

CALIDAD DE SIEMBRA EN CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS, L.) EVALUACIÓN DEL DOSIFICADOR ELÉCTRICO CON TRANSPORTE DE SEMILLA FORZADO POR AIR

Juan P Vélez¹; Fernando Scaramuzza¹; Diego Villarroel¹, Maximiliano Nicolino², Alexis Giraud²

¹INTA EEA Manfredi, CR Cordoba

²Universidad Nacional de Villa María

INTRODUCCIÓN

Sin duda la implementación de herramientas de Agricultura de Precisión en la siembra ha ayudado a incrementar la eficiencia de esta labor, tanto en la calidad del trabajo realizado como también en los tiempos operativos necesarios para realizarlo. En un principio la inclusión de monitores de siembra para controlar el correcto funcionamiento de la sembradora permitió mejorar la eficiencia del trabajo, logrando observar en tiempo real obstrucciones en los caños de bajada, nivel de insumo dentro de cada cajón fertilizante o de semilla, velocidad de siembra, alarmas, etc.

Los sistemas de dosificación variable también han evolucionado en estos últimos años, del mismo modo lo ha hecho la adopción de esta tecnología por parte del usuario. Los tiempos de respuesta al cambio de dosis han sido significativamente notables, rondando los 2 segundos en muchos casos, tanto en sistemas electro-hidráulicos como electro-mecánicos.

El salto exponencial de la eficiencia en la siembra vino de la mano de los pilotos automático con correcciones de la señal GPS, principalmente logrando realizar largas jornadas de trabajo con la misma efectividad todo el tiempo, permitiendo al operario centrar la atención en otros puntos importantes de control de la labor.

A su vez, del mismo modo que en pulverización, en sembradoras se están implementando sistemas de corte por sección o cuerpo a cuerpo con el objetivo de incrementar aún más la eficiencia lograda hasta el momento. Con esta herramienta se puede ahorrar insumo fertilizante o semilla cortando el sistema donde la sembradora ya ha pasado evitando la superposición de trabajo, principalmente en cabecera y lotes irregulares.

Como tendencia de los próximos años la eficiencia apunta a controlar el proceso de siembra a través de actuadores eléctricos, cambios de dosificación de insumo, corte de secciones, respuesta de sistemas de amortiguación a irregularidades del terreno, serán entre otras cosas algunas de las variables que manejarán estos sistemas eléctricos.

El INTA, a través del grupo de trabajo de Agricultura de Precisión de la EEA Manfredi, viene evaluando cada mejora en la eficiencia del proceso de siembra, es así que mediante una vinculación con la empresa Plantium, se están llevando a cabo experimentaciones con el nuevo sistema distribuidor de semillas ecuRow.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la calidad de implantación lograda a diferentes velocidades en un cultivo de maíz con un prototipo dosificador eléctrico con transporte de semilla forzado con aire ecuRow de la empresa Plantium, respecto a un sistema dosificador con caño de bajada de uso tradicional.

Objetivos específicos

Entre el sistema de siembra ecuRow y el sistema convencional a diferentes velocidades:

- Comparar la densidad de plantas lograda respecto de la densidad programada.
- Evaluar la uniformidad de distribución de plantas lograda.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se sembró el 5 de diciembre de 2016 con un tractor New Holland T7.215, de la Línea T7 y una sembradora neumática TX Mega IOM Inteligente Agrometal de 16 surcos, donde la mitad de los surcos de dicha sembradora fueron equipados con dosificador eléctrico con transporte de semilla forzado por aire ecuRow de Plantium y la otra mitad con sistema neumático Convencional. De esta manera al completar la vuelta de siembra queda establecida la franja de tratamiento compuesta por 16 surcos a 52.5 cm por el largo total del lote de 600 m (metodología de tratamientos apareados).

Descripción de distribuidores

Descripción del sistema Convencional:

Dosificador de semilla neumático Clic con succión de aire, ausencia de gatillos expulsores y enrasadores.

Descripción del sistema ecuRow:

Consiste en la integración del motor Brushless eléctrico integrado, con rotor eje hueco directamente acoplado a la placa, sin reducción mecánica, con un dosificador neumático con presión positiva que va adherido a la placa con sistema CANBUS con descarga de semillas direccionada neumáticamente que facilita el direccionamiento de la semilla hacia la placa, expulsada a una velocidad que evita interrupción en la caída, y luego hacia el suelo obteniendo menores fallas a altas velocidades.

Lugar de experimentación

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi (31° 51' 58" S y 63° 44' 59" O), Córdoba, Argentina.

Características edáficas y climatológicas

La Región Semiárida Central de la Provincia de Córdoba en donde la precipitación anual media es de 740 mm de las cuales el 75% ocurren en el semestre más caluroso. Los suelos son Haplustoles énticos (Serie Oncativo) y típicos (Serie Manfredi), de textura franco-limosa, pH ligeramente ácido (6,2 a 6,5) y baja agregación.

Diseño experimental

Se realizó un diseño de parcelas subdivididas en donde la parcela principal será la velocidad de siembra y las subparcelas, los tratamientos logrados con sistema ecuRow y Convencional. Cada parcela consistió en 9 pasadas para lograr 4 repeticiones de cada subparcela. Una de las pasadas se considerará como efecto bordura y no se tendrá en cuenta en el análisis. La velocidad de siembra de cada parcela será de: 6, 10 y 14 km/h.

Determinaciones

Para la uniformidad de la distribución de plantas se realizaron 4 relevamientos al azar en cada tratamiento, en el cual se midió la separación entre plantas en 10 metros.

Análisis estadístico

El análisis de la distribución de plantas fue realizado con el software InfoStat (*Di Rienzo et al., 2015*), primero se confeccionó la estadística descriptiva con los parámetros: coeficiente de variación, desvío estándar, mínimo, máximo, asimetría, kurtosis, percentil 10 y 95 de la uniformidad, separación entre plantas.

Para el análisis de los efectos principales y sus interacciones sobre el Coeficiente de Variación se utilizó test de comparación entre medias LSD-Fisher con un nivel de significancia de $p < 0.05$ con modelos lineales, generales y mixtos.

RESULTADOS

Estadística descriptiva

Como puede apreciarse en la tabla 1, al incrementarse la velocidad de siembra tanto en el sistema Convencional como para el sistema ecuRow la separación entre planta denota para ambos una mayor dificultad de respetar la densidad programada que fue de 3.5 planta por metro lineal, siendo la disminución de la población más acentuada en el sistema Convencional pudiéndose verificar mediante un mayor incremento en la separación entre plantas respecto al ecuRow.

La dispersión de las plantas relevadas respecto a la media no es solo menor en el sistema ecuRow respecto al sistema Convencional si no que fue más estable ante el incremento de la velocidad de siembra, representado por el CV que es significativamente mayor ante el incremento de la velocidad en el sistema Convencional.

Si bien la disminución de la curtosis y por ende, mayor cantidad de plantas que pasan de estar cerca de la media pasan a estar mas alejados de la media, sucede con el sistema ecuRow, que a medida que aumenta la velocidad, en todos los escenarios se mantuvo muy por encima del sistema Convencional.

Ante la disminución de la kurtosis la asimetría demuestra que la migración de datos en ecuRow, se realiza en forma equitativa con una leve tendencia a migrar por debajo de la media, no obstante la asimetría de ecuRow se mantenía considerablemente superior en niveles positivos que el sistema Convencional. En el sistema Convencional, la simetría en la distribución de los datos responde a una mayor cantidad de plantas que se encuentran con una separación menor a la media respecto al ecuRow. Este incremento de las plantas a menor espaciamiento es debido a la ocurrencia de doble golpe lo cual es corroborado la compensación a través de espaciamientos extremadamente mayores.

En el sistema Convencional a medida que aumentamos la velocidad de siembra, al percentil10 (p10) lo empiezan a conformar espaciamientos menores, siendo la pendiente mayor de 10 a 14 km hora de 6 a 10 km mientras que en el sistema ecuRow el p10 no solo que es mayor a velocidades mas bajas que en Convencional, sino que este se mantiene al incremento de la misma. Esto obedece a lo que se ve en asimetría, la cual en el sistema Convencional migraban en mayor medida hacia valores muy inferiores a la media.

En ambos sistemas la pendiente en el incremento del p95 es similares y obedecen a la ocurrencia de espaciamientos muy por encima de la media, compensando la aparición de espaciamientos debajo de la media. Pero en ecuRow la pendiente se traslada muy por debajo de la pendiente del sistema Convencional, esto es debido a la menos aparición de doble golpe, esto también a causa de la disminución de la población.

Tabla1. Medida de resumen detallado por velocidad y sistema de siembra (Convencional vs ecuRow).

Velocidad de Avance (km/h)	Sistema	n	Media separación entre plantas (cm)	D.E	CV (%)	Mín (cm)	Máx (cm)	Asimetría	Kurtosis	P(10)	P(95)
6	Conv	533	29,75	10,4	34,91	1	85	0,66	3,54	21	52
	ecuRow	537	29,68	7,7	25,77	1	88	2,68	20,48	24	37
10	Conv	514	30,75	12,4	39,35	1	98	1,15	4,12	19	55
	ecuRow	516	30,88	9,07	29,34	1	90	2,39	11,31	24	54
14	Conv	490	31,66	15,7	48,94	1	96	0,74	1,3	13	60
	ecuRow	503	30,99	8,8	27,66	2	86	2,41	10,94	24	43

Comprobación de los modelos

Mediante los datos de la tabla de resumen se analizó la variable dependiente CV, considerando como efectos fijos los distribuidores de semillas a evaluar, la velocidad de siembra y su interacción y como efecto aleatorio la repetición. Se analizaron los diferentes modelos, con

homocedasticidad, sin homocedasticidad por sistema, por velocidad y por repetición, obteniendo menor Akaike (AIC) con homocedasticidad.

Modelos	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
Con Homocedasticidad	8	142.04	149.16	-63.02			
Sin Homocedast. Sistema	11	143.22	152.13	-61.61	1 vs 2	2.81486605	0.2447708
Sin homocedast. Velocidad	10	143.9	153.7	-60.95	2 vs 3	1.31948037	0.25068533
Sin Homocedast. Repetición	12	144.93	155.61	-60.46	3 vs 4	0.97389977	0.32370951

Una vez obtenido el modelo del mejor ajuste se hicieron las comparaciones través de LSD Fisher con un nivel de significación de 0.05 analizando las variables, velocidad de avance, sistema y su interacción.

Análisis de los efectos principales y sus interacciones

Las pruebas de hipótesis secuenciales arrojaron como variable de mayor efecto la variable sistema seguido por el efecto velocidad y en última medida interacción sistema por velocidad. El análisis arrojó diferencias significativas entre los sistemas evaluados entre las velocidades de avance y en las interacciones se puede apreciar que no hay diferencias significativas en las velocidades en el sistema ecuRow y si en el sistema Convencional obedeciendo al propósito de la innovación.

Medias ajustadas y errores estándares para Sistema

Sistema	Medias	E.E.	
Convencional	41.07	1.84	A
ecuRow	27.60	1.84	B

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

Medias ajustadas y errores estándares para Velocidad

Velocidad	Medias	E.E.		
14	38.30	2.25	A	
10	34.35	2.25	A	B
6	30.35	2.25		B

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

Medias ajustadas y errores estándares para interacción Sistema*Velocidad

Sistema	Velocidad	Medias	E.E.			
Convencional	14	48.94	3.18	A		
Convencional	10	39.35	3.18	A	B	
Convencional	6	34.91	3.18		B	C
ecuRow	10	29.35	3.18			C
ecuRow	14	27.66	3.18			C
ecuRow	6	25.78	3.18			C

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

CONCLUSIÓN

El ecuRow mantuvo estable la distribución entre plantas aún a altas velocidades lo que en definitiva hizo posible incrementar un 110% la capacidad operativa de la sembradora. Es necesario aclarar que en nuestras condiciones normales a campo las características rugosas e irregulares de la superficie, propia de la siembra directa, hace técnicamente imposible sembrar a 14 km/h, no obstante, lo que es seguro es que es posible pasar el límite máximo de 6.5 km/h considerado como

óptimo si se siembra con sistema de caño de bajada convencional. Si bien el efecto sobre el rendimiento de una mala distribución en maíz no era el objetivo de este trabajo, el simple hecho de incrementar la capacidad operativa de nuestro equipo ya impacta positivamente en los márgenes, abriendo la necesidad una vez que este prototipo se encuentre en forma comercial de realizar el cálculo de amortización. Otro campo de medición que surge como necesidad es la calidad en la uniformidad en la profundidad de siembra, que será abarcado en ensayos futuros.

BIBLIOGRAFÍA

INFOSTAT. (Di Rienzo et al., 2015, Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>).

INTA-Secretaria de Agricultura y Ganadería de la Nación.1978. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja (carta de suelo 3163-32). AGROMETAL. <http://www.agrometal.com/txmega.php>.

INTA – Estadios fenológicos del maíz (Ritchie)

MARONI J.; GARGICEVICH A. 2006 Consideraciones para lograr una siembra de calidad. <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=218>.

NIELSEN, R. L. 2004. Effect of Spacing Variability on Corn Grain Yield. www.agry.purdue.edu/Ext/corn/research/psv/Report2005.pdf.