente de variación (CV)...	Pág.44
Tabla N°9 y 10. Resultados del ANAVA de la variable porcentaje de datos en el intervalo 1 cm- 15 cm (Duplicaciones).....	Pág. 46
Tabla N°11 y 12. Resultados del ANAVA de la variable porcentaje de datos mayores a 45cm (Fallas).....	Pág. 48
Tabla N°13 y 14. Resultados del ANAVA de la variable porcentaje de datos entre 15-45 (correctos).....	Pág. 50
Tabla N°15 y 16. Resultados del ANAVA de la variable % de datos en el intervalo $x \pm 5$ cm..	Pág. 52
Tabla N°17 y 18. Resultados del ANAVA de la variable pérdida de rendimiento teórico según Nielsen.	Pág. 54
Tabla N°19. Resultados del ANAVA de la variable eficiencia de siembra.....	Pág. 56
Tabla N°20. Resultados del ANAVA de la variable población lograda.....	Pág. 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tren de siembra con sist. de transmisión tradicional.....	Pág. 12
Figura 2. Tren de siembra con sist. de transmisión flexible.....	Pág. 12
Figura 3. Banco de ensayo estático con sist. de transmisión flexible.....	Pág. 13
Figura 4. Banco de ensayo estático con sist. de transmisión tradicional.....	Pág. 13
Figura 5. Regulador de velocidades.....	Pág. 13
Figura 6. Medición entre semilla de cada tratamiento.....	Pág. 14
Figura 7. Esquema del diseño de parcelas en franjas.....	Pág. 16
Figura 8. Distancia entre semillas en laboratorio según las distintas velocidades de avance y sistema de transmisión utilizado.....	Pág. 19
Figura 9. Desvió estándar según las distintas velocidades de avance y sistema de transmisión utilizado, obtenido en laboratorio.....	Pág. 21
Figura 10. Pérdida de rendimiento teórica según Nielsen en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance, obtenido en laboratorio.....	Pág. 23
Figura 11. Porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones según tipo de sistema de transmisión y velocidad de avance, obtenido en laboratorio.....	Pág. 24
Figura 12. Porcentaje de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance, obtenido en laboratorio.....	Pág. 25
Figura 13. Distancia entre semillas a campo según las distintas velocidades de avance y sistema de transmisión utilizado.....	Pág. 27
Figura 14. Desvió estándar según las distintas velocidades de avance y sistema de transmisión utilizado, obtenido a campo.....	Pág. 29
Figura 15. Pérdida de rendimiento teórica según Nielsen en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance, obtenido a campo.....	Pág. 31
Figura 16. Porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones según tipo de sistema de transmisión y velocidad de avance, obtenido a campo.....	Pág. 32
Figura 17. Porcentaje de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance, obtenido a campo.....	Pág. 33
Figura 18. Población lograda y eficiencia de siembra en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance.....	Pág. 34

RESUMEN

De todas las labores que se pueden realizar en un cultivo, la siembra es la única que es insustituible y por ello tiene que efectuarse con calidad. Esto cobra mayor importancia en el cultivo de maíz, ya que para expresar su máximo potencial se debe ser eficiente en los diferentes factores de manejo y es allí donde la eficiencia de implantación cobra un protagonismo importante. La importancia del sistema de transmisión radica en que es el encargado de llevar el movimiento desde las ruedas de mando a los dosificadores, los cuales se encargan de entregar las semillas de a una por vez, para lograr una distribución y población de plantas adecuadas. En este trabajo se analizan dos sistemas de transmisión del dosificador de semillas, el tradicional conformado por ruedas dentadas y cadenas y el de transmisión por medio de un cable flexible, trabajando a distintas velocidades, siendo el objetivo principal determinar cuál de estos sistemas es más eficiente en la siembra de maíz. Las experiencias se realizaron en ensayos a campo y en laboratorio, utilizando para ello un banco de ensayos de sembradoras estático. Las variables analizadas fueron el desvío estándar, coeficiente de variación, fallas y duplicaciones por métodos estadísticos correspondientes al ANAVA. Los resultados mostraron que, aunque no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, la tendencia es que a medida que la velocidad de avance de la sembradora aumenta, también aumenta la distancia media entre semillas, desvío estándar y coeficiente de variación, aumentando la desuniformidad espacial y la pérdida teórica de rendimiento. Concluyendo que como no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, no se pudo definir cual sistema de transmisión es mejor sobre otro, ni tampoco cual es la mejor velocidad de siembra.

Palabras claves: Sistema de transmisión, siembra, semillas, velocidad, maíz.

ABSTRACT

Of all the cultivation practices that can be performed in a crop, sowing is the only one that is irreplaceable and therefore has to be done with quality. This becomes more important in maize cultivation, since in order to express its maximum potential it must be efficient in the different management factors, and it is there where the implantation efficiency gains an important protagonism. The importance of the transmission system lies in the fact that it is the one in charge of taking the movement from the wheels of command to the dispenser, which are responsible for delivering the seeds one at a time, to get optimal populations and distributions. In this work two transmission systems of the seed doser are analyzed, the traditional formed by sprockets and chains and the transmission by means of a flexible cable, working at different speeds, the main objective being to determine which of these systems is more efficient in sowing corn. Experiments were carried out in field and laboratory trials using a static seed bank. The variables analyzed were the standard deviation, the coefficient of variation, the faults and the duplications by the statistical methods corresponding to the ANAVA. The results show that, although no statistically significant differences have been found, it is noteworthy that a measure that increases the seed speed, the mean distance between seeds, standard deviation and coefficient of variation also increases, increasing spatial unevenness and theoretical loss of performance. Concluding that as the statistically significant differences are shown, it was not possible to define which transmission system is better over another, nor what is the best sowing speed.

Key words: Transmission system, sowing, seeds, speed, corn.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz implica diversas labores, de todas ellas, la siembra es la única que es insustituible y por ello tiene que efectuarse con calidad (Maroni y Gargicevich, 2001).

Una siembra de calidad es aquella que entrega la cantidad de semillas por hectárea prefijada (densidad deseada), separadas entre sí a una distancia uniforme (distribución espacial) y colocadas en el suelo en un ambiente adecuado para que germinen y emerja la planta (profundidad uniforme, contactado semilla-suelo y tapada), con el objetivo de obtener una buena implantación (Maroni y Gargicevich, 2001). La calidad de la siembra según Gil, (1999) depende de las características de los cultivos, del perfil del terreno conseguido con el laboreo y la operación de siembra propiamente dicha y se aprecia a través del estado estructural de la capa arable y del estado del lecho de siembra. Esta se determina por el respeto de la dosis establecida de semilla y por el reparto espacial de los granos en el suelo (el marco de siembra) y está directamente ligado a las características técnicas de los equipos utilizados y la posibilidad de adaptación de los mismos a las particularidades del momento.

Lo dicho anteriormente cobra mayor importancia en el cultivo de maíz ya que para expresar su máximo potencial se debe ser eficiente en los diferentes factores de manejo y es allí donde la eficiencia de implantación cobra un protagonismo importante. Ello incluye profundidad de siembra, el espaciamiento entre hileras, la uniformidad de distribución de las plantas en la línea y la uniformidad de emergencia y desarrollo de las plantas para generar plantas uniformes que no compitan, evitando la aparición de plantas dominadas y dominantes que afectan al rendimiento, pudiendo ser en ocasiones estas caídas de rendimiento de hasta el 10% (Bragachini *et al.*, 2001). El cultivo antecesor también es importante, debido a la cantidad y calidad de rastrojo que esté nos aporta, ya que abundante rastrojo, con humedad superficial, en lotes con varios años de siembra directa, provoca un aumento de la resistencia al corte del rastrojo, falta de reacción del suelo, enterrado del rastrojo en la línea de siembra y susceptibilidad al atoramiento de las sembradoras (Bragachini *et al.*, 2014). Teniendo en cuenta los parámetros de siembra es importante señalar que para lograr densidades de población óptimas resulta casi imprescindible el empleo de sembradoras de precisión. La uniformidad en la profundidad de siembra y del tamaño de la semilla es de suma importancia para lograr una población uniforme, de forma que se eviten plantas atrasadas en el desarrollo (Alemán *et al.*, 2008).

La importancia del sistema de transmisión radica en que es el encargado de llevar el movimiento desde las ruedas de mando a los dosificadores, los cuales se encargan de entregar las semillas de a una por vez, para lograr poblaciones y distribuciones adecuadas. Dependiendo del tipo de sembradora, estos sistemas de transmisión podrán ser de engranajes, piñones o

cadenas (Chaves, 2004). En la actualidad a surgido un nuevo sistema que es un dispositivo flexible empleado en agricultura de precisión (Rochi, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente, las ruedas son las que proporcionan el movimiento a los órganos de dosificación de las semillas y fertilizantes, por medio de engranajes o piñones dentados y cadenas. Generalmente en las sembradoras mecánicas, las ruedas cuentan con una rueda dentada fija a su eje, la cual gira junto con esta, conectado por medio de una cadena al piñón que da movimiento al eje que hace girar los órganos dosificadores (Chaves, 2004).

Las sembradoras de precisión pueden tener dos sistemas de transmisión del movimiento. El primero es el sistema individual, que se caracteriza por que el plato de siembra es movido individualmente por una rueda en cada cuerpo. Esta rueda es similar a la rueda prensadora, solo que además de esa función se comporta como una rueda motriz, de manera que cuenta con uno o varios piñones y a través de una cadena, transmite dicho movimiento a otro u otros engranajes que están montados sobre el eje que mueve el plato de siembra, es decir, que la transmisión es casi directa. Este sistema tiene la ventaja de poder montar sobre el bastidor tantos cuerpos de siembra como este lo permita y fijarlos a la distancia que se desee, haciendo más fácil la calibración de las distancias entre cuerpos de siembra. Pero tiene el inconveniente de que las ruedas motrices ubicadas en los cuerpos tienen diferencias de velocidad por resbalamiento, patinaje o cadenas mal tensadas, depositando las semillas a diferentes distancias en cada hilera (Chaves, 2004).

El segundo sistema de transmisión se llama sistema central o accionamiento combinado, en donde el movimiento de las ruedas motrices, es transmitido a un eje intermediario el cual, gracias a la caja de engranajes, transmite el movimiento al eje de mando del mecanismo dosificador de semillas y, a su vez, este último, por medio de engranajes pequeños y una cadena, lleva el movimiento hasta el plato de siembra de cada uno de los cuerpos de la máquina. Este sistema es más seguro que el primero, en cuanto a la uniformidad de siembra, ya que, si hubiere patinaje, este afectara igualmente a todos los cuerpos de siembra. Además, permite variar las distancias de siembra entre plantas, en conjunto, cambiando solo un dispositivo, mientras que en el otro esa modificación debe hacerse en cada uno de los cuerpos (Chaves, 2004).

El nuevo sistema de transmisión de siembra “FlexSeeder” para siembra de precisión, ha sido desarrollado recientemente en Norte América. Consiste en un dispositivo flexible para la transmisión en los cuerpos de siembra que reemplaza a los sistemas tradicionales de cadenas y ruedas dentadas. Según Rochi, (2015) este sistema permite lograr mayor precisión, con menores costos de mantenimiento que los sistemas convencionales, sin las fallas que se pueden generar, por ejemplo, por una cadena mal tensada. También cuenta con la incorporación de una válvula On/Off que permite realizar un corte automático surco por surco, con el

consiguiente ahorro de semillas. Siendo esta una nueva herramienta para agricultura de precisión compatible con la mayoría de los controladores GPS.

Según Gil, (1999) la mayor parte de los esfuerzos dedicados por los constructores de sembradoras van encaminados hacia tres objetivos: incremento de las capacidades de trabajo de los equipos, mejora de la calidad de distribución y facilidad en la regulación. El nuevo sistema de transmisión de siembra “FlexSeeder”, contemplaría todos estos objetivos.

En la actualidad existen algunas firmas internacionales como John Deere y Kinze que han incorporado el sistema a sus sembradoras, pero éstas aún no están disponibles en nuestro país, aunque existe la factibilidad de importar estos dispositivos y adaptarlos a las máquinas disponibles en el mercado nacional.

Otro factor 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, 2001). La velocidad de avance de las máquinas para siembra directa es menor que en las sembradoras convencionales. Características de diseño (tipo de abre surco y espaciamiento entre ellos) y la situación de operación (volumen y tipo de rastrojo) son las variables que la condicionan (Baumer *et al.*, 1994). Según García y Diezma, (2005) la sembradora es una máquina capaz de realizar la distribución exacta y uniforme de las semillas sobre el suelo, sin fallos ni dobles y que puede ajustarse a los términos de espaciamiento y velocidad de avance recomendados. También Cabrera *et al.*, (2007) las define como máquinas que hacen uso de dispositivos para separar o individualizar una semilla, llevarla a la zona de descarga y soltarla en el momento justo con un determinado orden sobre el suelo. Las altas velocidades de avance con abundante rastrojo en superficie, favorecen las atoraduras y pueden afectar el cubrimiento de la semilla, efectos que determinan la sugerencia, por parte de los fabricantes, de operar a velocidades que no excedan los 6 km h⁻¹ (Maroni, 2001). La velocidad de trabajo afecta tanto la dosificación como la distribución, ya que velocidades de siembra por encima de 4 km h⁻¹ producen un aumento del desvío estándar en la distribución de las plantas y el peso de las espigas; disminuyendo el rendimiento en grano (Balboa *et al.*, 2010) 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), (Balboa *et al.*, 2010).

La modificación de la relación de velocidades entre el eje dosificador, se realiza con una rápida y sencilla acción de intercambio en la posición de una caja de engranajes o el cambio de estos como tal, de fácil acceso y simple colocación. Además, brinda elementos simples de ayuda al agricultor a la hora de la regulación de los equipos, como simples reglas de cálculo o programas informáticos de aplicación sencilla, son herramientas de gran apoyo,

de reducido coste de fabricación y que generan importantes beneficios cuando se utilizan correctamente (Gil, 1999).

Nielsen (1993), luego de 6 años de estudios sobre la distribución espacial en cultivos de maíz, concluyó que, para el estado de Indiana-EE. UU, por cada cm de desvío estándar por encima de 5, se pierden 62 kg ha⁻¹ del rendimiento potencial. En un trabajo realizado por Balboa *et al.* (2010), en el sur de Córdoba se obtuvieron pérdidas de rendimiento superiores a las de Nielsen siendo estas de 181 kg h⁻¹ por cada centímetro de aumento del desvío estándar.

HIPÓTESIS

La implementación del sistema de transmisión flexible en sembradora de siembra directa, mejorará la eficiencia de siembra de maíz, en relación a la obtenida con el sistema de transmisión tradicional de cadenas y ruedas dentadas. Permitiendo trabajar, a mayores velocidades de siembra.

OBJETIVOS

-General:

Evaluar la eficiencia de siembra de maíz con dos sistemas de transmisión del dosificador de siembra (sistema tradicional de cadenas y rueda dentada y sistema flexible) a tres velocidades.

-Específicos:

- 1- Determinar la velocidad de siembra apropiada para ambos sistemas.
- 2- Evaluar la uniformidad de distribución de semillas en la línea de siembra con los dos sistemas de transmisión y a distintas velocidades.
- 3- Evaluar el número de plantas logradas con cada sistema y a diferentes velocidades.
- 4- Analizar las fallas en el funcionamiento del sistema de transmisión tradicional y del sistema flexible en las distintas velocidades evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con fines de evaluar las prestaciones de los dos tipos de sistema de transmisión de dosificadores de semilla, en el mes de octubre del 2015 se efectuaron ensayos comparativos en laboratorio y a campo, utilizando una sembradora de nueve líneas de siembra a 0,52 m entre ellas, provista de dosificador de semillas neumático. El tren de siembra está compuesto por: (1) cuchilla de microlabranza tipo turbo, (2) doble disco abresurco, (3) doble rueda niveladora de profundidad, (4) ruedita como órgano contactador de semillas y (5) doble rueda tapadora con disco estrellado. En otro cuerpo de siembra de la misma sembradora, con iguales características, se incorporó un sistema de transmisión flexible en reemplazo del sistema de transmisión tradicional (Fig. N°1 y 2). Lo que garantiza que la única diferencia existente entre ambos sea el tipo de sistema de transmisión de dosificación de semillas.



Figura N°1. Tren de siembra con sist. de transmisión tradicional.



Figura N°2. Tren de siembra con sist. de transmisión flexible.

La sembradora con el sistema de transmisión tradicional, cuenta con dos cadenas de transmisión y una serie de piñones escalonados que permite la posibilidad de variar la relación en dependencia del tipo de grano a sembrar. La primera cadena parte desde la rueda motriz hasta un piñón intermedio, el cual transmite el movimiento mediante un eje hexagonal a los piñones que dan movimiento a la segunda cadena y ésta a los órganos dosificadores.

-Ensayo en laboratorio:

Se utilizó el 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 ISO 7256-1 (Sowing equipment – Test methods – Part 1: Single seed drills), (Principi *et al.*, 1987). En el mismo 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 (Fig. N° 3 y 4).



Figura N°3. Banco de ensayo estático con sist. de transmisión flexible.



Figura N°4. Banco de ensayo estático con sist. de transmisión tradicional.

En este banco se colocaron, alternativamente (ya que el mismo opera con un solo cuerpo de siembra), los dos dispositivos de transmisión a evaluar. Se utilizó semilla híbrida de maíz, de calidad reconocida, es decir, que se conoce la variedad (DK 7210 VT3), poder germinativo (95%) y pureza de la semilla (93%). Y por intermedio de un variador de rpm (Fig. N° 5) que acciona la cinta se simulaban las tres velocidades de siembra a ensayar, siendo estas 5, 7 y 9 km h⁻¹.



Figura N°5. Regulador de velocidades.

Se calibró el dosificador para lograr una distancia teórica entre semillas de maíz en la línea de 295 mm. y luego se midió la distancia real entre dos semillas consecutivas, para así obtener el desvío estándar, coeficiente de variación, fallas y duplicaciones (Fig. N°6).

Se realizaron seis repeticiones por cada tratamiento, midiendo ocho metros lineales, de modo de obtener al menos 150 datos de distancia real entre semillas por tratamiento para que el análisis tuviera validez estadística.



Figura N°6. Medición entre semilla de cada tratamiento.

Determinaciones y calibraciones realizadas:

- Control estático de uniformidad de distribución sobre la línea.
- Velocidades ensayadas: 5, 7 y 9 km h⁻¹.
- Media teórica (X): Se calibró el dosificador para lograr una densidad equivalente a una distancia teórica entre semillas de maíz: X = 295 mm.

- Densidad (semillas ha⁻¹): 65000.
- Cantidad de datos: (n= ∑ Mi) (mínimo= 150)
- Media real, según ecuación 1.

$$\bar{X} = \sum xi / n. \quad \text{Ecuación 1.}$$

donde xi= Distancia real entre dos semillas; y n= Cantidad de datos.

- Desvío estándar, según ecuación 2.

$$S = \sqrt{(\sum(xi-\bar{x})^2)/(n-1)}. \quad \text{Ecuación 2.}$$

donde xi= Distancia real entre dos semillas; \bar{x} = Valor promedio entre la distancia de dos semillas consecutivas; y n= Cantidad de datos.

- Coeficiente de variación, según ecuación 3.

$$CV = S / \bar{X} * 100. \quad \text{Ecuación 3.}$$

donde S: Desvió estándar; y \bar{X} =Media poblacional.

- Fallas, según ecuación 4.

$$\text{Cuando } xi > (1,5 * X). \quad \text{Ecuación 4.}$$

donde xi= Distancia real entre dos semillas; y X= Valor teórico entre dos semillas consecutivas.

- Duplicaciones, según ecuación 5.

$$\text{Cuando } xi < (0,5 * X). \quad \text{Ecuación 5.}$$

donde xi= Distancia real entre dos semillas; y X= Valor teórico entre dos semillas consecutivas.

-Ensayo comparativo a campo:

Se efectuó en el CAMDOCEX sobre un suelo franco arenoso, clasificado taxonómicamente como Hapludol típico, ubicado geográficamente a 33°07' S y 64°14' W, en la zona de Río Cuarto, provincia de Córdoba, Rep. Argentina.

A efectos de obtener resultados y conclusiones sobre el desempeño de los dos sistemas de transmisión, se efectuó el ensayo comparativo.

Diseño experimental y tratamientos:

Se utilizó un diseño de parcelas en franja conformando 6 tratamientos y 7 repeticiones, es decir, se armaron 7 parcelas de 4,68 m de ancho y 75 m de largo, divididas en 3 subparcelas de 25 m en los cuales se realizó la siembra con ambos sistemas de transmisión a velocidades de 5, 7 y 9 km h⁻¹ distribuidas al azar. El experimento involucró dos factores: El principal con dos variables, sistema de transmisión tradicional(T) y sistema de transmisión flexible(F) y el secundario con tres variables, velocidades de 5, 7 y 9 km h⁻¹. Como se ilustra en la figura N°7:

PARCELA	SIST. DE TRANSMISIÓN	VELOCIDADES (Km h ⁻¹)		
B	T	7	7	7
I	T	7	9	5
	F	7	9	5
II	T	5	7	9
	F	5	7	9
III	T	9	5	7
	F	9	5	7
IV	T	7	9	5
	F	7	9	5
V	T	5	7	9
	F	5	7	9
VI	T	9	5	7
	F	9	5	7
VII	T	7	9	5
	F	7	9	5
B	T	7	7	7

Figura N° 7. Diseño de parcelas divididas conformando 6 tratamientos y 7 repeticiones delimitado por borduras (B). T: Sist. de transmisión tradicional; F: Sist. de transmisión flexible.

Condiciones de siembra y de cultivo.

Se utilizó semilla de maíz híbrido (DK 7210 VT3) de calidad reconocida, es decir, que se conoce la variedad, poder germinativo (95%) y pureza de la semilla (93%). Se calibraron y regularon los equipos de modo de lograr idéntica densidad y profundidad de siembra en todos los tratamientos. La distancia entre surcos de siembra fue de 0,52 m. El ensayo se realizó sobre un lote cuyo cultivo antecesor fue soja, siendo la fecha de siembra el 25 de Octubre. Se aplicó a la siembra 70kg ha⁻¹ de fertilizante Mosaic Microessentials SZ (12-40-0-10), para satisfacer las necesidades de fósforo, nitrógeno, azufre y zinc, asegurando una buena implantación del cultivo. El ensayo se mantuvo libre de malezas, plagas y enfermedades a los fines de que esto no interfiera en los resultados obtenidos.

Determinación de las variables a medir:

a- Control de uniformidad de distribución sobre la línea: Se obtuvo el índice de dispersión de espaciamiento entre plantas, como un factor que, conjuntamente con las fallas y duplicaciones. Estas variables dependen, en este caso, exclusivamente del sistema de transmisión del dosificador de semilla y las distintas velocidades de siembra, ya que el tren de siembra es el mismo para ambos. Las evaluaciones se realizaron sobre la línea de siembra. Determinándose cada una de ellas de la siguiente manera:

- 1- Índice de dispersión: Se calculó a través del desvío estándar, según ecuación 2.
- 2- Coeficiente de variación, según ecuación 3.
- 3- Fallas, según ecuación 4.
- 4- Duplicaciones, según ecuación 5.
- 5- Población lograda (n° de plantas emergidas ha⁻¹) y eficiencia de siembra (n° de plantas emergidas relacionadas a la cantidad de semillas sembradas).
- 6- Pérdida de rendimiento teórica según ecuación de Nielsen, ecuación 6.

$$PR = (5 - SD) * 62 \text{ kg h}^{-1} \quad \text{Ecuación 6.}$$

donde SD= Desvío estándar.

Todas las variables se analizaron según el ANAVA correspondiente, y se utilizó el test de comparación de Duncan con un $\alpha=0,05$, mediante el programa Info-Stat (Di Rienzo *et al.* 2016).

RESULTADOS

Laboratorio

En la Tabla N° 1 se pueden apreciar los valores de la media, coeficiente de variación (CV), desvío estándar (SD), pérdida teórica de rendimiento según ecuación de Nielsen, % de fallas, % duplicaciones, % datos correctos y % de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm. en función de cada uno de los diferentes tratamientos en banco de prueba. Obtenidos por los dos tipos de sistemas de transmisión de dosificadores, a las tres velocidades evaluadas (5 km h⁻¹, 7 km h⁻¹ y 9 km h⁻¹).

Tabla N°1: Valores obtenidos por los dos tipos de sistemas de transmisión de dosificadores (sistema de transmisión tradicional y sistema de transmisión flexible), en las tres velocidades evaluadas (5 km h⁻¹, 7 km h⁻¹ y 9 km h⁻¹) en el ensayo a laboratorio.

Mediciones	Tratamientos					
	T5	T7	T9	F5	F7	F9
Distanciamiento medio entre semillas (cm)	29,55 (A)	29,25 (A)	29,58 (A)	29,95 (A)	29,7 (A)	29,53 (A)
SD medio (cm)	4,22 (A)	3,78 (A)	4,77 (A)	4,93 (A)	5,76 (A)	5,83 (A)
CV medio %	14,33 (A)	12,97 (A)	16 (A)	16,46 (A)	19,41 (A)	19,75 (A)
Pérdida teórica de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen (kg/ha)	40,09 (A)	14,16 (A)	30,22 (A)	55,49 (A)	89,49 (A)	69,75 (A)
% de datos considerados fallas (> de 45 cm de distancia)	0,62 (A)	0 (A)	0,72 (A)	1,95 (A)	1,28 (A)	0,64 (A)
% de datos considerados duplicaciones (< de 15 cm de distancia)	0,62 (A)	0,60 (A)	0,62 (A)	0,64 (A)	1,92 (A)	1,28 (A)
% de datos considerados correctos (16-44 cm de distancia)	98,77 (A)	99,41(A)	98,66 (A)	97,41 (A)	96,80 (A)	98,08 (A)
% de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm.	89,8 (A)	88,97 (A)	76,47 (A)	82,48 (A)	84,78 (A)	76,85 (A)

Referencias: Sistema de transmisión (T: Tradicional, F: Flexible); V: velocidad (5, 7 y 9 km h⁻¹); SD: desvío estándar; CV: Coeficiente de variación. Dentro de la fila, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) según test de Duncan.

El ANAVA realizado con respecto a las variables analizadas, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos evaluados.

Las siguientes figuras representan la media de 6 experimentos con un n=150 cada uno.

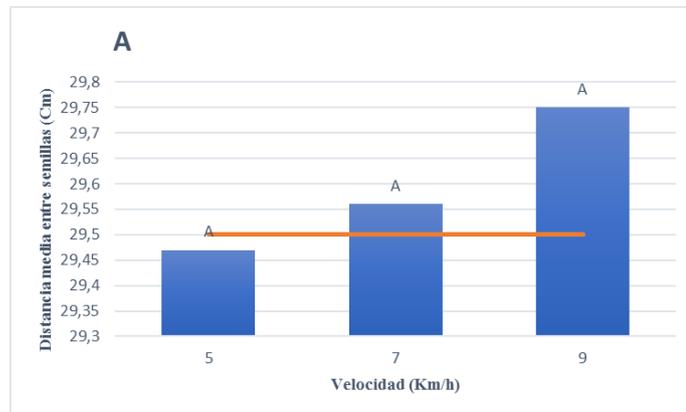


Figura 8. (A) Distancia entre semillas según las distintas velocidades de avance. Donde la línea representa la distancia media teórica entre semillas. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

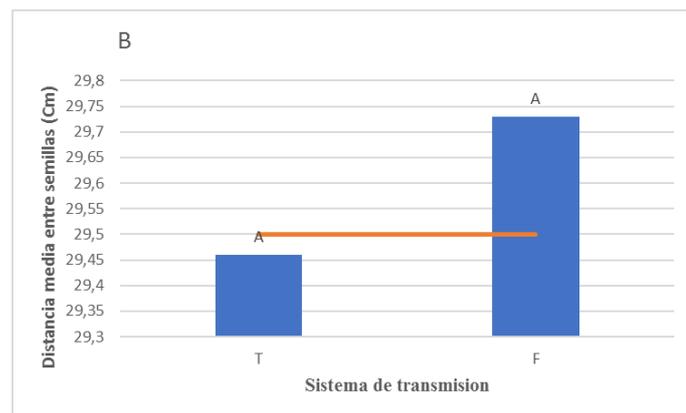


Figura 8. (B) Distancia entre semillas según el tipo de sistema de transmisión utilizado. Donde la línea representa la distancia media teórica entre semillas; T: Sistema de transmisión tradicional, F: Sistema de transmisión flexible. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

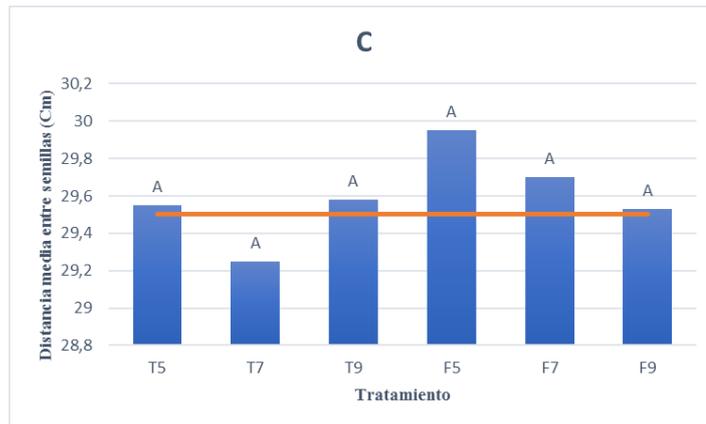


Figura 8. (C) Distancia entre semillas según el tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance. Donde la línea representa la distancia media teórica entre semillas; T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En la figura 8 A, al comparar la variable distancia entre semillas entre las tres velocidades sin tener en cuenta el tipo de sistema de transmisión del dosificador, se puede observar una tendencia que a 7 km h⁻¹ es cuando la media real se asemeja más a la media teórica, aunque estas diferencias según el ANAVA no son estadísticamente significativas. Esta situación se repite cuando comparamos los distintos sistemas de transmisión (Figura 8 B), donde el sistema tradicional tiene una tendencia que su media real es más próxima a la teórica, pero sin significancia estadística.

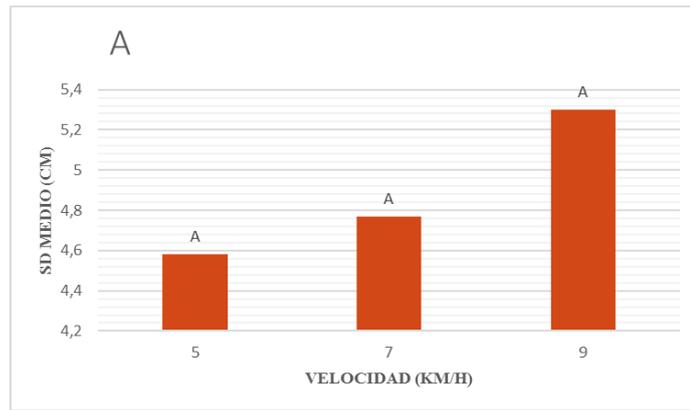


Figura 9. (A) Desvío estándar medio de la distancia entre semillas, según la velocidad de avance de la sembradora. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

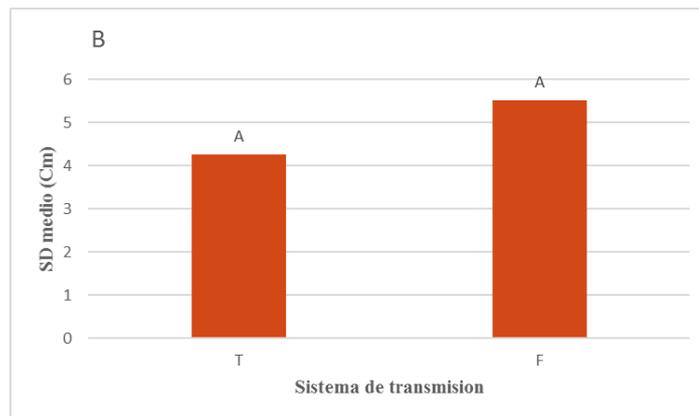


Figura 9. (B) Desvío estándar medio de la distancia entre semillas de acuerdo al sistema de transmisión utilizado. T: Sistema de transmisión tradicional, F: Sistema de transmisión flexible. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

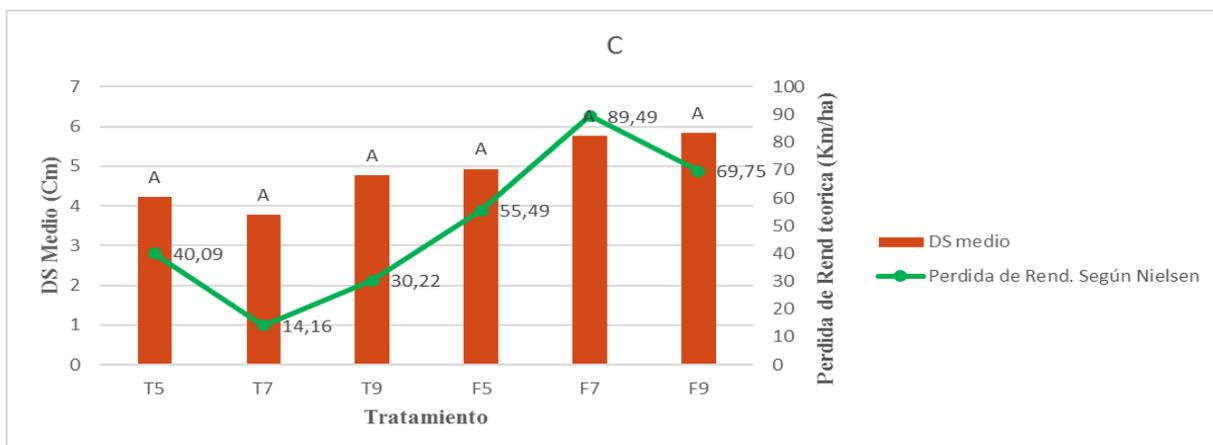


Figura 9. (C) Desvío estándar medio de la distancia entre semillas y pérdida de rendimiento por hectárea según ecuación de Nielsen en función al sistema de transmisión y la velocidad de avance. T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Al comparar el índice de dispersión (SD) a distintas velocidades (Figura 9 A), si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se puede observar que a medida que aumentamos la velocidad de avance de la sembradora, hay una tendencia de que el desvío estándar aumenta. En la Figura 9 B, en la cual se compara el índice de dispersión (SD) con el sistema de transmisión, se puede observar una tendencia donde el sistema de transmisión tradicional tiene menor desvío estándar que el sistema de transmisión flexible. En el último gráfico, donde comparamos el índice de dispersión (SD) entre los distintos tratamientos (Figura 9 C), en el sistema de transmisión flexible se mantiene la tendencia que a mayor velocidad siembra, mayor desvío estándar, no ocurriendo lo mismo con el sistema de transmisión tradicional, ya que el menor desvío estándar ocurre a 7 km h⁻¹, seguido por el de 5 km h⁻¹ y luego por 9 km h⁻¹.

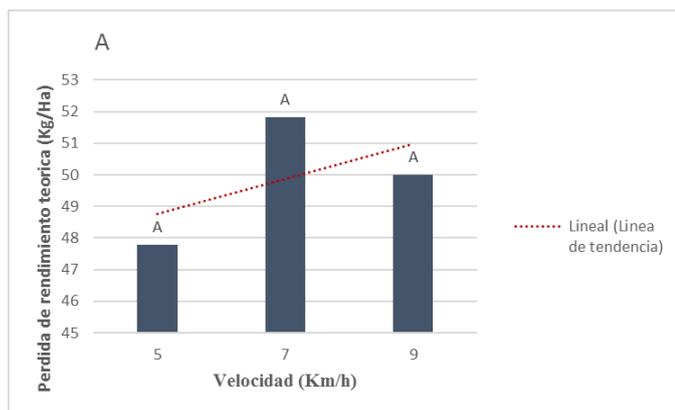


Figura 10. (A) Pérdida de rendimiento por hectárea según ecuación de Nielsen en función de la velocidad de avance. Las letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

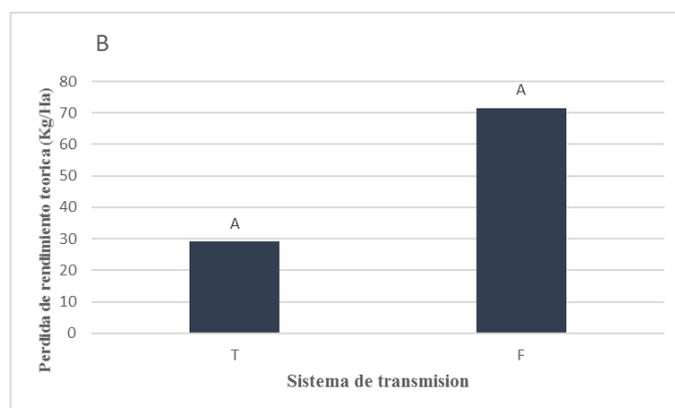


Figura 10. (B) Pérdida de rendimiento por hectárea según ecuación de Nielsen en función del sistema de transmisión del dosificador T: Sistema de transmisión tradicional, F: Sistema de transmisión flexible. Las letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En la figura 10 (A) se puede observar que a medida que aumenta la velocidad de avance hay una tendencia que aumenta la pérdida de rendimiento por hectárea. Siendo esta tendencia de pérdida de rendimiento por hectárea mayor en el sistema de transmisión flexible comparándola con el sistema tradicional (Figura 10 B). Sin embargo, estas diferencias según el ANAVA no fueron estadísticamente significativas.

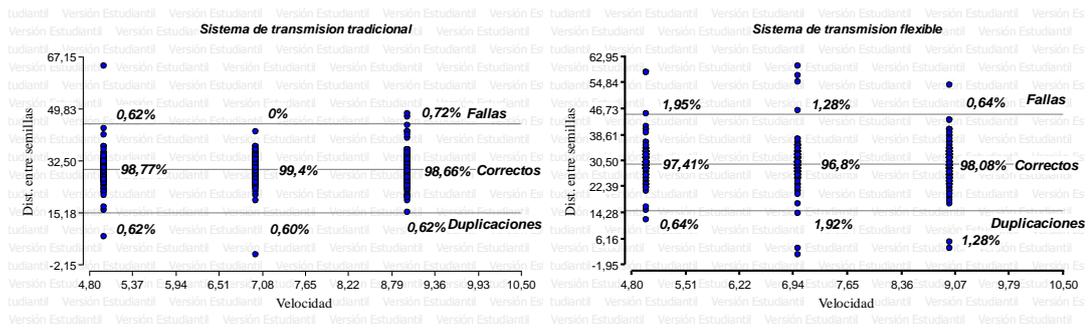


Figura 11. Porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones según tipo de sistema de transmisión y velocidad de avance.

Al comparar los porcentajes de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones entre los tratamientos, en el sistema de transmisión tradicional se observa una tendencia donde el mayor porcentaje de datos correctos se encuentra a 7 km h^{-1} , seguido por 5 km h^{-1} y 9 km h^{-1} respectivamente. En cuanto a los tratamientos con el sistema de transmisión flexible la tendencia es que el mayor porcentaje de datos correctos se encontró a los 9 km h^{-1} , seguido por 5 km h^{-1} y 7 km h^{-1} respectivamente. La tendencia en el porcentaje de fallas y duplicaciones es que fueron similares en el sistema de transmisión tradicional, salvo a 7 km h^{-1} donde no se observaron fallas, en cuanto al sistema de transmisión flexible, la tendencia es que estos porcentajes fueron claramente superiores, en algunos casos siendo el doble. Cabe resaltar que estas diferencias según el ANAVA no tienen significancia estadística.

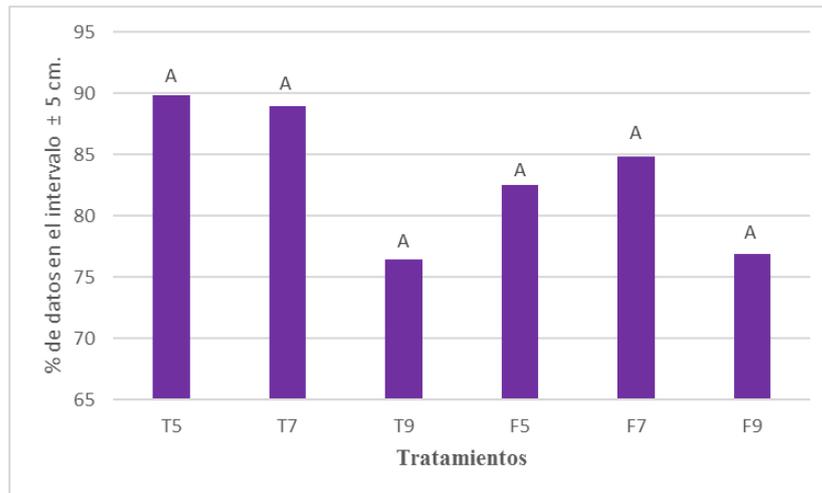


Figura 12. Porcentaje de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance. T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Las letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En lo que se refiere al porcentaje de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm se puede observar una tendencia que en ambos tipos de sistema de transmisión a 9 km h⁻¹ la cantidad de datos en dicho intervalo disminuye. Comparando solamente los sistemas de transmisión de dosificadores la tendencia es que hay una ventaja a favor del sistema de transmisión tradicional sobre el sistema flexible. Estas diferencias según el ANAVA no son estadísticamente significativas.

Campo

En la Tabla N° 2 se pueden apreciar los valores de la media, coeficiente de variación (CV), desvío estándar (SD), pérdida teórica de rendimiento según ecuación de Nielsen, % de fallas, % duplicaciones, % datos correctos, % de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm, eficiencia de siembra y población lograda en función de cada uno de los diferentes tratamientos realizados a campo. Obtenidos por los dos tipos de sistemas de transmisión de dosificadores, a las tres velocidades evaluadas (5 km h⁻¹, 7 km h⁻¹ y 9 km h⁻¹).

Tabla N°2: Valores obtenidos por los dos tipos de sistemas de transmisión de dosificadores (sistema de transmisión tradicional y sistema de transmisión flexible), a las tres velocidades evaluadas (5 km h⁻¹, 7 km h⁻¹ y 9 km h⁻¹) en el ensayo a campo.

Mediciones	Tratamientos					
	T5	T7	T9	F5	F7	F9
Distanciamiento medio entre semillas (cm)	24,72 (BC)	24,97 (BC)	25,54 (C)	23,98 (AB)	23,4 (A)	24,02 (AB)
SD medio (cm)	5,92 (A)	6,69 (A)	6,67 (A)	5,64 (A)	5,83 (A)	5,8 (A)
CV medio %	23,79 (A)	26,84 (A)	25,86 (A)	23,29 (A)	24,71 (A)	23,94 (A)
Pérdida teórica de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen (kg/ha)	71,92 (A)	110,8 (A)	114,98 (A)	82,02 (A)	73,51 (A)	76,79 (A)
% de datos considerados fallas (> de 36 cm de distancia)	3,49 (A)	4,47 (A)	5,23 (A)	4,25 (A)	2,07 (A)	3,91 (A)
% de datos considerados duplicaciones (< de 12 cm de distancia)	1,72 (A)	2,25 (A)	0,85 (A)	0,84 (A)	2,89 (A)	1,67 (A)
% de datos considerados correctos (13-45 cm de distancia)	94,79 (A)	93,29 (A)	94,87 (A)	94,9 (A)	95,05 (A)	94,42 (A)
% de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm.	81,81 (A)	83,7 (A)	81,31 (A)	86,19 (A)	80,8 (A)	80,39 (A)
Población lograda (n° de plantas emergidas ha ⁻¹)	77578 (A)	75846 (A)	76570 (A)	79933 (A)	80933 (A)	79595 (A)
Eficiencia de siembra (n° de plantas emergidas ha ⁻¹ /n° de semillas sembradas ha ⁻¹)	91,26 (A)	89,23 (A)	90,08 (A)	94 (A)	95,21 (A)	93,64 (A)

Referencias: Sistema de transmisión (T: Tradicional, F: Flexible); V: velocidad (5, 7 y 9 km h⁻¹); SD: desvío estándar; CV: Coeficiente de variación. Dentro de las filas, las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) según test de Duncan.

El ANAVA realizado con respecto a las variables analizadas, indicó que con excepción de la variable distanciamiento medio entre semillas, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos evaluados.

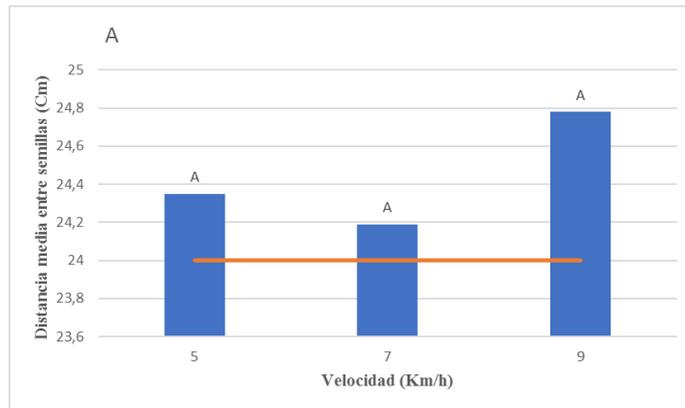


Figura 13. (A) Distancia entre semillas según las distintas velocidades de avance. Donde la línea representa la distancia media teórica entre semillas. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

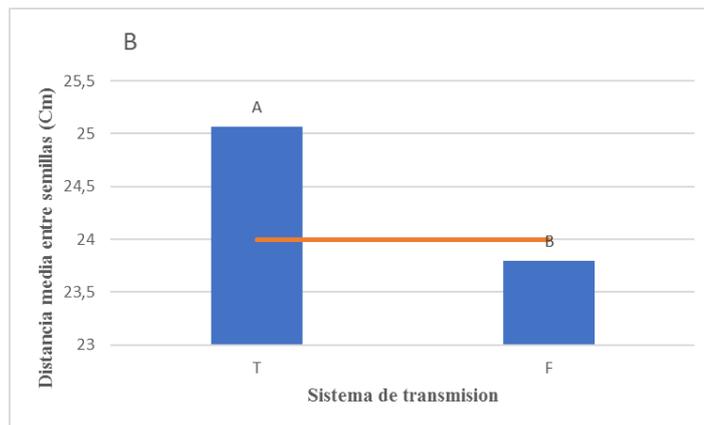


Figura 13. (B) Distancia entre semillas según el tipo de sistema de transmisión utilizado. Donde la línea representa la distancia media teórica entre semillas; T: Sistema de transmisión tradicional, F: Sistema de transmisión flexible. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

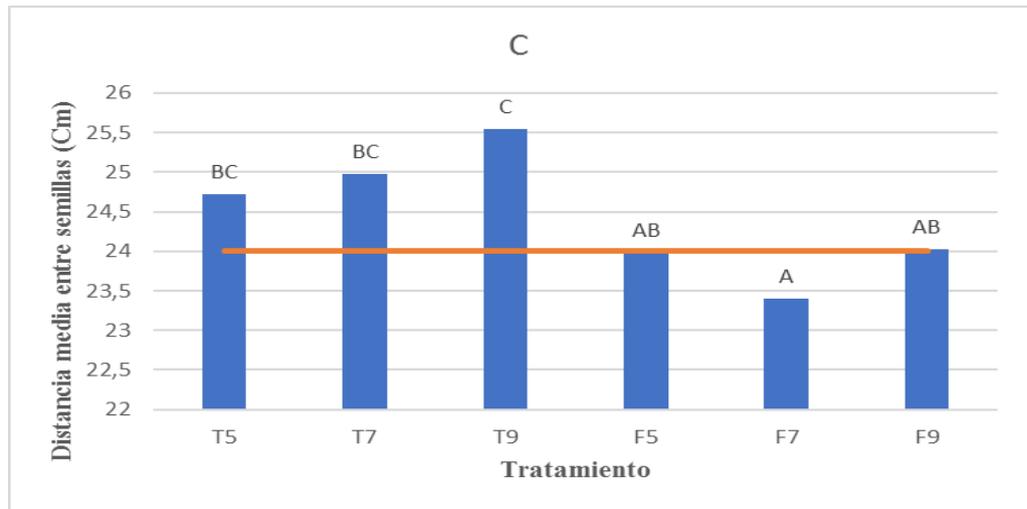


Figura 13. (C) Distancia entre semillas según el tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance. Donde la línea representa la distancia media teórica entre semillas; T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Las letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En la figura 13 A, al comparar la variable distancia entre semillas entre las tres velocidades sin tener en cuenta el tipo de sistema de transición del dosificador, se observó una tendencia que a 7 km h⁻¹ es cuando la media real se asemeja más a la media teórica, aunque estas diferencias según el ANAVA no son estadísticamente significativas. Cuando se comparan los distintos sistemas de transmisión (Figura 13 B), el sistema flexible tiene una media real más próxima a la teórica, siendo esta diferencia estadísticamente significativa con respecto al sistema tradicional. Por último, si bien en la combinación de ambos en los distintos tratamientos (Figura 13 C), los dos que más se acercaron a la media teórica fueron F5 y F9, seguido por F7 con una diferencia estadísticamente significativa según el test de Duncan respecto a los tratamientos realizados con el sistema de transmisión tradicional, en los cuales a medida que se aumentó la velocidad de avance más se alejó la media teórica de la media real, al obtener que el ANAVA no tiene diferencia estadísticamente significativa, pierde validez, no pudiendo afirmar lo ante dicho, si no tomarlo como una tendencia.

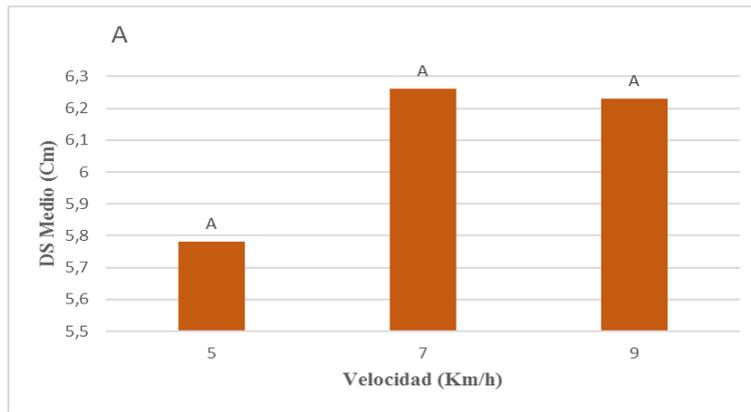


Figura 14. (A) Desvió estándar medio de la distancia entre semillas, según la velocidad de avance de la sembradora. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

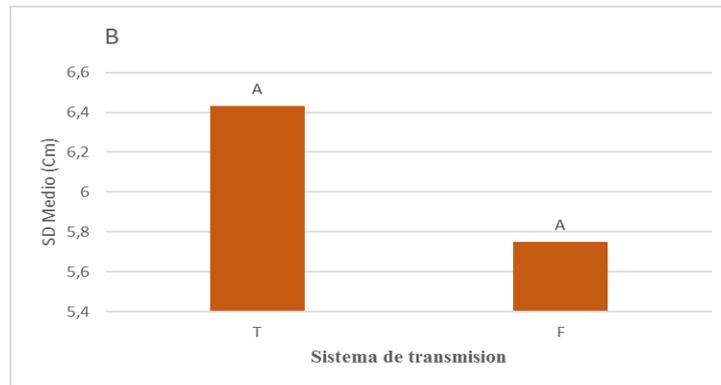


Figura 14. (B) Desvió estándar medio de la distancia entre semillas de acuerdo al sistema de transmisión utilizado. T: Sistema de transmisión tradicional, F: Sistema de transmisión flexible. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

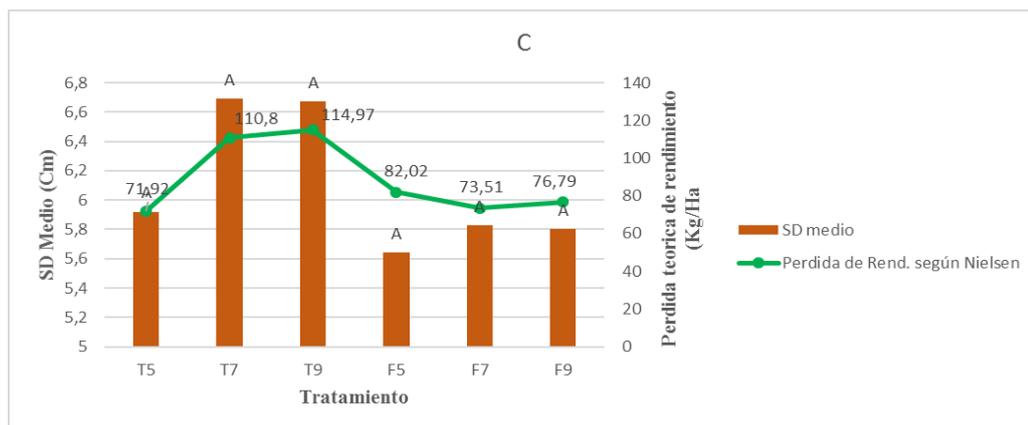


Figura 14. (C) Desvío estándar medio de la distancia entre semillas y pérdida de rendimiento por hectárea según fórmula de Nielsen en función al sistema de transmisión y la velocidad de avance. T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Al comparar el índice de dispersión (SD) a distintas velocidades (Figura 14 A) se puede observar que cuando aumenta la velocidad de avance de 5 a 7 km h⁻¹ la tendencia es que el aumento del desvío estándar es grande, pero cuando aumento de 7 a 9 km h⁻¹ la tendencia es que este no varía mucho, incluso disminuye. En la Figura 14 B, en la cual se compara el índice de dispersión (SD) con el sistema de transmisión, se puede observar la tendencia de que el sistema de transmisión flexible tiene menor desvío estándar que el sistema de transmisión tradicional. En el último gráfico, donde comparamos el índice de dispersión (SD) entre los distintos tratamientos (Figura 14 C), en ambos sistemas de transmisión se mantiene la tendencia de un gran aumento del desvío estándar cuando pasamos de 5 a 7 km h⁻¹ y que esta tendencia es muy similar cuando aumentamos la velocidad de avance de 7 a 9 km h⁻¹. En cuanto a la pérdida teórica de rendimiento según Nielsen, la tendencia es que las pérdidas teóricas fueron menores en el sistema de transmisión flexible.

Es de suma importancia aclarar, que estas diferencias según el ANAVA, no son estadísticamente significativas.

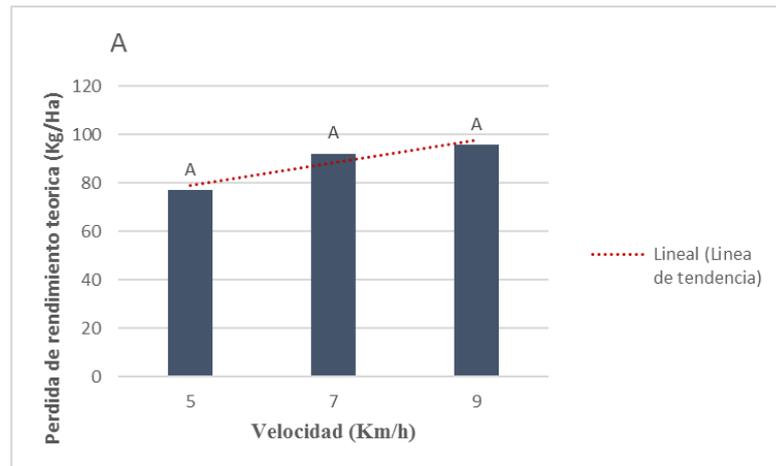


Figura 15. (A) Pérdida de rendimiento por hectárea según ecuación de Nielsen en función de la velocidad de avance. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

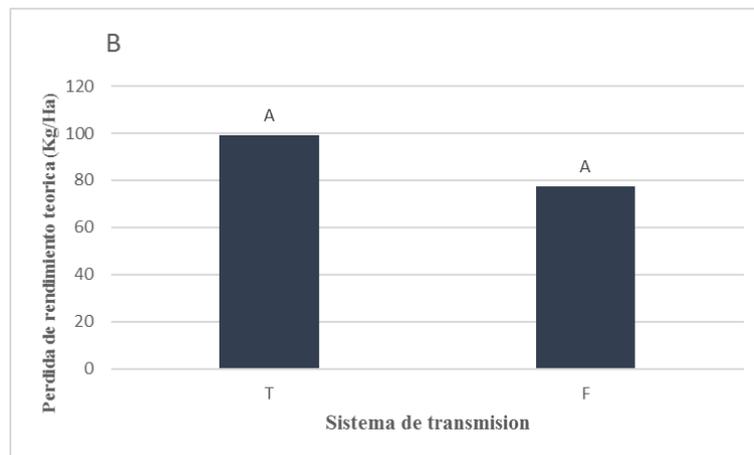


Figura 15. (B) Pérdida de rendimiento por hectárea según ecuación de Nielsen en función del sistema de transmisión del dosificador. T: Sistema de transmisión tradicional, F: Sistema de transmisión flexible. Letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En la figura 15 (A) se puede observar que a medida que aumenta la velocidad de avance hay una tendencia a aumentar la pérdida de rendimiento por hectárea. Siendo esta tendencia de pérdida de rendimiento mayor en el sistema de transmisión tradicional comparándola con el sistema flexible (Figura 15 B). Estas diferencias según el ANAVA no son estadísticamente significativas.

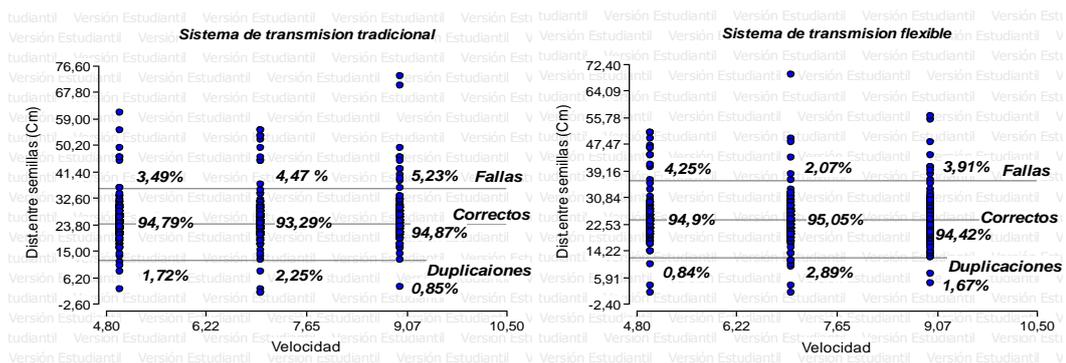


Figura 16. Porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones según tipo de sistema de transmisión y velocidad de avance.

Si se comparan los porcentajes de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones entre los tratamientos, en el sistema de transmisión tradicional se observa una tendencia donde el mayor porcentaje de datos correctos se encuentran a 9 km h^{-1} , seguido por 5 km h^{-1} y 7 km h^{-1} respectivamente. En cuanto a los tratamientos con el sistema de transmisión flexible la tendencia es que el mayor porcentaje de datos correctos se encontró a los 7 km h^{-1} , seguido por 5 km h^{-1} y 9 km h^{-1} respectivamente. La tendencia en el porcentaje de fallas en el sistema de transmisión tradicional es que fueron en aumento a medida que se aumentó la velocidad de avance, esta tendencia se mantuvo con las duplicaciones, salvo a 9 km h^{-1} donde se encontraron el menor % de duplicaciones de ese sistema. En cuanto al sistema de transmisión flexible, la tendencia es que el menor % de fallas se encontró a 7 km h^{-1} y el menor % de duplicaciones a 5 km h^{-1} . Estas diferencias según el ANAVA no tienen significancia estadística.

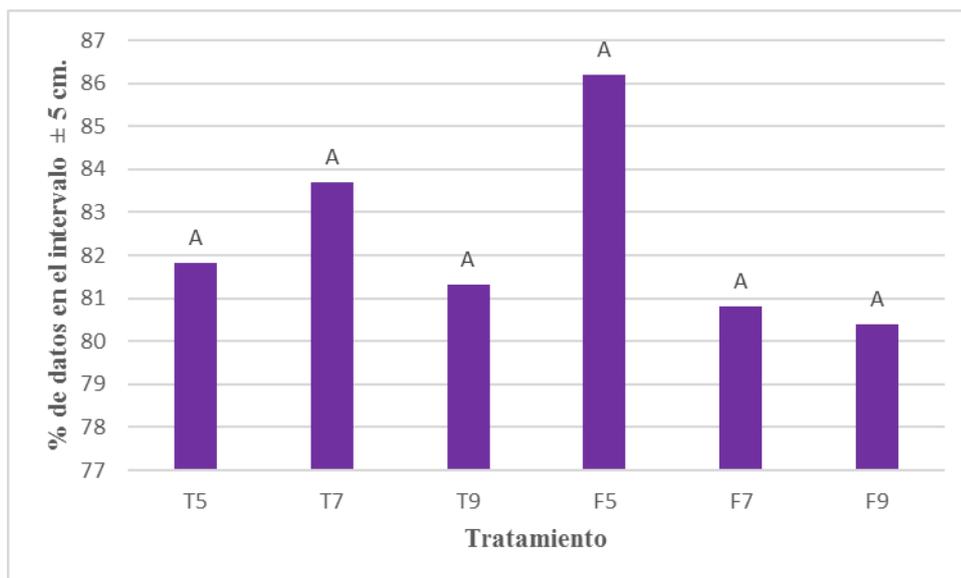


Figura 17. Porcentaje de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm. en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance. T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Las letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

En lo que se refiere al porcentaje de datos en el intervalo $\bar{x} \pm 5$ cm se puede observar que en el sistema de transmisión tradicional la tendencia es que a 7 km h⁻¹ es donde se encontraron la mayor cantidad de datos en dicho intervalo, seguido por 5 km h⁻¹ y 9 km h⁻¹ respectivamente, mientras que, en el sistema tradicional, la tendencia es que la mayor cantidad de datos en dicho intervalo se obtuvieron a 5 km h⁻¹, luego 7 km h⁻¹ y 9 km h⁻¹ respectivamente. Comparando solamente los sistemas de transmisión de dosificadores puede observarse una tendencia donde hay una ventaja a favor del sistema de transmisión tradicional sobre el sistema flexible, a excepción de la velocidad de avance de 5 km h⁻¹ que la tendencia es que se obtuvieron mejores resultados en el flexible. Estas diferencias según el ANAVA no son estadísticamente significativas.

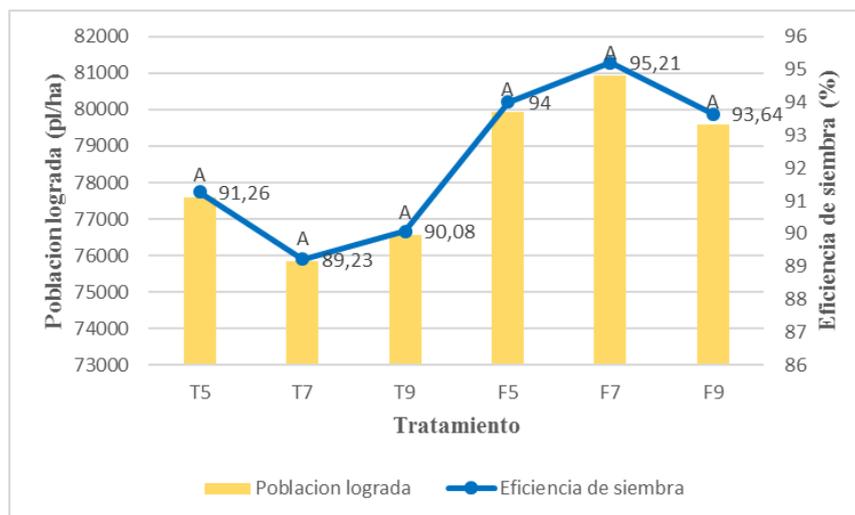


Figura 18. Población lograda y eficiencia de siembra en función del tipo de sistema de transmisión y la velocidad de avance. T5: Sistema de transmisión tradicional a 5 km h⁻¹, T7: Sistema de transmisión tradicional a 7 km h⁻¹, T9: Sistema de transmisión tradicional a 9 km h⁻¹, F5: Sistema de transmisión flexible a 5 km h⁻¹, F7: Sistema de transmisión flexible a 7 km h⁻¹, F9: Sistema de transmisión flexible a 9 km h⁻¹. Las letras iguales indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Analizando las poblaciones logradas, se puede observar que la tendencia es que los resultados obtenidos con el sistema de transmisión flexible fueron mejores que los obtenidos con el sistema tradicional. Esta tendencia se mantiene al analizar la eficiencia de siembra. Al comparar los seis tratamientos en cuanto a las poblaciones logradas y eficiencia de siembra en orden descendente se encuentran: F7 (95,21%), F5 (94%), F9(93,64%), T5 (91,26%), T9 (90,08%) y T7 (89,23%). Estas diferencias según el ANAVA no son estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

Al analizar los resultados se pudo observar que ninguna de las variables bajo estudio fue afectada por los sistemas de transmisión, ni por las velocidades de siembra, ni la interacción entre ambos factores (Tabla 1 y 2). Al evaluar la distancia media entre semillas no se pudo definir tanto a campo como a laboratorio, cual velocidad de siembra presentó el mejor comportamiento, sin embargo, Maroni, (2001). indicó que: “Las altas velocidades de avance con abundante rastrojo en superficie, favorecen las atoraduras y pueden afectar el cubrimiento de la semilla, efectos que determinan la sugerencia, por parte de los fabricantes, de operar a velocidades que no excedan los 6 km h^{-1} ”, esta diferencia con lo expresado por este autor, podría explicarse por las condiciones del terreno en las cuales se sembró el ensayo, ya que el mismo presentaba una baja cobertura de rastrojo en superficie lo que facilita la labor de siembra, evitando atoraduras. Coincidiendo con lo expresado por Bragachini *et al.*, (2014) que indicó que: “rastrojo abundante, con humedad superficial, en lotes con varios años de siembra directa, provoca un aumento de la resistencia al corte del rastrojo, falta de reacción del suelo, enterrado del rastrojo en la línea de siembra y susceptibilidad al atoramiento de las sembradoras”. Al comparar los sistemas de transmisión del dosificador, solo a campo se encontraron diferencias estadísticamente significativas, donde el sistema flexible tuvo un mejor comportamiento respecto al sistema tradicional. Esto se podría atribuir al factor relieve que se suma en el ensayo realizado a campo y que según Rochi, (2015). el sistema de transmisión flexible permite lograr mayor precisión, que los sistemas convencionales, sin las fallas que se pueden generar, por ejemplo, por una cadena mal tensada.

En lo que respecta al desvío estándar según el ANAVA no hay diferencias estadísticamente significativas, si se puede observar una tendencia que, el desvío estándar aumenta a medida que la velocidad de siembra se incrementa y esto se puede observar tanto en banco de prueba como a campo, coincidiendo con lo expresado por Delafosse, (1982), Baker, (1994) y Balboa *et al.*, (2010). Posiblemente las causas del efecto de la velocidad de avance se pueden resumir en que a medida que esta aumenta se incrementa la velocidad de caída de las semillas en los tubos de descarga y la velocidad instantánea de llegada al suelo, con lo cual la disposición espacial pierde uniformidad. Cuando se compara esta variable entre los dos sistemas de transmisión tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas, si se pudo observar que en el laboratorio la tendencia fue que el sistema de transmisión tradicional tuvo menor desvío estándar que el sistema de transmisión flexible, mientras que a campo la tendencia fue que el sistema de transmisión flexible obtuvo un menor desvío estándar y por ende una mayor uniformidad de siembra, coincidiendo con lo que se

obtuvo con la distancia media entre semillas y con lo expresado por Rochi, (2015). Esto se puede atribuir posiblemente al relieve y a una eventual cadena mal tensada.

A la hora de relacionar la pérdida de rendimiento con el desvío estándar fue de gran interés aplicar la tasa de merma formulada por Nielsen, (2001). Según los resultados encontrados tanto para banco como a campo a medida que se aumenta la velocidad, hay una tendencia de que el desvío estándar y el coeficiente de variación también aumentan generando una mayor pérdida de rendimiento. La diferencia en esta tendencia se encuentra en que en laboratorio el sistema de transmisión tradicional presento mejor comportamiento, pero a campo se dio lo contrario. Algunas de las razones por las cuales ocurre esta pérdida de rendimiento según Bragachini *et al.*, (2001) se puede adjudicar a que cuando el stand de plantas es desuniforme, la sobredensidad ejerce un efecto de competencia apareciendo plantas dominantes y dominadas, estas últimas no pueden recuperarse al avanzar su ciclo y como consecuencia sufren caída del rendimiento. Otro de los efectos causados por las altas velocidades es el escaso copiado del terreno lo que trae aparejado una menor uniformidad en la profundidad de siembra quedando semillas en distintas condiciones de germinación lo que explicaría la gran diferencia en los resultados observados en banco y a campo donde ocurre una mayor desuniformidad (Delafosse, 1982).

En lo que se refiere al porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones se observó un aumento de las fallas y duplicaciones al pasar del laboratorio al campo y por ende una disminución de los datos correctos, en este último. Aunque no hay diferencias estadísticamente significativas respecto a que sistema de transmisión o velocidad de avance presentó los mayores porcentajes. Ahora, cuando se analiza el porcentaje de datos en un intervalo $x \pm 5$ cm tanto en banco como a campo resulta evidente que a medida que se aumenta la velocidad de avance esta proporción tiene una tendencia a disminuir observándose los mayores porcentajes a 5 y 7 km h⁻¹ coincidiendo con lo expresado por Delafosse, (1982), Baker, (1994) y Balboa *et al.* (2010). Al comparar esta variable entre los sistemas de transmisión del dosificador se observa que en laboratorio el sistema tradicional presento un mayor porcentaje de datos en dicho intervalo a 5 y 7 km h⁻¹, mientras que a campo tuvo mejor performance a 7 y 9 km h⁻¹, sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas.

En cuanto a las poblaciones logradas y eficiencia de siembra obtenidas a campo hay una tendencia a favor del sistema de transmisión flexible, pero sin significancia estadística. Esto se puede atribuir posiblemente a que, si bien el cambio de la caja de la sembradora es el mismo, debido a que el sistema de transmisión es el encargado de llevar el movimiento desde las ruedas de mando a los dosificadores de semillas, los cuales se encargan de entregar las semillas de a una por vez, para lograr poblaciones y distribuciones adecuadas. Al variar el sistema de transmisión la velocidad con la que hace girar los dosificadores sean distintas.

CONCLUSIÓN

Del estudio realizado, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, por lo que no se puede llegar a una conclusión en la cual un sistema de transmisión sea mejor sobre el otro, ni tampoco cual es la mejor velocidad de siembra.

Según el análisis se demuestra que si ambos tipos de sistemas de transmisión están bien regulados proporcionarían una misma calidad de siembra. No siendo la misma afectada por la velocidad. Sería interesante al tratarse de un sistema que aún no ha sido suficientemente probado, seguir realizando estudios respecto a su performance en otros ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

AAPRESID. 2015. Revista tecnica de la asociación argentina de productores en siembra directa. Red de innovadores. ISSN 1850-0633.

ALEMÁN, R., GIL V., QUINTERO, E., SAUCEDO, O., ÁLVAREZ, U., GARCÍA, J. C., CACHÓN, A., BARREDA, A. y GUZMÁN, L. 2008. Producción de granos en condiciones de sostenibilidad, Ed. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

BALBOA, G.R., ESPÓSITO, G.P., CASTILLO, C.A., BALBOA, R.G. y DE DESEO, G. Uniformidad espacial de plantación en maíz (*Zea mays L.*). En: IX Congreso Nacional de Maíz. Rosario. 17-19 de Noviembre. Consultado: 15/03/2016.

BAUMER, C., DEVITO, C., y GONZALEZ, N. 1994. Sembradoras directas de granos finos. Boletín de Extensión n° 9. PAC-BAN n°5. 24 pp.

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.

BRAGACHINI, M., VON MARTINI A., MENDEZ, A. y EEA INTA Manfredi 2001. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. En: www.agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/maiz/eficiencia_de_implantacion_de%20maiz.pdf. Consultado: 14/03/2016.

BRAGACHINI, M., MÉNDEZ. A., SCARAMUZZA, F., y EEA INTA Manfredi 2004. Siembra directa de trigo con abundante rastrojo en superficie. Equipamiento de la sembradora. Proyecto agricultura de precisión.

CABRERA, R. 2007. Máquinas sembradoras, Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER, Cátedra de Mecanización Agrícola.

CHAVES, A. EUNED 2004. Maquinaria y mecanización agrícola. ISBN 9968-31-332-7.

DELAFOSSÉ, 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., BALZARINI, M., CASANOVES, F., GONZALEZ, L., TABLADA, M., ROBLEDO, C. W. 2016. InfoStat/ Profesional versión 1.1. Cátedra de Estadística y Diseño. UNC.

GARCÍA, J. F. y B. DIEZMA. 2005. "Aspectos prácticos para la regulación y puesta a punto de una sembradora. ", Consejos de mantenimiento.

GIL, E. 1999. Sembradoras de cereales. La calidad de la siembra y su relación con las características de los equipos. Tendencias actuales, 1-10pp., Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Superior de Agricultura de Barcelona.

MARONI, J. Y GARGICEVICH, A. 2001. Uso eficaz del dosificador de las sembradoras. En: www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/12/8AM12.htm. Consultado: 14/03/2016.

NIELSEN, R. L. 1993. Stand establishment variability in corn. AGRY-91-01. Agronomy Department. Purdue.

PRINCIPI, M.A., CARDINALI, O.P., MATTANA, R.R., COLODRO, J.L. 1987. Diseño de un banco de ensayo de distribuidores de semillas para sembradoras de granos gruesos. II Jornadas Científico-Técnicas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, U.N.R.C. Río cuarto, Córdoba, Argentina. Actas de resúmenes, p 33.

ROCHI, I. 2015- GUIA DE MAQUINAC- Sistema de transmisión de siembra FlexSeeder. En: www.maquinac.com/productos/sistema-de-transmision-de-siembra-flexseeder/. Consultado: 20/09/2015.

TOURN, M. C., SOZA, E. L. 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

Resultado del ANAVA de la variable distancia entre plantas.

Tabla N°3: Análisis de datos en laboratorio.

Medidas resumen

Velocidad	Sistema	Variable	n	Media	D.E.	Var (n-1)	Var (n)	CV
5,00	F	Dist. semillas	153	29,95	5,28	27,92	27,74	17,64
5,00	T	Dist. semillas	157	29,55	4,75	22,61	22,46	16,09
7,00	F	Dist. semillas	153	29,69	6,35	40,29	40,03	21,38
7,00	T	Dist. semillas	160	29,24	3,96	15,69	15,60	13,55
9,00	F	Dist. semillas	153	29,52	6,00	36,01	35,78	20,33
9,00	T	Dist. semillas	156	29,56	4,90	24,05	23,90	16,59

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Dist. semillas	932	0,01	0,00	17,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	184,04	25	7,36	0,26	0,9999
Bloque	67,16	5	13,43	0,48	0,7927
Velocidad	12,64	2	6,32	0,23	0,7985
Bloque*Velocidad	71,11	10	7,11	0,25	0,9903
Sistema	16,42	1	16,42	0,58	0,4448
Bloque*Sistema	5,18	5	1,04	0,04	0,9993
Velocidad*Sistema	12,07	2	6,03	0,21	0,8067
Error	25450,60	906	28,09		
Total	25634,64	931			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 28,0912 gl: 906

Velocidad	Medias	n	E.E.
7,00	29,47	313	0,30 A
9,00	29,56	309	0,30 A
5,00	29,75	310	0,30 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 28,0912 gl: 906

Sistema	Medias	n	E.E.
T	29,46	473	0,24 A
F	29,73	459	0,25 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 28,0912 gl: 906

Velocidad	Sistema	Medias	n	E.E.
7,00	T	29,25	160	0,42 A
9,00	F	29,53	153	0,43 A
5,00	T	29,55	157	0,42 A
9,00	T	29,58	156	0,42 A
7,00	F	29,70	153	0,43 A
5,00	F	29,95	153	0,43 A

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

Tabla N°4: Análisis de datos a campo.

Medidas resumen

Velocidad	Sistema	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Var(n)	CV
5,00	F	Dist. semilla	239	23,95	6,07	36,83	36,67	
25,33								
5,00	T	Dist. semilla	231	24,70	6,07	36,78	36,63	
24,55								
7,00	F	Dist. semilla	242	23,39	6,11	37,32	37,16	
26,11								
7,00	T	Dist. semilla	226	24,96	6,93	48,06	47,84	
27,77								
9,00	F	Dist. semilla	238	24,01	5,98	35,76	35,61	
24,91								
9,00	T	Dist. semilla	228	25,53	6,94	48,22	48,01	
27,20								

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Dist. semilla	1404	0,02	2,8E-03	26,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1340,23	29	46,21	1,14	0,2812
Bloque	45,06	6	7,51	0,18	0,9811
Velocidad	88,87	2	44,44	1,09	0,3353
Bloque*Velocidad	436,12	12	36,34	0,89	0,5521
Sistema	568,12	1	568,12	13,98	0,0002
Bloque*Sistema	149,51	6	24,92	0,61	0,7199
Sistema*Velocidad	50,47	2	25,24	0,62	0,5375
Error	55826,73	1374	40,63		
Total	57166,96	1403			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 40,6308 gl: 1374

Velocidad	Medias	n	E.E.
7,00	24,19	468	0,29 A
5,00	24,35	470	0,29 A
9,00	24,78	466	0,30 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 40,6308 gl: 1374

Sistema	Medias	n	E.E.
F	23,80	719	0,24 A
T	25,07	685	0,24 B

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 40,6308 gl: 1374

Sistema	Velocidad	Medias	n	E.E.
F	7,00	23,40	242	0,41 A
F	5,00	23,98	239	0,41 A B
F	9,00	24,02	238	0,41 A B
T	5,00	24,72	231	0,42 B C
T	7,00	24,97	226	0,42 B C
T	9,00	25,54	228	0,42 C

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

Resultado del ANAVA de la variable desvió estándar

Tabla N°5: Análisis de Desv. Estándar en banco

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D.E.	36	0,70	0,00	44,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	114,54	25	4,58	0,95	0,5651
Bloque	15,89	5	3,18	0,66	0,6607
Velocidad	3,36	2	1,68	0,35	0,7128
Bloque*Velocidad	45,95	10	4,59	0,96	0,5271
Sist. Transmision	13,98	1	13,98	2,91	0,1188
Bloque*Sist. Transmision	32,79	5	6,56	1,37	0,3148
Velocidad*Sist. Transmisio..	2,57	2	1,29	0,27	0,7702
Error	48,02	10	4,80		
Total	162,56	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,8017 gl: 10

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	4,58	12	0,63 A
7,00	4,77	12	0,63 A
9,00	5,30	12	0,63 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,8017 gl: 10

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
T	4,26	18	0,52 A
F	5,51	18	0,52 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,8017 gl: 10

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	T	3,78	6	0,89 A
5,00	T	4,22	6	0,89 A
9,00	T	4,77	6	0,89 A
5,00	F	4,93	6	0,89 A
7,00	F	5,76	6	0,89 A
9,00	F	5,83	6	0,89 A

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

Tabla N°6: Análisis de Desv. Estándar a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D.E.	42	0,85	0,49	24,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	155,25	29	5,35	2,35	0,0597
Bloque	17,93	6	2,99	1,31	0,3233
Velocidad	2,04	2	1,02	0,45	0,6486
Bloque*Velocidad	87,98	12	7,33	3,22	0,0267
Sist. Transmision	4,79	1	4,79	2,11	0,1724
Bloque*Sist. Transmision	41,70	6	6,95	3,05	0,0473
Velocidad*Sist. Transmisio..	0,80	2	0,40	0,18	0,8412
Error	27,32	12	2,28		
Total	182,58	41			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,2770 gl: 12

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	5,78	14	0,40 A
9,00	6,23	14	0,40 A
7,00	6,26	14	0,40 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,2770 gl: 12

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
F	5,75	21	0,33 A
T	6,43	21	0,33 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,2770 gl: 12

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
5,00	F	5,64	7	0,57 A
9,00	F	5,80	7	0,57 A
7,00	F	5,83	7	0,57 A
5,00	T	5,92	7	0,57 A
9,00	T	6,67	7	0,57 A
7,00	T	6,69	7	0,57 A

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

Resultado del ANAVA de la variable coeficiente de variación (CV).

Tabla N°7: Análisis de coeficiente de variación en laboratorio

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CV	36	0,71	0,00	44,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1306,67	25	52,27	0,96	0,5634
Bloque	185,20	5	37,04	0,68	0,6503
Velocidad	38,51	2	19,26	0,35	0,7114
Bloque*Velocidad	530,86	10	53,09	0,97	0,5179
Sist. Transmision	151,91	1	151,91	2,78	0,1265
Bloque*Sist. Transmision	371,59	5	74,32	1,36	0,3168
Velocidad*Sist. Transmisio..	28,60	2	14,30	0,26	0,7749
Error	546,55	10	54,66		
Total	1853,23	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 54,6553 gl: 10

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	15,40	12	2,13 A
7,00	16,19	12	2,13 A
9,00	17,88	12	2,13 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 54,6553 gl: 10

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
T	14,43	18	1,74 A
F	18,54	18	1,74 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 54,6553 gl: 10

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	T	12,97	6	3,02 A
5,00	T	14,33	6	3,02 A
9,00	T	16,00	6	3,02 A
5,00	F	16,46	6	3,02 A
7,00	F	19,41	6	3,02 A
9,00	F	19,75	6	3,02 A

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

Tabla N°8: Análisis de coeficiente de variación a campo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CV	42	0,86	0,53	22,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2264,65	29	78,09	2,59	0,0420
Bloque	312,96	6	52,16	1,73	0,1967
Velocidad	35,55	2	17,77	0,59	0,5695
Bloque*Velocidad	1252,69	12	104,39	3,47	0,0203
Sist. Transmision	24,11	1	24,11	0,80	0,3885
Bloque*Sist. Transmision	633,88	6	105,65	3,51	0,0306
Velocidad*Sist. Transmisio..	5,47	2	2,74	0,09	0,9137
Error	361,33	12	30,11		
Total	2625,98	41			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 30,1108 gl: 12

Velocidad	Medias	n	E.E.	
5,00	23,54	14	1,47	A
9,00	24,90	14	1,47	A
7,00	25,78	14	1,47	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 30,1108 gl: 12

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.	
F	23,98	21	1,20	A
T	25,50	21	1,20	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 30,1108 gl: 12

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.	
5,00	F	23,29	7	2,07	A
5,00	T	23,79	7	2,07	A
9,00	F	23,94	7	2,07	A
7,00	F	24,71	7	2,07	A
9,00	T	25,86	7	2,07	A
7,00	T	26,84	7	2,07	A

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

Resultados del ANAVA de la variable porcentaje de datos en el intervalo 1 cm. - 15 cm (Duplicaciones).

Tabla N°9: Análisis del porcentaje de duplicaciones en laboratorio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Duplicaciones	36	0,64	0,00	224,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	81,16	25	3,25	0,72	0,7563
Bloque	32,16	5	6,43	1,43	0,2937
Velocidad	2,38	2	1,19	0,26	0,7724
Bloque*Velocidad	26,14	10	2,61	0,58	0,7970
Sist. Transmision	4,05	1	4,05	0,90	0,3646
Bloque*Sist. Transmision	13,87	5	2,77	0,62	0,6901
Velocidad*Sist. Transmisio..	2,55	2	1,27	0,28	0,7590
Error	44,94	10	4,49		
Total	126,09	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,4938 gl: 10

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	0,63	12	0,61 A
9,00	0,95	12	0,61 A
7,00	1,26	12	0,61 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,4938 gl: 10

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
T	0,61	18	0,50 A
F	1,28	18	0,50 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,4938 gl: 10

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	T	0,60	6	0,87 A
9,00	T	0,62	6	0,87 A
5,00	T	0,62	6	0,87 A
5,00	F	0,64	6	0,87 A
9,00	F	1,28	6	0,87 A
7,00	F	1,92	6	0,87 A

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

Tabla N°10: Análisis del porcentaje de duplicaciones a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Duplicaciones	42	0,67	0,00	174,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	218,12	29	7,52	0,85	0,6557
Bloque	33,05	6	5,51	0,62	0,7095
Velocidad	15,65	2	7,82	0,88	0,4382
Bloque*Velocidad	62,62	12	5,22	0,59	0,8133
Sist. Transmision	0,39	1	0,39	0,04	0,8375
Bloque*Sist. Transmision	100,31	6	16,72	1,89	0,1639
Velocidad*Sist. Transmisio..	6,11	2	3,06	0,35	0,7147
Error	106,14	12	8,85		
Total	324,26	41			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,8450 gl: 12

Velocidad	Medias	n	E.E.
9,00	1,26	14	0,79 A
5,00	1,28	14	0,79 A
7,00	2,57	14	0,79 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,8450 gl: 12

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
T	1,61	21	0,65 A
F	1,80	21	0,65 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,8450 gl: 12

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
5,00	F	0,84	7	1,12 A
9,00	T	0,85	7	1,12 A
9,00	F	1,67	7	1,12 A
5,00	T	1,72	7	1,12 A
7,00	T	2,25	7	1,12 A
7,00	F	2,89	7	1,12 A

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

Resultados del ANAVA de la variable porcentaje de datos mayores a 45cm (Fallas).

Tabla N°11: Análisis del porcentaje de fallas en laboratorio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% fallas	36	0,66	0,00	235,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82,92	25	3,32	0,79	0,6971
Bloque	3,10	5	0,62	0,15	0,9759
Velocidad	3,09	2	1,54	0,37	0,7004
Bloque*Velocidad	42,63	10	4,26	1,02	0,4887
Sist. Transmision	6,39	1	6,39	1,53	0,2448
Bloque*Sist. Transmision	23,84	5	4,77	1,14	0,4009
Velocidad*Sist. Transmisio..	3,86	2	1,93	0,46	0,6431
Error	41,85	10	4,19		
Total	124,77	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,1855 gl: 10

Velocidad	Medias	n	E.E.
7,00	0,64	12	0,59 A
9,00	0,68	12	0,59 A
5,00	1,28	12	0,59 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,1855 gl: 10

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
T	0,45	18	0,48 A
F	1,29	18	0,48 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,1855 gl: 10

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	T	0,00	6	0,84 A
5,00	T	0,62	6	0,84 A
9,00	F	0,64	6	0,84 A
9,00	T	0,72	6	0,84 A
7,00	F	1,28	6	0,84 A
5,00	F	1,95	6	0,84 A

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

Tabla N°12: Análisis del porcentaje de fallas a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% fallas	42	0,79	0,29	76,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	407,00	29	14,03	1,58	0,2040
Bloque	8,68	6	1,45	0,16	0,9821
Velocidad	11,92	2	5,96	0,67	0,5301
Bloque*Velocidad	282,63	12	23,55	2,65	0,0526
Sist. Transmision	10,20	1	10,20	1,15	0,3054
Bloque*Sist. Transmision	75,43	6	12,57	1,41	0,2870
Velocidad*Sist. Transmisio..	18,14	2	9,07	1,02	0,3902
Error	106,80	12	8,90		
Total	513,81	41			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,9003 gl: 12

Velocidad	Medias	n	E.E.
7,00	3,27	14	0,80 A
5,00	3,87	14	0,80 A
9,00	4,57	14	0,80 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,9003 gl: 12

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
F	3,41	21	0,65 A
T	4,40	21	0,65 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,9003 gl: 12

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	F	2,07	7	1,13 A
5,00	T	3,49	7	1,13 A
9,00	F	3,91	7	1,13 A
5,00	F	4,25	7	1,13 A
7,00	T	4,47	7	1,13 A
9,00	T	5,23	7	1,13 A

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

Resultados del ANAVA de la variable porcentaje de datos entre 15-45 (correctos).

Tabla N°13: Análisis del porcentaje de datos correctos en laboratorio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Correctos	36	0,62	0,00	3,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	247,47	25	9,90	0,66	0,8043
Bloque	53,72	5	10,74	0,72	0,6225
Velocidad	0,60	2	0,30	0,02	0,9800
Bloque*Velocidad	98,44	10	9,84	0,66	0,7379
Sist. Transmision	20,63	1	20,63	1,38	0,2666
Bloque*Sist. Transmision	67,79	5	13,56	0,91	0,5116
Velocidad*Sist. Transmisio..	6,29	2	3,14	0,21	0,8133
Error	148,97	10	14,90		
Total	396,44	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 14,8971 gl: 10

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	98,09	12	1,11 A
7,00	98,10	12	1,11 A
9,00	98,37	12	1,11 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 14,8971 gl: 10

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
F	97,43	18	0,91 A
T	98,94	18	0,91 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 14,8971 gl: 10

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	F	96,80	6	1,58 A
5,00	F	97,41	6	1,58 A
9,00	F	98,08	6	1,58 A
9,00	T	98,66	6	1,58 A
5,00	T	98,77	6	1,58 A
7,00	T	99,41	6	1,58 A

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

Tabla N°14: Análisis del porcentaje de datos correctos a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Correctos	42	0,70	0,00	5,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	796,45	29	27,46	0,98	0,5415
Bloque	69,18	6	11,53	0,41	0,8571
Velocidad	3,39	2	1,69	0,06	0,9415
Bloque*Velocidad	495,59	12	41,30	1,48	0,2548
Sist. Transmision	2,36	1	2,36	0,08	0,7763
Bloque*Sist. Transmision	216,68	6	36,11	1,29	0,3315
Velocidad*Sist. Transmisio..	9,26	2	4,63	0,17	0,8493
Error	335,55	12	27,96		
Total	1132,00	41			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 27,9623 gl: 12

Velocidad	Medias	n	E.E.	
7,00	94,17	14	1,41	A
9,00	94,64	14	1,41	A
5,00	94,85	14	1,41	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 27,9623 gl: 12

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.	
T	94,32	21	1,15	A
F	94,79	21	1,15	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 27,9623 gl: 12

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.	
7,00	T	93,29	7	2,00	A
9,00	F	94,42	7	2,00	A
5,00	T	94,79	7	2,00	A
9,00	T	94,87	7	2,00	A
5,00	F	94,90	7	2,00	A
7,00	F	95,05	7	2,00	A

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

Resultados del ANAVA de la variable % de datos en el intervalo $x \pm 5$ cm.

Tabla N°15: Análisis del porcentaje de datos en el intervalo $x \pm 5$ cm en laboratorio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de datos en el intervalo..	6	0,91	0,77	3,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	150,48	3	50,16	6,69	0,1328
Vel.	129,84	2	64,92	8,66	0,1035
Sist. Transmision	20,65	1	20,65	2,75	0,2389
Error	15,00	2	7,50		
Total	165,48	5			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,4976 gl: 2

Vel.	Medias	n	E.E.	
9,00	76,66	2	1,94	A
5,00	86,14	2	1,94	A
7,00	86,88	2	1,94	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,4976 gl: 2

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.	
F	81,37	3	1,58	A
T	85,08	3	1,58	A

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

Tabla N°16: Análisis del porcentaje de datos en el intervalo $x \pm 5$ cm a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de datos en el intervalo..	6	0,41	0,00	3,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,02	3	3,34	0,47	0,7335
Vel.	9,96	2	4,98	0,70	0,5871
Sist. Transmison	0,05	1	0,05	0,01	0,9394
Error	14,17	2	7,08		
Total	24,18	5			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,0841 gl: 2

Vel.	Medias	n	E.E.	
9,00	80,85	2	1,88	A
7,00	82,25	2	1,88	A
5,00	84,00	2	1,88	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,0841 gl: 2

Sist. Transmison	Medias	n	E.E.	
T	82,27	3	1,54	A
F	82,46	3	1,54	A

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

Resultados del ANAVA de la variable perdida de rendimiento teórico según Nielsen.

Tabla N°17: Análisis de las pérdidas de rendimiento teórico según Nielsen en laboratorio.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. Teorico Perdido	36	0,65	0,00	207,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	197848,28	25	7913,93	0,74	0,7426
Bloque	26383,87	5	5276,77	0,49	0,7752
Velocidad	97,70	2	48,85	4,6E-03	0,9955
Bloque*Velocidad	96555,94	10	9655,59	0,90	0,5637
Sist. Transmision	16965,93	1	16965,93	1,58	0,2368
Bloque*Sist. Transmision	52388,69	5	10477,74	0,98	0,4762
Velocidad*Sist. Transmisio..	5456,14	2	2728,07	0,25	0,7801
Error	107142,69	10	10714,27		
Total	304990,97	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 10714,2685 gl: 10

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	47,79	12	29,88 A
9,00	49,99	12	29,88 A
7,00	51,82	12	29,88 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 10714,2685 gl: 10

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
T	28,16	18	24,40 A
F	71,58	18	24,40 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 10714,2685 gl: 10

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
7,00	T	14,16	6	42,26 A
9,00	T	30,22	6	42,26 A
5,00	T	40,09	6	42,26 A
5,00	F	55,49	6	42,26 A
9,00	F	69,75	6	42,26 A
7,00	F	89,49	6	42,26 A

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

Tabla N°18: Análisis de las pérdidas de rendimiento teórico según Nielsen a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. Teorico Perdido	42	0,80	0,33	100,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	385164,22	29	13281,52	1,69	0,1678
Bloque	43822,68	6	7303,78	0,93	0,5067
Velocidad	2810,09	2	1405,05	0,18	0,8381
Bloque*Velocidad	201539,89	12	16794,99	2,14	0,1006
Sist. Transmision	4984,79	1	4984,79	0,64	0,4406
Bloque*Sist. Transmision	126667,73	6	21111,29	2,69	0,0680
Velocidad*Sist. Transmisio..	5339,04	2	2669,52	0,34	0,7180
Error	94045,14	12	7837,10		
Total	479209,37	41			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7837,0953 gl: 12

Velocidad	Medias	n	E.E.
5,00	76,97	14	23,66 A
7,00	92,16	14	23,66 A
9,00	95,88	14	23,66 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7837,0953 gl: 12

Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
F	77,44	21	19,32 A
T	99,23	21	19,32 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7837,0953 gl: 12

Velocidad	Sist. Transmision	Medias	n	E.E.
5,00	T	71,92	7	33,46 A
7,00	F	73,51	7	33,46 A
9,00	F	76,79	7	33,46 A
5,00	F	82,02	7	33,46 A
7,00	T	110,80	7	33,46 A
9,00	T	114,97	7	33,46 A

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

Resultados del ANAVA de la variable eficiencia de siembra.

Tabla N°19: Análisis de la eficiencia de siembra a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Eficiencia de siembra	6	0,90	0,75	1,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25,73	3	8,58	6,04	0,1453
Vel.	0,59	2	0,30	0,21	0,8270
Sist. Transmison	25,13	1	25,13	17,71	0,0521
Error	2,84	2	1,42		
Total	28,56	5			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,4189 gl: 2

Vel.	Medias	n	E.E.
9,00	91,86	2	0,84 A
7,00	92,22	2	0,84 A
5,00	92,63	2	0,84 A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,4189 gl: 2

Sist. Transmison	Medias	n	E.E.
T	90,19	3	0,69 A
F	94,28	3	0,69 A

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

Resultados del ANAVA de la variable población lograda.

Tabla N°20: Análisis de la población lograda a campo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Poblacion lograda	6	0,90	0,76	1,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18713770,83	3	6237923,61	6,15	0,1430
Vel.	454089,33	2	227044,67	0,22	0,8170
Sist. Transmison	18259681,50	1	18259681,50	18,01	0,0513
Error	2027428,00	2	1013714,00		
Total	20741198,83	5			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1013714,0000 gl: 2

Vel.	Medias	n	E.E.	
9,00	78082,50	2	711,94	A
7,00	78389,50	2	711,94	A
5,00	78755,50	2	711,94	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1013714,0000 gl: 2

Sist. Transmison	Medias	n	E.E.	
T	76664,67	3	581,30	A
F	80153,67	3	581,30	A

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