



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Evaluación de distribución y comportamiento de los sistemas de accionamiento eléctricos y mecánicos en dosificadores MaterMacc.

Fernando M Scaramuzza; Diego D Villarroel; Silvia M Olivo

scaramuzza.fernando@inta.gob.ar - villarroel.diego@inta.gob.ar - olivo.silvia@inta.gob.ar

EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina.

Introducción

En Argentina se siembran aproximadamente 37,5M de hectáreas de cultivos agrícolas extensivos y, alrededor del 90%, bajo el sistema de siembra directa (Rinaudo, M. 2019). La implementación de esta técnica junto al mejoramiento genético, entre otras cosas, permitieron incrementar el rendimiento de los cultivos de manera significativa.

Junto con la evolución tecnológica que se manifestó en el diseño y desarrollo de las sembradoras por parte de fabricantes, también se observaron mejoras en los niveles productivos en agricultura, principalmente por modificaciones en el propio implemento para perfeccionar la calidad de siembra. Simultáneamente, la incorporación de componentes de agricultura de precisión marcó otro punto de inflexión en la brecha tecnológica y el salto productivo, la incorporación de pilotos automáticos, señales satelitales con corrección diferencial. Además, el reemplazo de cajas mecánicas, sistemas de cadenas y engranajes para el comando del tren cinemático por motores eléctricos que permitieron mejorar en la eficiencia de siembra. No obstante, esta actividad hoy se encuentra realizada en un 65% por el servicio de un contratista, el cual para ser rentable debe realizar la mayor cantidad de hectáreas en el menor tiempo posible, por lo tanto, la velocidad de siembra juega un rol fundamental al momento de trabajar a campo.

En este contexto, la tendencia a tecnificar la sembradora para lograr mejorar la calidad de siembra y además a mayor velocidad sin afectar la eficiencia es una premisa que se contempla en diferentes estudios y evaluaciones por parte de instituciones públicas, universidades y empresas privadas. Nielsen, (1997) demostró en ensayos realizados a campo, que se pierden 2,5 bushels por acre (para un maíz con una densidad de 773 kg/m³ esto equivale a 168 kg/ha) en el rendimiento de maíz por cada 2,54 cm de aumento en la desviación estándar del espaciamiento entre plantas. Bragachini y col. (2002), en un ensayo realizado con una sembradora neumática en EEA INTA Manfredi bajo condiciones normales de producción y evaluando la respuesta del rendimiento a la velocidad de siembra, se estableció un desvío estándar (DE) de 7,7 y de 12,4 cm al pasar de 6 a 9 Km/h, provocando una disminución del rendimiento de 660 Kg/ha con un rendimiento promedio de 10.000 Kg/ha y una densidad de 3,4 semillas/m. En la misma Estación Experimental de INTA, trabajos realizados por Bragachini y col (2011) demostraron que, a una profundidad de siembra de 6 cm, pasar de una velocidad de 6 a 9 km/h significó una reducción en el rendimiento de maíz de 9790 a 8420 Kg/ha. Pero a una profundidad de 3 cm el rendimiento cayó aún más, de 7280 a 7080 Kg/ha al comparar la misma secuencia de velocidad de siembra.

Lograr una siembra de calidad, es conseguir que la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener (las sembradas) y las emergidas, sea mínima, la distancia entre ellas uniforme y el tiempo transcurrido para emerger el mínimo para el conjunto de la población (Maroni et al., 2001). Los cultivos como el maíz son muy sensibles a la competencia entre las plantas de la misma especie (intraespecífica). Las deficiencias de las máquinas sembradoras en distribuir las semillas, especialmente con velocidades excesivas de siembra, provocan una distribución irregular de plantas en el surco, presentando una baja uniformidad espacial. Las deficiencias en el funcionamiento de algunos de los componentes de las máquinas sembradoras sobre la distribución en el plano horizontal y localización en el plano vertical de las semillas en el suelo y, especialmente con velocidades excesivas de siembra (superiores a 8 km/h) y semillas irregulares, provocan una distribución anormal de plantas en la línea de siembra.

La incorporación de motores eléctricos evita el solapamiento entre pasadas, realizando corte de siembra cuerpo por cuerpo; esto adquiere relevancia debido a que la dirección de siembra se realiza con un ángulo de 30 a 45° respecto a las líneas de labor del cultivo anterior, sumado a la presencia de obstáculos y en lotes irregulares. Esta tecnología cobró importancia en los últimos años. trabajos realizados en INTA Manfredi demuestran una mayor eficiencia en el uso de insumos con ahorros de entre 3 a 6% en semillas y es conocido que suelen llegar a un 10% en lotes irregulares. Este porcentaje de superficie solapadas serán mayores, cuando mayor sea el ancho de la sembradora, mayor número de obstáculos y más irregular la geometría del lote. El incremento de la densidad final en cabecera, repercute negativamente en el rendimiento potencial, observando mermas de hasta un 50% respecto al promedio del resto del lote, simplemente por la competencia intraespecífica del cultivo.

Los objetivos generales de este ensayo fueron:

- Cuantificar el efecto de la velocidad de siembra sobre la distribución espacial de la semilla y su impacto en el rendimiento final del cultivo de maíz.
- Evaluar el grado de solapamiento del sistema de accionamiento mecánico y eléctrico y su impacto en el ahorro de semillas y la disminución del rendimiento en cabeceras.

Materiales y métodos.

La siembra del ensayo se llevó adelante el 22 de diciembre de 2020. Para este ensayo se utilizó una sembradora Crucianelli de 12 cuerpos, 52 cm de distancia entre líneas, equipada 100% con dosificadores MaterMacc. La misma se acondicionó con 6 líneas con cajas de levas variables Garro y 6 líneas con motores eléctricos Bosch. La sembradora fue traccionada por un tractor NH T7 de 191 CV con piloto automático y señal correctora Center Point. El propósito de dividir la sembradora con ambos sistemas radica en afectar el estudio a las mismas variables que puedan incidir en los tratamientos en el momento de la siembra.

El ensayo se realizó utilizando el híbrido P2089 VYHR, contemplando la rotación de cultivos planificados para el lote 23 de la EEA INTA Manfredi y debido a la falta de precipitaciones tempranas, se realizó en fecha de siembra de segunda. La profundidad de siembra promedio fue de 5 cm, indicada para la disponibilidad de humedad al momento de realizar el ensayo. A su vez, el manejo del cultivo en su ciclo se viene practicando como el tradicional, al igual que los lotes de producción de la EEA. Por otro lado, la fertilización se realizó en base a las necesidades y manejo del lote, efectuando la misma en una fertilización inicial con una mezcla física de fosfato monoamónico MAP + Zn aportando 36 kg/ha de nitrógeno a la siembra, posteriormente y en estado V8 se fertilizó con Sol Mix 80 20, aportando 65 kg/ha de nitrógeno.

1. *Diseño experimental y análisis de datos*

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial con 3 repeticiones. Los factores evaluados fueron: velocidad de avance, densidad de siembra y transmisión. A cada factor se le asignaron diferentes niveles; el factor velocidad de avance se evaluó con tres niveles (7, 5 y 9 km/h), transmisión; dos niveles mecánica y eléctrica (ME y EL) y densidad de siembra dos niveles (60 y 85 mil semillas/ha). Las combinaciones antes mencionadas arrojan un total 12 tratamientos.

Las variables evaluadas se analizaron estadísticamente con el software Infostat y las comparaciones múltiples *post hoc* fueron ajustadas, mediante el método HSD de Tukey. Fijándose un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

2. *Mediciones realizadas*

Análisis de energía y poder germinativo de la semilla

Previo a la siembra en el laboratorio de análisis de semillas de la EEA Manfredi se realizó el análisis correspondiente a Energía y Poder Germinativo (PG) de la semilla a utilizar, arrojando un resultado promedio de 89% y 92% respectivamente.

Evaluación de distribución y comportamiento de los sistemas de accionamiento de dosificadores

En cada uno de los tratamientos evaluados, se procedió a cuantificar el número de semillas en 15 metros lineales de surco. Este procedimiento se realizó cinco veces por tratamiento.

3. Determinaciones

Variables Explicativas por individuo

Distancia mayor (D): Distancia en centímetros a la planta vecina más distante en la línea de siembra.

Distancia menor (d): Distancia en centímetros a la planta vecina más próxima en la línea de siembra

Distancia Entre Plantas (DEP): Distancia en centímetros que separan a la planta de sus vecinas más próximas en la línea de siembra.

Separación media (Sepa): Se obtuvo promediando las distancias en centímetros que separan a la planta de sus vecinas más próximas en la línea de siembra.

$$Sepa = \frac{D \oplus d}{2}$$

Donde D es la distancia que la separa de su vecina más distante y d la que la separa de su vecina más próxima.

En función de las distancias que la separan de sus dos vecinas en la línea de siembra y de los criterios de la norma ISO 7256/1 cada individuo se clasificó de acuerdo a si está separado por distancias consideradas Aceptable (A), o Dobles (D) o Falla (F).

Variables Explicativas por unidad de área

Coeficiente de Variación de la separación entre plantas (CV): El coeficiente de variación de una población determinada es igual al desvío estándar de esa muestra dividido por la media y multiplicado por 100.

Índice de Semillas aceptablemente sembradas (A): esta medida de uniformidad en la distribución de semillas está basada en la norma ISO 7256/1 la cual considera como aceptable, a toda aquella semilla ubicada en el surco a una distancia comprendida entre $0,5 X_{ref}$ y $1,5 X_{ref}$, siendo la distancia de referencia (X_{ref}) la separación teórica entre semillas.

Índice de Duplicaciones (D): Es el porcentaje de semillas ubicadas a distancias menores a las $0,5 X_{ref}$.

Índice de Fallas (F): Corresponde al porcentaje de semillas ubicadas a distancias superiores a las $1,5 X_{ref}$

Evaluación de corte por surco

Para evaluar *el corte surco por surco* se realizó el perímetro del lote dejando 5 pasadas sin sembrar utilizando el piloto automático, las cuales fueron interceptadas por una pasada a un ángulo aproximado de 35°. Luego de la emergencia del cultivo, se inspeccionó la zona y no se encontraron plantas dentro de cabecera o perímetro teórico realizado.

Análisis y resultados

1. Evaluación de distribución y comportamiento de los sistemas de accionamiento de dosificadores

Distancia Entre Plantas (DEP)

Se detectó una interacción triple (velocidad*transmisión*densidad) significativa ($p=0,00017$) para la variable DEP (Cuadro 1). Cuando se programó una densidad de siembra de 85 mil semillas/ha se observó que, a través de la combinación de los factores (transmisión*velocidad), el tratamiento ME 5 alcanzó una DEP significativamente mayor que el resto de los tratamientos (28.89 vs 24.57 cm de DEP). De modo contrario, cuando la densidad de siembra se programó a 60 mil semillas/ha, la combinación de los factores (velocidad*transmisión) arrojó en promedio valores similares de DEP (Cuadro 1). Los valores anteriores se expresan dentro de lo esperado, dado que al trabajar con densidades contrastantes (60 vs 85 semillas/ha), las medias se expresan claramente en dos grupos, no obstante (Cuadro 1), el tratamiento 85 ME5 muestra una respuesta diferente que contrasta con el resto, lo cual debe ser analizado en mayor detalle.

Cuadro N° 1: Distancia Entre Plantas (DEP) expresada en centímetros (cm) durante la siembra de maíz, para dos densidades de siembra: 85 y 65 mil semillas/ha; tres velocidades de siembra: 7,5 y 9 km/h, y dos sistemas de transmisión del dosificador neumático MaterMacc: mecánico (ME) y eléctrico (EL). Ensayo realizado en la EEA Manfredi.

Densidad (miles de semillas)	Velocidad (km/h)	Tipo de transmisión	DEP (cm)	n	
85	7	ME	23,43	315	A
85	5	EL	24,56	301	A
85	9	EL	24,70	294	A
85	7	EL	24,79	296	A
85	9	ME	25,40	290	A
85	5	ME	28,89	254	B
60	5	ME	33,34	219	C
60	9	EL	33,96	202	C
60	5	EL	34,43	211	C
60	7	EL	35,43	206	C
60	7	ME	35,70	205	C
60	9	ME	36,35	201	C

Desde el punto de vista mecánico/agronómico los EL presentarían una respuesta más estable frente a los ME, quienes a su vez aumentan la heterogeneidad de su comportamiento (Gráfico 1).

Coeficiente de Variación

Cuando la desviación estándar es expresada como porcentaje de la media aritmética, independiente de la escala de la variable, es una interpretación relativa del grado de variabilidad de las variables intervinientes en un experimento. En este sentido, **a mayor valor del coeficiente de variación (C.V.) mayor heterogeneidad de los valores de la variable; y a menor C.V.; mayor homogeneidad en los valores de la variable.** En relación a lo anterior, en el Grafico 1 se puede observar el *Coeficiente de Variación de cada sistema de transmisión (%) en función de cada velocidad de siembra (km/ha) y densidad de plantas (plantas/ha).*

Para dar una valoración de lo expresado anteriormente, se observa que; a densidades de siembra de 60 mil semillas/ha, incrementar la velocidad de siembra de 5 a 9 km/h, provoca un aumento del C.V. de ME respecto a EL en un 21,4%. Sin embargo, con una densidad de siembra de 85 mil semillas/ha, incrementar la velocidad de siembra hasta 9 km/h, el ME se refleja en un aumento del C.V. de un 46.5% respecto a EL. Esto se interpreta que para altas densidades el dosificador eléctrico presenta una respuesta significativamente mejor entre DEP, logrando una siembra más homogénea.

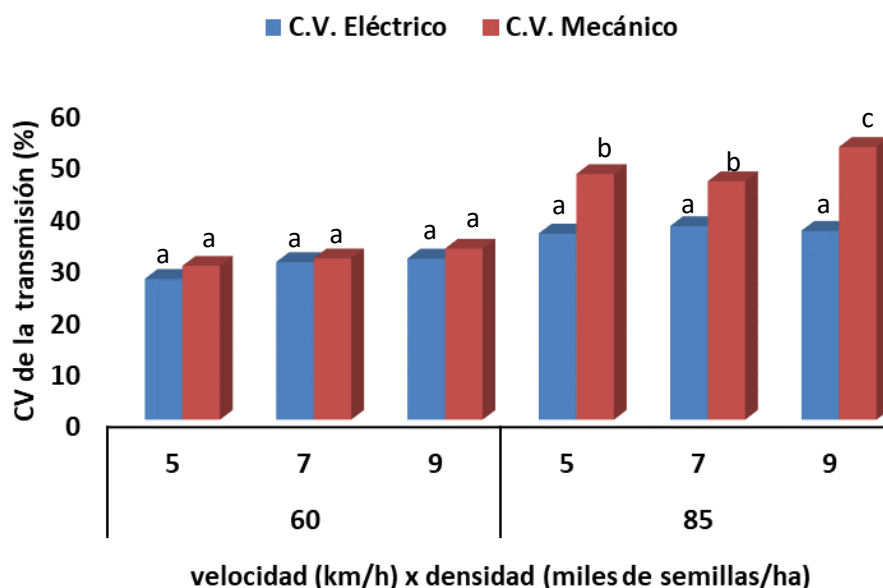


Grafico 1: Coeficiente de Variación (C.V.) de la transmisión (%) de dosificadores de siembra. Comparación entre sistema eléctrico Bosch (en azul) y sistema mecánico de caja variable Garro (bordó), para dos densidades de siembra 60 y 85 mil semillas/ha y tres velocidades de siembra: 7,5 y 9 km/h. Letras distintas denotan diferencias significativas entre los sistemas de transmisión y densidades evaluadas. Ensayo realizado en la EEA Manfredi

De acuerdo a los resultados preliminares evaluados a campo, restaría por analizar si la diferencia significativa observada entre los tratamientos se refleja en una disminución del rendimiento en granos, probablemente causado por una competencia interespecífica espacial, dada por la mayor heterogeneidad que presentan los tratamientos en a la interacción manifestado a través de su C.V.

Índice de Semillas sembradas Aceptables

En el Gráfico 2 se observa la calidad de siembra (% de aceptables) en función de diferentes velocidades de avance 5, 7 y 9 km/h en dos sistemas de transmisión EL y ME, a una densidad de 60 mil semillas/ha.

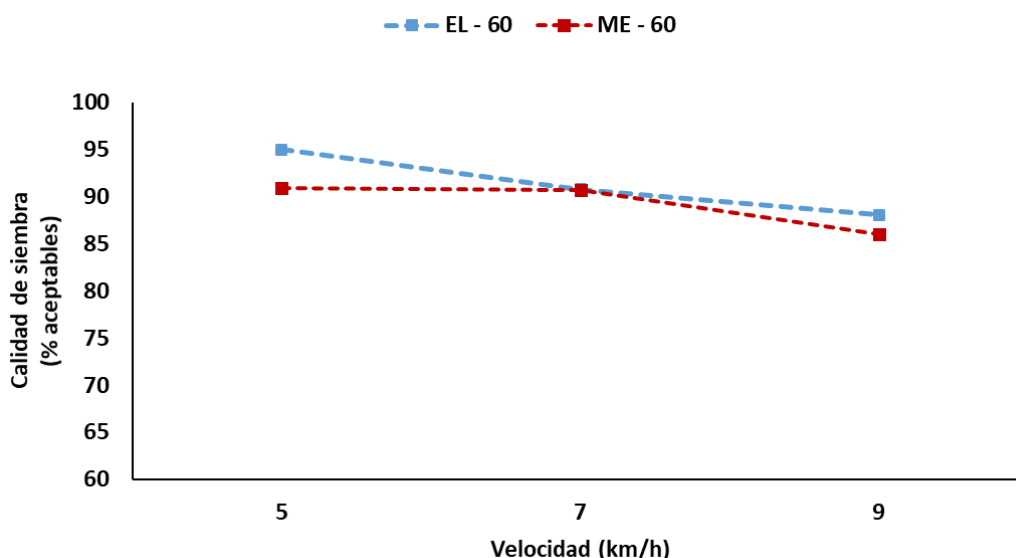


Grafico 2: Calidad de siembra expresada en porcentaje de aceptables (%) de la media de la distribución de plantas emergidas, de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch (en azul) y sistema mecánico caja variable Garro (bordó), para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 60 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi

La mejor calidad de siembra (95%) la expresó EL a 5 km/h, en tanto que a la misma velocidad, ME reflejó una caída de calidad de siembra del 4,4% en relación a EL. Ahora bien, cuando se incrementa de 5 a 9 km/h, EL expresa una disminución de la calidad de siembra de 7,3%, mientras que ME disminuye 9,5%, en relación a la mejor calidad de siembra (EL a 5 km/h).

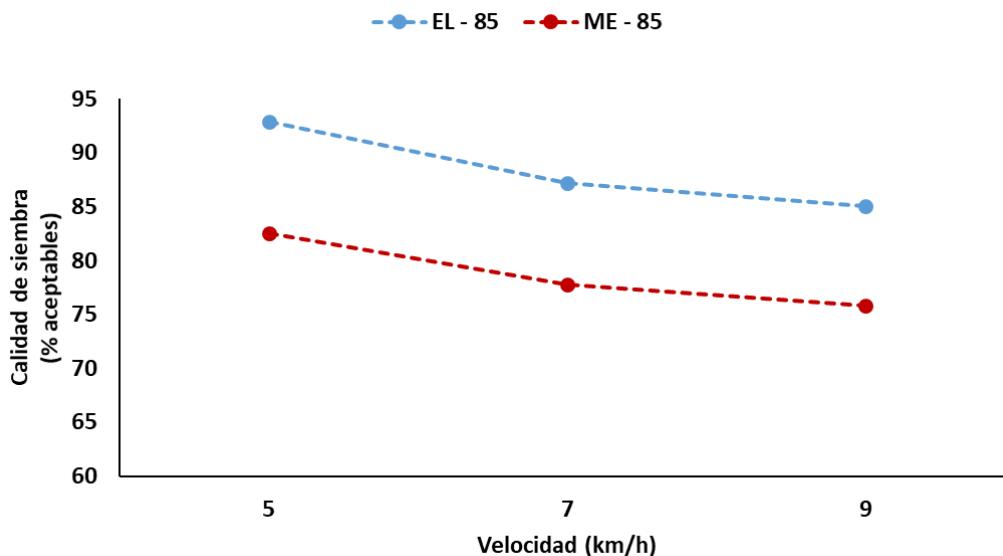


Grafico 3: Calidad de siembra expresada en porcentaje de aceptables (%) de la media de la distribución de plantas emergidas, de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch (en azul) y sistema mecánico caja variable Garro (bordó), para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 85 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi

Al igual que en el Grafico 2, el Gráfico 3 muestra que para una densidad de siembra de 85 mil semillas/ha, la mejor calidad de siembra (93%) también la manifestó EL a 5 km/h. A la misma velocidad, ME presentó una caída de calidad de siembra del 11% en relación a EL. Pero cuando se incrementa de 5 a 9 km/h, EL refleja una disminución de la calidad de siembra de 8,5%, mientras que ME disminuye 18,3% en relación a la mejor calidad de siembra (EL a 5 km/h).

En función de las situaciones ensayadas, se puede observar que la calidad de siembra de la transmisión eléctrica (EL), independientemente de la velocidad y la densidad de siembra programada, presenta una mejor estabilidad en el sistema de transmisión respecto al sistema de transmisión mecánica (ME). Sin embargo, la calidad de siembra en ME, cae significativamente al programar una densidad de siembra elevada, en este caso, 85 semillas/ha.

Índice de Fallas y Dobles

De acuerdo al análisis realizado para calidad de siembra (en función del % de aceptables), la variación en el rendimiento sería mejor explicada por la proporción de fallas y duplicaciones que por el desvío estándar de los distanciamientos en la línea de siembra (D'Amico, 2012). En relación a esta afirmación se analizará los resultados obtenidos de este ensayo en el Grafico 4.

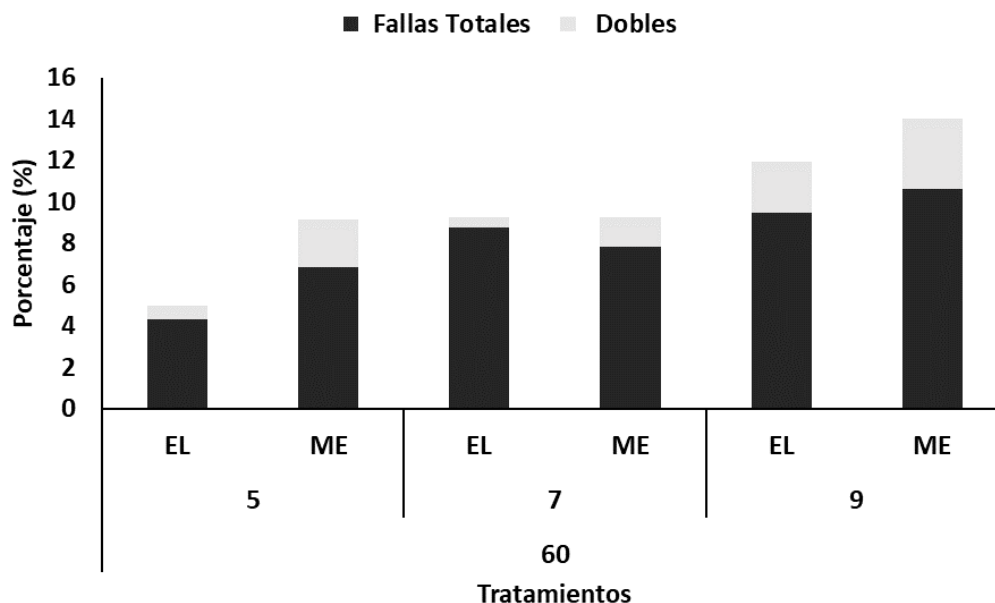


Gráfico 5: Porcentaje de fallas totales y duplicaciones en siembra (%) de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch y sistema mecánico caja variable Garro, para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 60 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi

La mejor calidad de siembra (95%) la expresó EL a 5 km/h (Gráfico 2) debido a un menor % de fallas y dobles (4,32 y 0,66%); a esta misma velocidad, ME presentó una diferencia superior en las fallas de siembra del 2,5% en relación a EL. Sin embargo, cuando la velocidad de siembra se incrementó de 5 a 9 km/h, EL demostró un aumento de fallas de siembra de 5,1%, mientras que ME fue de 6,3% respecto de EL a 5km/h (Gráfico 5).

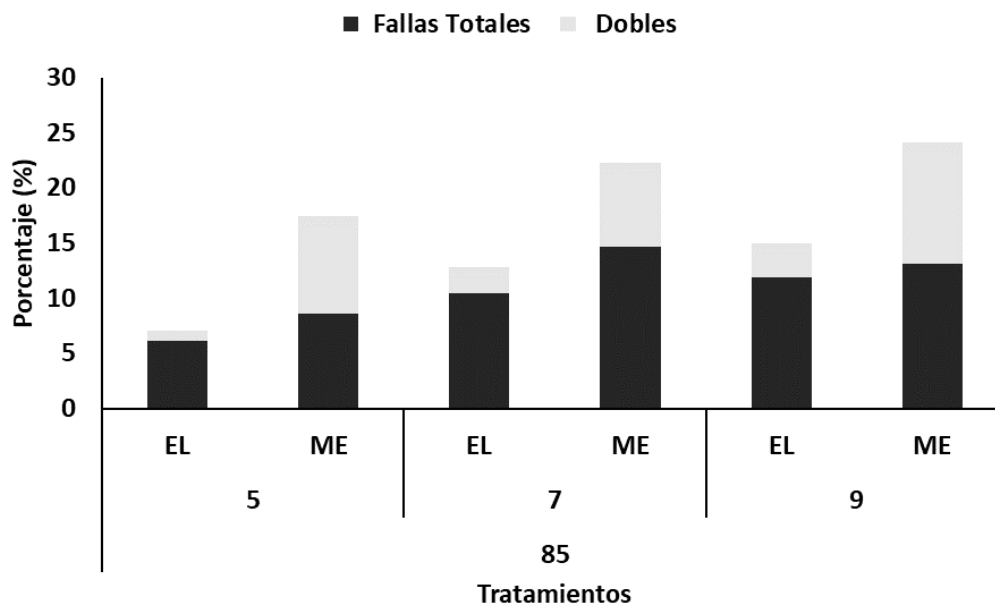


Gráfico 6: Porcentaje de fallas totales y duplicaciones en siembra (%) de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch y sistema mecánico caja variable Garro, para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 85 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi

La mejor calidad de siembra (93%) la demostró EL a 5 km/h (Gráfico 3) asociado a un menor % de fallas y dobles (6,96 y 0,95%); a la misma velocidad, ME expresó una diferencia superior en las fallas de siembra del 2,4% en relación a EL. Pero al incrementar la velocidad de 5 a 9 km/h, EL refleja un aumento de fallas de siembra de 5,7%, mientras que ME 6,9% (Gráfico 6).

En la misma proporción que se generaron fallas en ME para 5 y 9 km/h, las duplicaciones (dobles) mostraron similar comportamiento, alcanzando valores de 9 y 11% respectivamente. Si bien las fallas de siembra presentarían un mayor impacto sobre el rendimiento, es de destacar que cuando se aumenta la densidad de siembra de 60 a 85 mil semillas, las duplicaciones comenzarían a afectar de manera significativa el rendimiento.

La velocidad de siembra más utilizada para el cultivo de maíz en el sistema productivo argentino es de 7 km/h, en este trabajo encontramos que la calidad de siembra fue similar entre EL y ME a 60 mil semillas/ha (Gráfico 2). Mientras que, para ambos tratamientos con densidades de 85 mil semillas/ha, la calidad de siembra se incrementa de 78 a 86% para ME y EL respectivamente (Gráfico 3). Esta diferencia de la calidad de siembra se ve reflejada en una mayor proporción de fallas y duplicaciones (Gráfico 6) por parte de ME.

Respuesta del rendimiento

La densidad teórica de siembra utilizada fue de 60 y 85 mil semillas/ha mientras que la densidad de siembra lograda presento valores en promedio un 13% menor, es decir 53 y 75 mil semillas/ha respectivamente (Gráfico 7).

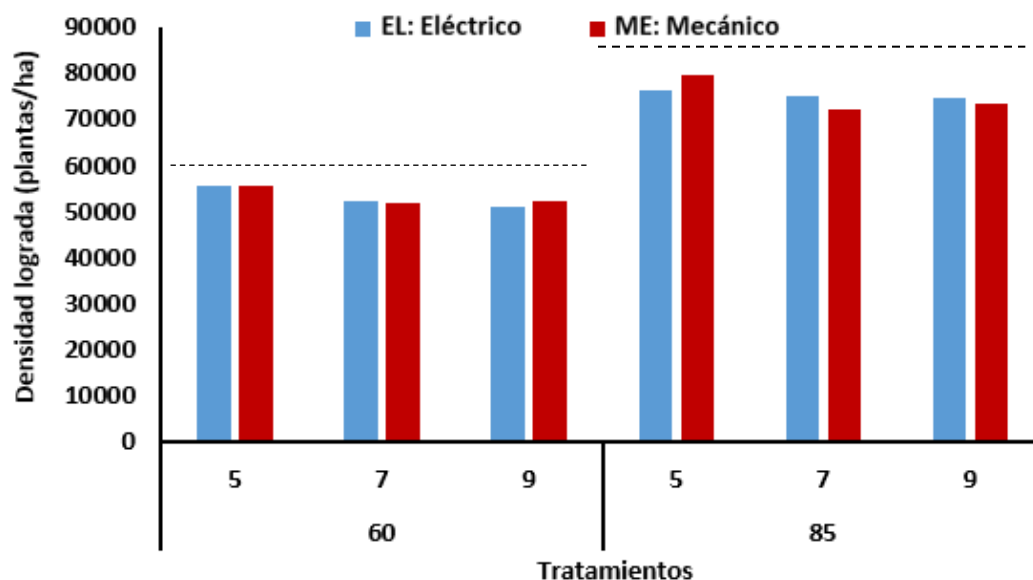


Gráfico 7: Densidad lograda (plantas/ha) de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch (EL) y sistema mecánico (ME) caja variable Garro, para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 60 y 80 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi. Letras distintas denotan diferencias significativas entre velocidades de siembra y sistemas de transmisión evaluadas. Líneas punteadas negras identifican la densidad teórica

Para la variable rendimiento, se detectó interacción triple (velocidad*transmisión*densidad) significativa ($p=0,0001$) sin embargo, para facilitar la interpretación de los resultados, se evaluaron las respuestas del rendimiento a las diferentes densidades utilizadas (60 y 85 mil semillas/ha).

Para 60 mil semillas/ha se detectó una interacción (velocidad*transmisión) significativa ($p=0,00001$) para la variable rendimiento (Gráfico 8). En promedio, el rendimiento alcanzado fue de 12.5 y 11.5 t/ha para EL y ME respectivamente. En el gráfico 8 se observa que conforme la velocidad de avance se incrementa, el rendimiento tiende a disminuir. Por otro lado, para cada velocidad de siembra, la respuesta del rendimiento fue mayor en el sistema EL que en ME. En términos porcentuales, EL en relación a ME, superó en rendimiento en un 5, 3 y 20 % para las velocidades de avance 5, 7 y 9 km/h respectivamente.

Estas diferencias podrían en parte deberse a la calidad de siembra lograda en cada tratamiento (Grafico 2-5). Sin embargo, la diferencia en el rendimiento para el tratamiento 9-ME, pudo deberse a otras variables, aunque es de destacar que dicho rendimiento es un valor normal de encontrar para maíces en siembra de segunda, de la zona centro de Córdoba.

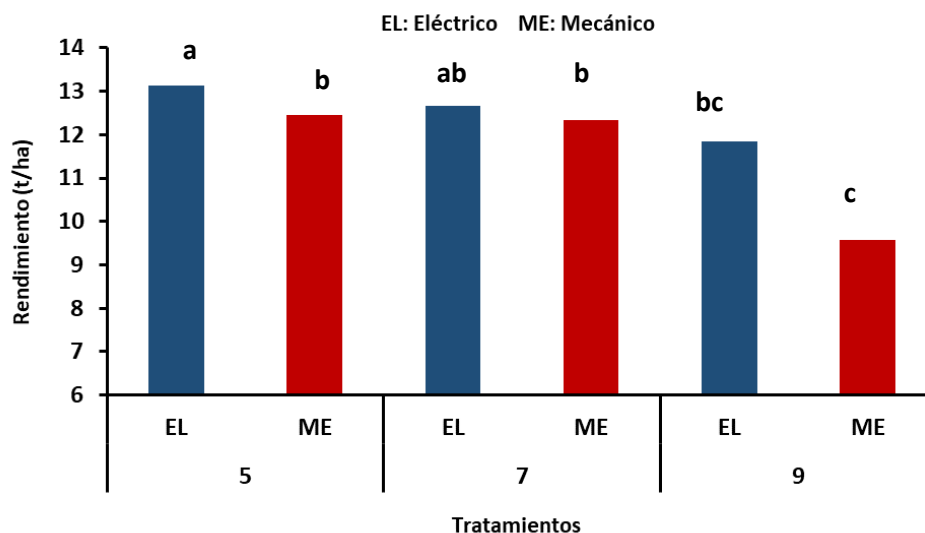


Grafico 8: Rendimiento del cultivo de maíz (t/ha) de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch y sistema mecánico caja variable Garro, para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 60 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi. Letras distintas denotan diferencias significativas entre velocidades de siembra y sistemas de transmisión evaluadas.

Cuando se utilizó una densidad de 85 mil semillas/ha se detectó una interacción (velocidad*transmisión) significativa ($p=0,00001$) para la variable rendimiento (Grafico 9). En promedio, el rendimiento alcanzado fue de 12,3 y 11,4 t/ha para el sistema EL y el ME respectivamente. En el grafico 8 se observa que, para cada velocidad de siembra, la respuesta del rendimiento fue mayor en el sistema EL que en ME que, en términos porcentuales, EL en relación a ME superó en rendimiento en un 17, 2 y 6 % para las velocidades de avance 5, 7 y 9 km/h respectivamente.

El tratamiento 5-EL comparado con 5-ME presentó una densidad real menor (grafico 7) y una mejor calidad de siembra (menor porcentaje de fallas y duplicaciones). Por lo tanto, el menor rendimiento encontrado en el tratamiento 5-ME pudo deberse a una elevada densidad real de plantas logradas (Grafico 7) manifestándose una competencia intraespecífica, visualizada por el con un mayor número de fallas y duplicaciones (Grafico 3-6). No obstante, es importante destacar que independientemente de la velocidad de siembra, todos los tratamientos con el sistema EL mantuvieron un rendimiento similar.

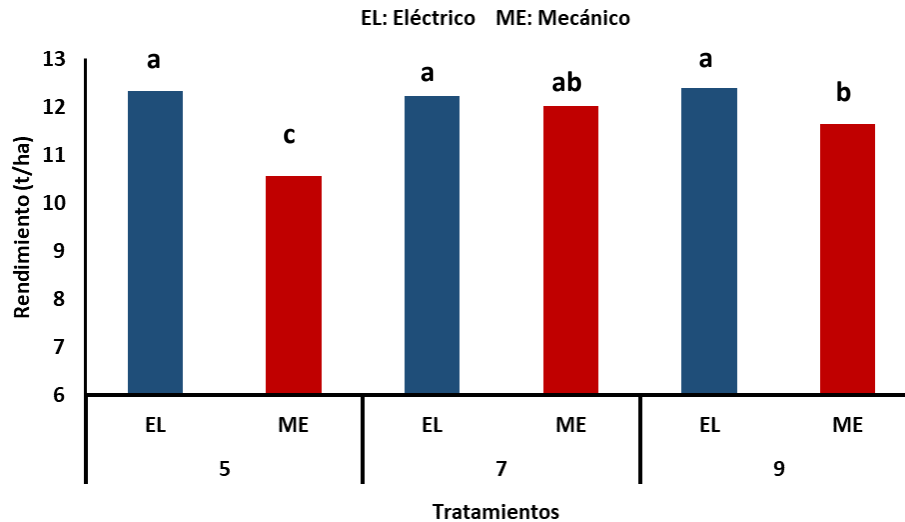


Grafico 9: Rendimiento del cultivo de maíz (t/ha) de dos sistemas de transmisión de dosificadores de siembra, sistema eléctrico Bosch y sistema mecánico caja variable Garro, para tres velocidades de siembra: 7, 5 y 9 km/h; a una densidad de siembra 85 mil semillas/ha. Ensayo realizado en la EEA Manfredi

2. Evaluación de corte surco por surco

Las distancias de la última planta encontrada previo a cabecera en diferentes repeticiones no superaron los 40 cm, con un promedio de 32,5 cm antes de la línea teórica de corte para densidad de siembra de 60 mil semillas/ha y de 28,7 cm para siembras de 85 mil semillas/ha. Esto argumenta un ahorro en semillas, ya que normalmente el operario siembra entre 6 a 8 m sobre la cabecera ya sembrada y en menor magnitud cuando arranca desde cabecera hacia el interior del lote. Para el logro de estos resultados se procedió a una estricta regulación del sensor de posición de maquina sembradora.

Conclusiones

- El sistema de transmisión eléctrico presento mejor comportamiento frente a las variables ensayadas respecto a la caja mecánica variable.
- La mejor de calidad de siembra se logró con transmisión eléctrica a 5 km/h y presento valores entre 95 y 93% para 60 y 85mil semillas/ha respectivamente, no obstante, la respuesta lograda por esta misma transmisión a 7 y 9 km/h se encuentra según lo reportado por bibliografía dentro de los valores aceptables.
- Frente a las densidades de siembras utilizadas, el sistema eléctrico presenta una mejor estabilidad respecto al sistema mecánico.
- En el sistema mecánico, al incrementar la velocidad, se refleja una caída de la calidad de siembra (% de aceptables) de 9,3 y 18,5% respecto a la mejor calidad de siembra de 60 y 85mil semillas/ha respectivamente.
- Independientemente de la velocidad de siembra empleada, la respuesta en el rendimiento en los tratamientos con sistema EL presentan una clara estabilidad
- Para todos los tratamientos evaluados, la densidad promedio real lograda fue un 13% menor respecto a la densidad teórica.
- Los rendimientos promedios fueron 8% mayores para el sistema de transmisión eléctrico respecto a la caja mecánica variable.
- Bajo una condición normal de siembra de maíz de segunda en la zona centro de Córdoba, con una densidad de siembra de 60 mil plantas/ha y sembrando a una velocidad promedio de 7 km/h se registró una diferencia de rendimiento promedio de 400 kg/ha a favor del sistema de transmisión eléctrico. Esto representa una diferencia de 80 US\$/ha (precio de agosto del 2021) o su equivalente a un camión por cada 75 ha.
- El sistema de transmisión eléctrico presenta la ventaja de lograr el corte por sección línea por línea en solapamiento representó entre un 6% aproximadamente de ahorro en semillas de maíz o su equivalente aproximado a 15 US\$/ha

Colaboradores

Ings Diego Mathier, Marcos Bragachini, Santiago Tourn, Carolina del Pilar Diaz y Sres. Víctor Oscar; Claudio Ovando

Bibliografía

BRAGACHINI, M; A. VON MARTINI; A. MÉNDEZ; F. PACIONI y M. ALFARO. 2002b. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América, 17-19 diciembre 2002, Carlos Paz, Córdoba, Argentina. 9 pp

BRAGACHINI M., MÉNDEZ A., SCARAMUZZA F., VÉLEZ J., D. VILLARROEL. 2012. Impacto de la velocidad y la profundidad de siembra sobre uniformidad en la emergencia y distribución de plantas en maíz. En: 1° Congreso de Valor Agregado en Origen. 11º Curso de Agricultura Internacional de Precisión y Expo de Máquinas Precisas. Ediciones INTA. E.E.A. Manfredi, Córdoba, Argentina. pp 28-34.

D'AMICO, J. P. 2012. Desuniformidad de distribución espacial: Caracterización de su impacto sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata) 39 p.

INTERNATIONAL STANDARD FOR ORGANIZATION. ISO 7256/1. Sowing equipment - Test methods - Part 1: Single seed drills (precision drills). Suiza: International Standard for Organization. 1984.

MARONI, J.; A. GARGICEVICH Y C. GONZÁLES. 2001. Comportamiento de las sembradoras para maíz de la región maicera argentina. VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, Buenos Aires, Argentina

NIELSEN, R. L.. 1997. Stand establishment variability in corn. URL: http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.pdf

RINAUDO, M. 2019. Informe de evolución de Siembra Directa en Argentina. AAPRESID Campaña 208/19. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/blog/evolucion-de-siembra-directa-en-argentina-campana-2018-19/>