

UNIFORMIDAD DE IMPLANTACIÓN DE UNA SEMBRADORA EXPERIMENTAL, DESEMPEÑÁNDOSE A TRES VELOCIDADES DE AVANCE

Soza, E. L.^{1,2}; Agnes, D. W.^{1,2}; Quiros, P. J.² y M. Longinotti²

¹ Cátedra de Maquinaria Agrícola. FAyCA, UM

² Cátedra de Maquinaria Agrícola. FAUBA

RESUMEN

La expansión del cultivo de soja aunado a la introducción de la agricultura de precisión y a la siembra directa, plantea el interrogante sobre el desempeño de la sembradora en respuesta a los requerimientos puntuales. Las mayores superficies a trabajar por unidad de máquina conllevan a incrementar la velocidad operativa para realizar en tiempo y forma la implantación según las fechas de implantación recomendadas. Lo expuesto plantea un escenario complejo donde la máquina sembradora debe responder eficientemente a dichos requerimientos. La problemática enunciada fundamenta este estudio, que analizó el desempeño de una sembradora experimental trabajando a tres velocidades de avance. Se comparó la variabilidad obtenida en cada surco sembrado a través del tratamiento que el dosificador otorga a la semilla, la uniformidad de distribución, el día medio a emergencia y eficiencia de implantación. El trabajo se realizó en un lote en producción, bajo la hipótesis de la existencia de diferencias en la variabilidad de los factores analizados entre sur-

ABSTRACT

The expansion of soybean cultivation coupled with the introduction of precision agriculture and direct seeding, it raises some questions about the performance of the seeder in response to specific requirements. Largest areas of work involving machine unit to increase the operating speed to make timely and implementation as recommended implantation dates. Inside this context where the seeder must respond efficiently to these requirements. The problem expressed underlying this study which analyzed the performance of an experimental planter three working speeds. The evaluation considered the variability obtained in each seed furrow through the treatment given to the seed, the uniformity of distribution, the mean emergency date and implantation efficiency. This paper was performed in a batch production under the hypothesis of the existence of differences in the variability of the factors analyzed simultaneously planted between rows and between speeds. Performance of individual planters working four bodies three speeds. Results show a

cos sembrados simultáneamente y entre velocidades. Se evaluó el desempeño individual de cuatro cuerpos sembradores trabajando a tres velocidades de avance. Los resultados muestran un mejor desempeño individual y en conjunto de la sembradora a 8 km.h⁻¹. Se concluye sobre la existencia de una velocidad óptima compatible con la capacidad de trabajo, y la importancia del manejo de la variabilidad encontrada en la sembradora en el marco de la agricultura de precisión.

Palabras clave: eficiencia de implantación; agricultura de precisión; siembra directa.

better individual and overall performance of the planter to 8 km.h⁻¹. We concluded about the existence of an optimum speed support work capacity, and importance of managing the variability found in the planter under precision farming.

Key words: implantation efficiency; precision agriculture; no tillage; soybean.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La implantación de soja presenta un abanico de situaciones donde la sembradora debe desempeñarse eficientemente, estas surgen del cultivo antecesor, tipo, distribución y cantidad de cobertura presente, estado del suelo y los posibles laboreos previos.

A las disímiles alternativas planteadas debe adicionarse, en la actualidad, la introducción de la agricultura de precisión, que el National Research Council (1997) define como el manejo estratégico de la tecnología de información mediante datos de múltiples fuentes para la toma de decisiones en las diversas actividades de la producción agrícola; y su factibilidad emerge a partir de identificar, cuantificar, mapear y analizar la variabilidad con exactitud a través de tecnología que antes no estaba disponible (Speranza y Bongiovanni, 2007). En el sistema agrícola los factores determinantes que afectan la variabilidad, de acuerdo con Hatfield (2000) son de tres clases: (1) natural, (2) aleatoria y (3) de manejo. En esta última se encuentra la tarea de implantación del cultivo, por lo que se debe contemplar dicha variabilidad, para compatibilizar exitosamente el paradigma de la agricultura de precisión con las situaciones planteadas.

Según Staggenborg *et al.* (2004) los principales parámetros de diseño y regulación de la sembradora, que determinan la calidad de distribución son: el mecanismo dosificador, el diseño del órgano encargado de contactarlas con el suelo, el tren de siembra y la velocidad de avance; mientras que Vieira dos Reis y Forcellini (2002) plantean como primer

responsable de la distribución espacial de las plantas a la conformación básica, alistamiento, regulación y funcionamiento como un factor cuya incidencia se manifiesta en la producción de los cultivos. Celik *et al.* (2007) expresan que independientemente de la herramienta a aplicar en el proceso de siembra, el principal objetivo de la implantación es la colocación de las semillas a una determinada profundidad y espaciamiento dentro de la línea de siembra. A lo expuesto Maleki *et al.* (2006) apunta que el último criterio para la evaluación de una máquina sembradora es valorar la población de plantas establecidas, que está influenciado por el trabajo de cada uno de los elementos que conforman la sembradora.

A la distancia de la semilla entre surcos puede considerársela constante, dado que responde a la configuración de la sembradora, determinada en forma previa a la siembra sobre la base de decisiones de manejo del cultivo y las posibilidades de su alistamiento; mientras que el distanciamiento entre semillas en el surco presenta alta variabilidad (Soza *et al.* 2007). Sobre este último concepto, Soza *et al.* (2008) al trabajar en la implantación de soja sobre 10 sistemas de laboreo previo y siembra directa, evalúan la uniformidad en el distanciamiento entre plantas a los 15 y 20 días de la implantación, y hallan una dispersión de datos que osciló entre el 17 % y el 33 % en ambos conteos.

Bragachini *et al.* (2009) dirigió un ensayo que comprendió dos campañas consecutivas en la implantación de maíz a diferentes velocidades (6, 8 y 9,5 km.h⁻¹) con tres repeticiones, utilizando el Desvío

Estándar como índice de variabilidad. Hallan la máxima variabilidad con la siembra a $9,5 \text{ km.h}^{-1}$ como así también el menor rendimiento. Y concluyen que el lucro cesante debido a la disminución de la capacidad operativa al optar por la siembra a baja velocidad, puede ser compensado e incluso excedido por el incremento de la producción del cultivo, producto de la distribución espacial uniforme del cultivo. Durante la implantación, la sembradora debe realizar una serie de operaciones correctamente, siendo una velocidad recomendada de alrededor de los 5 a 6 km.h^{-1} , sin embargo la velocidad es una variable de ajuste relevante, debido a su incidencia directa en la capacidad de trabajo. Variable que incide con fuerza en la distribución de semillas viables, en la dosificación y distribución, tal como lo expresan Soza *et al.* (2000), Liu *et al.* (2004), Amado *et al.* (2005) y Tesouro *et al.* (2009). Al respecto, Karayel y Ozmeri (2001) concluyen sobre la existencia de un efecto inverso de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución longitudinal y Soza *et al.* (2005) al trabajar en la implantación de trigo a diferentes velocidades de avance, obtienen menor eficiencia de implantación ante incremento de velocidad.

Los órganos surcadores con movimiento giratorio son los más difundidos, siendo el llamado “doble disco” el más representativo. Se ha encontrado que la labor de este tipo de surcador no es satisfactorio en condiciones de siembra directa, dado que tiene tendencia a ingresar tierra con menor contenido de humedad en el surco, y a presentar una alta variación en la profundidad de siembra, lo que resulta en una menor emergencia

del cultivo (Chaudhuri, 2001). En esto último concuerdan Sanavi Shiri y Raoufat (2006), quienes le adjudican a los órganos surcadores fijos un mejor desempeño en el logro de la profundidad de siembra ante altos volúmenes de rastrojo frente al surcador doble disco.

Los datos reportados indican la dificultad de aplicar tecnologías de dosis variables, en este caso de semillas, tal como se expresa en la agricultura de precisión. Dicha apreciación es complementada por Maroni *et al.* (2006), para quienes la calidad de la distribución lograda, se define sobre la base de la uniformidad de separación entre las semillas y de la profundidad a la que fueron ubicadas.

Debe señalarse que se genera una innovación permanente en el mercado de sembradoras, ofreciéndose al productor una variedad de diseños sin que tenga en claro a qué condiciones de semilla y suelo se adaptan, como tampoco la respuesta de los cultivos a la uniformidad de distribución y emergencia para las distintas situaciones de clima, suelo y manejo.

La falta de experimentación en los temas enunciados justificaron la realización del presente trabajo, cuyo objetivo fue evaluar el desempeño individual de los cuerpos sembradores y general de una sembradora experimental a tres velocidades de avance, para aportar al concepto de la variabilidad en el marco de la agricultura de precisión; mientras que la respuesta del cultivo emana del día medio a emergencia y la eficiencia de implantación obtenida; utilizándose para dicha finalidad semilla de soja. Se trabajó sobre la hipótesis de la dependencia de las variables cuantificadas ante velocidades de avance crecientes.

MATERIALES

I. Ubicación y caracterización zonal del ensayo

Ubicación

El ensayo se llevó a cabo en un establecimiento ubicado en la localidad de Chacabuco, a 15 kilómetros de la zona urbana, partido de Chacabuco, en el noroeste de la provincia de Buenos Aires a 34°34'06" de latitud sur y 60°20'30" de longitud oeste. La ubicación del establecimiento en la carta de suelo es: Hoja 3560-8-3 Chacabuco, partido de Chacabuco en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.

En cuanto al lote seleccionado para el estudio, se cultiva en siembra directa desde los 5 años anteriores y se realiza la rotación maíz, soja y trigo-soja. Los rendimientos promedio obtenidos en estos años fueron: de maíz 88 qq.ha⁻¹, de soja 38 qq.ha⁻¹ y de trigo 42 qq.ha⁻¹. Siguiendo con la rotación programada se realizó la implantación de soja sobre rastrojo de maíz, cuya cantidad de rastrojo era de 11.950 kg.ha⁻¹.

Características del suelo y el clima:

El suelo pertenece a la serie Chacabuco, que según la clasificación taxonómica es un Argiudol Típico, Limosa fina, mixta, térmica. (USDA-Soil Taxonomy V. 2006). De la descripción del perfil surge un horizonte Ap1 de 0-14 cm; Ap2 de 14-30 cm; AB de 30-46 cm; lo que indica que no hay impedancias para el desarrollo radicular del cultivo de soja.

Capacidad de uso: II w.

Limitaciones de uso: Drenaje; pueden producirse eventuales encharcamientos.

Índice de productividad según la región climática: 81 (A).

La precipitación anual alcanza los 993 mm, distribuyéndose uniformemente en los meses de otoño, primavera y verano, ocurriendo la menor cantidad de las mismas en los meses de invierno. La temperatura media es de 16°C y el período libre de heladas 261 días. La fecha probable de la primera helada, del partido de Chacabuco, es entre el 20/5 y el 31/05 y entre el 31/8 al 15/09 la última, por lo que las siembras realizadas a partir del 01/10 están a resguardo de dicho evento.

II. Materiales utilizados

Para realizar la implantación se utilizó un equipo conformado por un tractor Valmet VH 180 FWD de 134 kW, que teniendo en cuenta sus características aseguró el logro efectivo de las velocidades ensayadas, y una sembradora Yomel Experimental cuyas características técnicas se detallan a continuación:

- Marca/modelo: Yomel Experimental.
- Cantidad de cuerpos sembradores: 9.
- Distancia entre cuerpos: 233 mm.
- Cuchillas de corte y roturación: turbo (17") montada sobre timón oscilante.
- Sistema abresurco: doble disco encontrado (16") y azadón.
- Rueda compactadora de semilla: llanta de acero inoxidable (9") y raspador.
- Ruedas tapadoras: banda de goma y accesorios dentados.

- Sistema de dosificación/conducción: placa mecánica vertical con una hilera de orificios (Hilcor), con dos aletas laterales conductoras y una altura de caída de la semilla desde la descarga al fondo de surco de aproximadamente 350mm.

Semilla utilizada:

- Soja variedad DM 3700, que efectuados los análisis previos, presentó un poder germinativo de 93% y humedad 11,7%.

MÉTODOS

Previo y posteriormente a la implantación se efectuaron, en todo el lote, los controles químicos de malezas e insectos recomendados por el asesor técnico. La fecha de implantación del cultivo fue el 30/10, asegurándose de esta manera la no ocurrencia de helada tardía, sobre rastrojo de maíz mediante la utilización del equipo tractor-sembradora transitando a tres velocidades de avance: 6; 8 y 10 km.h⁻¹; identificadas como: V6; V8 y V10. En cada velocidad se procedió a calificar la precisión en forma particular en cuatro cuerpos alternados de la sembradora identificados como S1; S2; S3 y S4.

En cada velocidad de avance y para cada cuerpo sembrador se delimitaron cuatro unidades de muestreo de 2,145 m de longitud que por 0,233m de distancia entre surcos equivalente a una superficie de 0,5m², dispuestas en la dirección de avance de la máquina en una zona considerada segura para el buen desempeño de todos los órganos activos de la sembradora; la cual fue regulada para una densidad de siembra

objetivo de 36 plantas por metro cuadrado. Se analizó la viabilidad de la semilla dosificada, que conjuntamente con el análisis de la viabilidad de la semilla a utilizar, calificó el tratamiento que el dosificador otorgó a la semilla, de esta forma se descartan, en los resultados de las plantas logradas los efectos de la dosificación sobre la semilla implantada.

Se evaluó el desempeño de cada cuerpo mediante el cálculo de la uniformidad en el distanciamiento entre plantas, según la metodología propuesta por Kachman y Smith (1995). El método de Kachman y Smith (1995) se utiliza para caracterizar la uniformidad horizontal en la distribución de semillas, a partir de la medición del distanciamiento entre plantas emergidas. Con los datos recabados se construyeron los siguientes índices: a) Índice de múltiples (M) como el % de espaciamientos menores o igual a la mitad del espacio teórico e indica el % de descargas de semillas múltiples; b) Índice de fallos (F) como el % de espaciamientos mayores a 1,5 veces el espaciamiento teórico e indica el % de saltos o fallas en la dosificación; c) Índice de calidad (C) como el % de espaciamiento comprendido entre 0,5 veces y 1,5 veces el espaciamiento teórico. El índice de calidad es igual al 100% menos los índices de fallos y de múltiples e indica el % de semillas individuales dosificadas; d) Índice de precisión (P) es el coeficiente de variación de los espaciamientos que son clasificados dentro del índice de calidad. El espaciamiento teórico surge de la regulación de la sembradora para el logro de una determinada población de plantas.

Las plantas logradas, se valoraron mediante el cálculo del día medio a emergencia

según la metodología propuesta por Bilbro y Wanjura (1982); para lo cual se realizaron conteos de las plantas emergidas cada dos días, a partir de la visualización *in situ* del comienzo de la emergencia, utilizando cinco fechas posteriores a la siembra.

Sobre el último recuento se cuantificó la eficiencia de implantación, surgiendo esta a partir de la relación entre la cantidad de semillas viables distribuidas y las respectivas plantas obtenidas a campo. La cuantificación comprendió la valoración individual de los cuerpos seleccionados, por velocidad y variabilidad obtenida dentro de cada velocidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. Tratamiento otorgado a la semilla

La Tabla 1 presenta los valores de poder

germinativo de las semillas a sembrar y después de haber sido dosificadas, los resultados indican que el dosificador alteró el poder germinativo. Se enfatiza que acorde a las densidades de siembra recomendadas para soja, esta responde a un chorrillo de semillas y, numerosos trabajos donde se evaluó el tratamiento de la dosificación encuentran resultados similares (Tourn *et al.*, 1998; Soza *et al.*, 2000).

Se observa que, ante una densidad teórica de 8,62 sem.m⁻¹ lineal de surco, se obtuvo mayor número de semillas, pero al ajustar las semillas descargadas por el poder germinativo se acercó a la densidad propuesta, siendo este parámetro un objetivo a lograr en toda implantación, según lo expresado por Staggenborg *et al.* (2004) incidió en estos resultados el diseño del mecanismo dosificador.

PG de la semilla a sembrar	93,00 %
PG de la semilla dosificada	92,83 %
Densidad teórica: sem.m ⁻¹ lineal de surco	8,62
Sem.m ⁻¹ lineal de surco descargadas	8,89
Sem. viables.m ⁻¹ lineal de surco descargadas	8,25

Tabla 1. Tratamiento a la semilla y densidad de siembra lograda.

II. Uniformidad de distribución

Los resultados que caracterizan la uniformidad de distribución, siguiendo la metodología de Kachman y Smith (1995), se presentan en la Tabla 2.

Las duplicaciones obtenidas muestran una tendencia creciente con el aumento de la velocidad, atribuyéndose este resultado a la dificultad en la acción del enrasador de semilla, debido a que la velocidad de giro del dosificador es acorde al incremento

de la velocidad de avance. En el surco S3 siempre se observaron más duplicaciones que en el resto, atribuyéndose a excesiva luz entre el enrasador y la placa lo que permitió la descarga de más de una semilla por alvéolo; siendo más manifiesto el efecto a baja velocidad. El incremento de velocidad de la placa acorde a la velocidad de avance genera menos oportunidad de carga de la semilla por lo que esa tendencia tiende a desaparecer.

En los fallos se observa un comportamiento similar a 6 y 8 km.h⁻¹, siendo las máximas diferencias halladas de 13,2% y 12,48% respectivamente, pero a 10 km.h⁻¹ estas diferencias se amplían a 21,05%. Resultados que se atribuyen a la conjunción de diferentes causas: i) a la menor oportunidad del ingreso de cada semilla por alvéolo en el sector de carga, ii) al incremento de la vibración por parte de los cuerpos sembradores en correspondencia con la velocidad, iii) al tratarse de semilla de soja cuya estructura es de forma esférica en su desplazamiento al ponerse en contacto con el fondo de surco, iv) otro efecto concomitante es que el incremento de velocidad aumenta el patinamiento de la rueda motriz de la sembradora, cuyo efecto es transmitido directamente al régimen del dosificador, con la consecuente disminución en la descarga de semilla, que al tratarse de un dosificador monograno se genera un mayor espaciamiento entre cada semilla. Estos resultados ponen en evidencia que para la utilización de este tipo de dosificación en implantación de soja, son más las causas generadoras de fallos que de duplicaciones. Debido a que los distanciamientos aceptables deben estar en correspondencia con las duplicaciones y fallos, es que sus resultados son esperables presentando una

tendencia decreciente ante incrementos de velocidad.

Acorde a la bibliografía se acepta como preciso un valor máximo de 29%, por lo tanto ante las velocidades propuestas y el desempeño de los cuerpos seleccionados en todas las velocidades se encontraron dos cuerpos que no superan el máximo admisible y dos que sí. Pero el comportamiento individual fue totalmente aleatorio, lo que supone la existencia de condiciones variables de un suelo en siembra directa interactuando sobre el desempeño del tren de distribución de la sembradora, debe recalcarse que dada la configuración de los cuerpos desde la descarga de la semilla al suelo hay una altura de caída de aproximadamente 300mm y al no poseer tubos conductores permite descartar cualquier posible incidencia del sistema de conducción en los resultados obtenidos.

En virtud de estos resultados se aporta a la hipótesis de la dependencia de la uniformidad entre plantas según el sistema de dosificación y a la velocidad de avance y coincide con las expresiones de Soza *et al.* (2000); Liu *et al.* (2004); Amado *et al.* (2005); Soza *et al.* (2007); Soza *et al.* (2008) Bragachini *et al.* (2009) y Tesouro *et al.* (2009).

		Duplicaciones	Fallos	Aceptables	Precisión
V6	S1	8,67%	21,05%	70,32%	23,97%
	S2	3,25%	17,07%	79,67%	25,65%
	S3	19,80%	22,92%	57,30%	31,40%
	S4	3,12%	30,27%	66,62%	30,17%
V8	S1	17,40%	19,87%	62,72%	32,27%
	S2	14,25%	25,90%	59,97%	28,70%
	S3	19,05%	17,87%	63,10%	28,10%
	S4	26,87%	30,35%	42,82%	31,67%
V10	S1	7,10%	22,45%	70,50%	26,87%
	S2	21,65%	28,80%	49,57%	30,17%
	S3	33,25%	24,05%	42,70%	20,05%
	S4	25,80%	43,50%	30,70%	35,47%

Tabla 2. Caracterización del desempeño de los cuerpos sembradores a las velocidades propuestas, según la propuesta de Katchman y Smith (1995).

El análisis conjunto de los cuerpos sembradores (Tabla 3), en cuanto a los índices que califican su desempeño, a $6\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ es donde se observa el menor valor de duplicaciones indicativo de un buen comportamiento del dosificador en cuanto a la carga individual de semilla, responsabilizándose los fallos al desplazamiento de la semilla en el surco. El incremento a $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ se manifestó en un incremento sustancial de las duplicaciones y una disminución en la precisión; mientras a $10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ las variables que más se modi-

ficaron fueron las duplicaciones y los fallos constituyendo entre ambos aproximadamente el 50% de las semillas descargadas, resultando el menor porcentaje de aceptables presentando la mayor variabilidad; resultado esperable en virtud de que excede la velocidad recomendable para esta tarea. Aunque presenta un porcentaje de precisión similar a V6, este surge de considerar solo las aceptables que para esta velocidad constituyen menos de la mitad de las semillas descargadas (48,36%).

		Duplicaciones	Fallos	Aceptables	Precisión
V6	X	8,71%	22,82%	68,47%	27,79%
	D.E.	0,07%	0,05%	0,09%	0,036
	CV	89,93%	24,23%	13,52%	12,78%
V8	X	19,39%	23,49%	57,15%	30,18%
	D.E.	0,05%	0,05%	0,09%	0,021
	CV	27,68%	24,28%	16,90%	6,93%
V10	X	21,95%	28,7%	48,36%	28,14%
	D.E.	0,11%	0,09%	0,16%	0,065
	CV	50,12%	33,40%	34,51%	22,93%

Tabla 3. Caracterización del desempeño de la sembradora a las velocidades propuestas, según la propuesta de Katchman y Smith (1995).

III. Día medio a emergencia

La Tabla 4 presenta el día medio a emergencia obtenida a partir del momento de la implantación en las sucesivas determinaciones, el rigor estadístico no presentó diferencias significativas entre cuerpos ni con las velocidades estudiadas; pero se observa una tendencia a su disminución en concordancia con el incremento de la velocidad. Resultados atribuibles a que a mayor velocidad de avance y ante una cantidad importante de cobertura presente, el órgano labrasurco y los abresurcos tendieran a producir un surco

de menor profundidad y en conjunción a la conducción sin tubo de descarga y escasa altura de caída de la simiente, permitieron un buen desempeño del apretagrano y cubridores aun a alta velocidad, generando una buena relación semilla-suelo que asegure la rápida emergencia.

Este trabajo suma un antecedente más, que avala la importancia de la velocidad operativa sobre los objetivos buscados en toda implantación, en coincidencia con Maroni *et al.* (2005) respecto al logro de alta velocidad de emergencia.

	V6	V8	V10	X
S1	8,4	8,9	9,1	9,1 A
S2	9,0	8,1	8,5	8,5 A
S3	9,2	10,4	8,3	9,4 A
S4	10,9	9,1	9,0	9,5 A
X	9,4 a	9,1 a	8,7 a	

Tabla 4: Día medio a emergencia de los cuerpos sembradores y del conjunto de la sembradora.

(Tukey; $p > 0,05$)

IV. Eficiencia de implantación

En la Tabla 5 se observan las eficiencias de implantación obtenidas, su cálculo se realizó sobre la base de las plantas logradas en el último conteo para el día medio a emergencia.

En esta etapa del proceso de implantación juega un papel preponderante en primera instancia el sistema de dosificación del tipo monograno, la conducción que por sus características de diseño se ajusta en gran medida a lo recomendable por su escasa altura de caída y sin tubo circular, condiciones constructivas que favorecen una descarga de semilla al surco con poca energía, y favorece en segunda instancia el trabajo de los elementos apretagrano

y cubridores-compactadores, resultando en mayor número de semillas puestas en óptimas condiciones de germinación-emergencia.

La configuración de los elementos de la máquina en estudio reveló la mayor eficiencia de implantación a 8 km.h^{-1} ; con una disminución importante a 10 km.h^{-1} y menor a 6 km.h^{-1} , resultados que conllevan a discernir con las expresiones de Malinda, (1988), Baker, (1994), Soza *et al.* (1997) y Tourn *et al.* (2003) quienes concuerdan en que a velocidades crecientes disminuye el stand de plantas logradas.

Concuerda con Karayel y Ozmeri (2001) quienes manifiestan la existencia de un efecto inverso de la velocidad de avance,

porque el mejor desempeño fue hallado a 8km.h^{-1} ; y con Sanavi Shiri y Raoufat (2006), los que adjudican a los órganos surcadores fijos un mejor desempeño en la siembra ante altos volúmenes de rastrojo, condición que se presentó en el estudio por el surcador utilizado y el rastrojo del maíz antecesor.

Los resultados de los cuerpos analizados individualmente refuerzan las expresiones

anteriores, adicionándose a tal efecto la variabilidad hallada entre cuerpos, indicativa del mejor trabajo individual, en especial en el logro de una buena relación semilla-suelo a 8km.h^{-1} ; emerge de estos resultados la importancia de analizar la velocidad óptima de las sembradoras donde se compatibilicen altas eficiencias de implantación con aceptable capacidad de trabajo.

		% de logro por surco	% de logro de la sembradora	
			Promedio	CV (%)
V6	S1	90,3	86,87	8,08
	S2	88,1		
	S3	89,2		
	S4	76,9		
V8	S1	93,0	88,65	5,29
	S2	86,8		
	S3	91,9		
	S4	82,9		
V10	S1	86,1	80,02	10,52
	S2	77,6		
	S3	87,8		
	S4	69,5		

Tabla 5: Eficiencias de implantación obtenidas a las diferentes velocidades propuestas.

CONCLUSIONES

Este trabajo permitió aportar un antecedente más al estudio de la variabilidad de las sembradoras en condiciones operativas, y en especial al estudio de la precisión interna de la sembradora, que en el marco de la agricultura de precisión es fundamental para el logro de la uniformidad acorde a los requerimientos específicos. También constituye un aporte importante respecto al incremento de la capacidad de trabajo al evaluar la incidencia de la velocidad de trabajo en el mantenimiento de la uniformidad de distribución de las semillas

en el surco, donde este sistema monograno presentó un comportamiento de calidad.

Las variabilidades halladas entre cuerpos, amerita la continuidad de su estudio en sembradoras con dosificación mecánica y dosificación variable, ya que la variabilidad en los parámetros que califican la implantación involucran también los elementos de conducción y distribución de las semillas en el surco cuyo, -ante la introducción de la agricultura de precisión- éxito depende del manejo de la variabilidad interna de los lotes, al cual debe ajustarse el trabajo de las máquinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Amado, M.; M. C. Tourn; H. Rosatto. 2005. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. En avances en Ingeniería agrícola 2003 – 2005. VIII Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Villa de Merlo, San Luis. 77-81.
- Baker, C. J. 1994. Sistema cross-slot: fundamentos científicos y experimentación. II Conferencia sobre experiencias internacionales en siembra directa. *Agronomía* 2000. 2 (5): 13 – 17.
- Bilbro, J. D.; D. F. Wanjura. 1982. Soil crust and cotton emergence relationships. *Trans. ASAE* 25:1484 – 1489.
- Bragachini, M.; A. Méndez; F. Scaramuzza; J. P. Vélez; D. Villarroel. 2009. Impacto económico de la siembra de maíz a alta velocidad. En Actas del X Congreso de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR. 1ra Ed. UNR Editora. p 64-68 (en CD-ROM).
- Chaudhuri, D. 2001. Performance Evaluation of Various Types of Furrow Openers on Seed Drills. A Review. *Journal Agriculture Engineer Research* 79(2):125-137.
- Celik, A.; I. Ozturk; T. R. Way. 2007. Effects of various planters on emergence and seed distribution uniformity of sunflower. *Applied Engineering in Agriculture. ASABE*, 23(1):57-61.
- Hastfield, J. 2000. Precision agriculture an environmental quality: Challenges for research and education. National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Ames. Iowa. Disponible en: <http://www.aroboday.org>
- Kachman, S. D.; J. A. Smith. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. *Trans. of the ASAE* 38(2):379-387.
- Karayel D.; A. Ozmeri. 2001. Effect of forward speed and seed spacing uniformity on seeding uniformity of a precision vacuum metering unit for melon and cucumber seeds. *Journal of University of Akdeniz, Faculty of Agriculture*, 14 (2): 63 – 67.
- Liu, W.; M. Tollenaar; G. Stewart; W. Deen. 2004. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. *Agronomy Journal* 96:1668-1672.
- Maleki, M.; J. Jafari; M. Raufat; A. Mouzzen; J. De Baerdemacker. 2006. Evaluation of seed distribution uniformity of a multi-flight auger as a grain drill metering device. *Biosystems Engineering* 94(4):535-543.
- Malinda, D. K. 1998. Optimisation of broadacre seeder performance. Conference on Ag. Eng., Hawkesbury Ag. Coll. Pp 457 – 459.
- Maroni, J.; C. Fernández Asenjo; A. Gargicevich; L. Repetto; C. González. 2005. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contacto semilla-suelo durante la siembra. En: *Avances en Ingeniería Agrícola 2003-2005*. Ed: O. Barbosa, UNSL. ISBN N°987-05-0140-0.

- Maroni, J.; C. Fernández Asenjo; A. Gargicevich; C. González. 2006. ¿Es posible que la emergencia de las plantas de maíz sea rápida y uniforme? – 1° curso de mecanización agrícola para técnicos de Venezuela – INTA EEA Manfredi, Córdoba, Argentina - p. 26 a 30.
- National Research Council. 1997. National Academies Press, Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management.
- Sanavi Shiri, N.; M. H. Raoufat. 2006. Comparative performance of four planter furrow opener and row cleaner arrangements in a conservation tillage corn production system. *Iran Agricultural Research* 24(2):53-66.
- Soza, E. L.; M. C. Tourn; L. A. Larrosa; L. B. Donato; A. Alberti. 1997. Efecto de la cuchilla labrasurco en la eficiencia de implantación de maíz (*Zea mays L.*). *Actas II Congreso Chileno de Ingeniería Agrícola CIACH-97. Agro-Ciencia Número extraordinario.*
- Soza, E. L.; M. C. Tourn; J. Smith; F. del Olmo; D. Gitard. 2000. Eficiencia de implantación de la secuencia anual trigo-soja, mediante los sistemas de siembra directa y con labranza previa. *Revista de la Facultad de Agronomía.* 20(2): 181 – 186.
- Soza, E. L.; E. Pezzoni; G. F. Botta; M. C. Tourn, D. Agnes. 2005. Eficiencia de implantación de trigo con labranza en franjas a distintas velocidades de avance. *Revista de la Facultad de Agronomía de la F.A.-U.B.A.* 25(2):121-127. ISSN N°0325-9250.
- Soza, E. L., D. W. Agnes, M. C. Tourn, G. F. Botta. 2007. Respuesta del cultivo de soja a la descompactación por mínimas labranzas y siembra directa. Libro de Resúmenes del IX Congreso Argentino de Ingeniería Rural y I del MERCOSUR, CADIR 2007. Córdoba. p. 66 y en sustento magnético.
- Soza, E. L.; D. W. Agnes; M. C. Tourn; G. F. Botta. 2008. Descompactación del suelo y su efecto en la implantación y rendimiento de un cultivo de soja. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de Funes, San Luis, Argentina. Pág. 296 y en CD-ROM. ISBN 978-987-9260-61-6.
- Speranza, F.; R. Bongiovanni. 2007. Viabilidad económica de las inversiones en tecnologías de agricultura de precisión. En: *Avances en Ingeniería Rural 2005-2007*, 160-169 pp.
- Staggenborg, S. A.; R. K. Taylor; L. D. Maddux. 2004. Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment – *Trans of the ASAE* 20(5):573-580.
- Tesouro, M.O.; A. Romito; L.B. Donato; N. González; J. Elisei; D. Paredes; M. Roba. 2009. Evaluación de las características de la siembra de maíz en el área de influencia de la EEA Pergamino (Buenos Aires). En *Actas del X Congreso de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR. 1ra Ed. UNR Editora.* p 263-271 (en CD-ROM).
- Tourn, M. C.; E. L. Soza ; 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.

- Tourn, M. C.; E. L. Soza; R. Hidalgo; R. Di Marco. 2003. Emergencia de soja de segunda sobre trigo en siembra directa. Parte II: efecto de la velocidad de avance. *Agrotécnica. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE*. 11(2003): 30-36.
- Vieira dos Reis, A.; F. Forcellini. (2002). Functional analysis in the evaluation of four concepts of planters. *Ciencia Rural* 32(6):969-975.