

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DOSIFICADOR NEUMÁTICO POR DEPRESIÓN

Parte I: Ensayo con semilla de maíz

D'AMICO, Juan⁽¹⁾; Sebastián DURO⁽¹⁾; Diego PAREDES⁽¹⁾; Marcos ROBA⁽¹⁾; Angel ROMITO⁽¹⁾; Leonardo VENTURELLI⁽¹⁾, Omar TESOURO⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Instituto de Ingeniería Rural – CIA – INTA. C.C. 25 (1712) Castelar, Buenos Aires.
E-mail: jpdamico@cni.inta.gov.ar.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de un dosificador neumático por depresión con diferentes semillas de maíz y de girasol, bajo distintas condiciones operativas. En esta primer parte se presentan los resultados obtenidos con semilla de maíz.

La experiencia se realizó en base a la metodología descrita en la Norma ISO 7256-1 (Sowing equipment – Test Methods – Part 1: Precision drills for sowing in lines). Los ensayos se realizaron sobre el simulador funcional estático del Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar. En este banco se montó una sembradora marca Agrometal TX equipada con un dosificador neumático por depresión marca MaterMacc modelo Magicsem. Se trabajó con tres velocidades de avance: 5, 7 y 8.5 km/h y la densidad de siembra en todos los casos fue de 5.3 semillas por metro. Las muestras de semilla de maíz empleadas correspondieron a dos calibres redondos (AX882 R1 y AX934 R3), un calibre chato (AX882 C3) y una muestra compuesta por semilla de diversos tamaños denominada “material de descarte”. Fueron contrastadas las densidades efectivas de siembra y la densidad teórica, la calidad del planteo y el grado de rotura visible en cada condición operativa.

Se obtuvieron elevados porcentajes de la semilla dosificada dentro del rango considerado como aceptable. En todos los casos la cantidad de semilla aceptablemente sembrada disminuyó con el aumento de la velocidad, lo cual estuvo asociado con el incremento de las fallas. A la mayor velocidad de avance y con la semilla más pesada, la posición del enrasador tuvo que ser ajustada para lograr la coincidencia entre las separaciones teórica y efectiva. Las variaciones observadas en la uniformidad de siembra a bajas y a altas velocidades fueron reducidas en orden de magnitud. La similitud de los resultados obtenidos con cada una de las cuatro muestras revela que las prestaciones del dosificador no fueron influenciadas por la uniformidad en el tamaño de la semilla, aún cuando se trabajó con muestras muy irregulares como el material de descarte.

El sistema de dosificación evaluado presentó un elevado nivel de eficiencia en las diferentes condiciones operativas probadas en este ensayo.

Palabras Clave: Sembradoras. Dosificación neumática. Maíz. Distribución.

Introducción

El incremento del rendimiento de los cultivos logrado por la agricultura moderna es producto de una evolución conjunta de las prácticas de manejo, de la aplicación de agroquímicos y de la genética utilizada. No obstante, los altos costos de producción y principalmente, la mayor y creciente conciencia sobre la preservación del ambiente, presentan nuevos desafíos acerca de la utilización más eficiente de los recursos.

En este contexto, la operación de siembra tiene un papel trascendental que no sólo implica la optimización de la semilla como un insumo, sino que conlleva al logro de un stand de plantas planificado, distribuido uniformemente y con un estado de desarrollo homogéneo que tendrá influencia decisiva en la expresión del potencial de rendimiento y en la minimización de problemas al momento de realizar otras labores.

La optimización del espacio disponible para cada planta incrementa el rendimiento del cultivo por la minimización de la competencia intraespecífica por luz, agua y nutrientes, y está principalmente relacionada con el sistema dosificador de semillas (Griepentrog, 1998). Según Bragachini *et al* (2002) la variabilidad en la distribución de las plantas puede ser causada por una distribución desuniforme debida al funcionamiento defectuoso de la sembradora, a una excesiva velocidad de siembra y/o a una mala emergencia o establecimiento de las plántulas.

La correcta dosificación en términos de densidad de siembra y de uniformidad de distribución de la semilla en la línea de siembra, ha sido el principal motor de los cambios producidos a lo largo del tiempo en los sistemas dosificadores. Los más antiguos y aún hoy muy difundidos en nuestro país, como los de placa horizontal, encuentran ciertas dificultades para trabajar con semilla de tamaño y forma desuniforme constituyendo un problema recurrente la elección de la placa adecuada, aún para semillas calibradas correctamente. Tesouro *et al.* (2004) establecieron que para la siembra de girasol, la caracterización del largo, ancho y espesor del alvéolo explican el comportamiento del dosificador y que solo una de las dimensiones en exceso o en defecto afecta las características de la siembra, aunque las otras dos se encuentren en el óptimo. Estos autores también determinaron que las dimensiones óptimas del alveolo varían de acuerdo a la velocidad de giro de la placa.

Luego de revisar trece trabajos realizados en Brasil referidos a las prestaciones de dosificadores, dos Rei y Alonço (2001) concluyen que el desempeño de los dosificadores polivalentes resulta superior al de los monovalentes por las limitaciones que tienen debido a su elevado índice de fallas y múltiples como así también por el daño provocado a la semilla. Maroni *et al.* (2001), demostraron que el uso de dosificadores neumáticos es determinante para lograr la población de semillas programada.

No obstante las probables mejores prestaciones, estos sistemas se ven afectados por distintos factores que condicionan su efectividad. Singh (2005) establece que la forma del orificio, la velocidad de la placa y el nivel de vacío afectan la exactitud de la dosificación. Mientras que Armando *et al.* (2005) concluyen que en condiciones de campo, la variación de la velocidad de siembra aún dentro de un acotado rango tiene gran influencia en la modificación de los parámetros que determinan la calidad de la labor.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de un dosificador neumático por depresión con diferentes semillas de maíz y girasol bajo distintas condiciones operativas. En esta primer parte se presentan los resultados obtenidos con semilla de maíz.

Materiales y Métodos

La experiencia se realizó en base a la metodología descrita en la Norma ISO 7256-1 (Sowing equipment – Test Methods – Part 1: Precision drills for sowing in lines). Los ensayos se realizaron en el simulador funcional estático del Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar compuesto por rodillos que accionados por la toma posterior de potencia de un tractor movilizan la rueda motriz de los mandos de la sembradora y a una cinta transportadora que imita el desplazamiento del suelo en relación al cuerpo de siembra, sobre la cual se adhieren las semillas entregadas por el tubo de descarga.

En este banco se montó una sembradora marca Agrometal TX equipada con un dosificador neumático por depresión marca MaterMacc modelo Magicsem. Este dispositivo consta de un cuerpo construido en polímero con placas dosificadoras de acero inoxidable de 0.6 mm de espesor y de 240 mm de diámetro con 12, 24, 36, 48, 60, 72, o 96 orificios en una hilera y de 144 y 288 orificios en dos hileras.

El enrasador simple de borde dentado es utilizado con las placas dosificadoras que poseen una sola fila de orificios, mientras que el doble, se emplea con las placas con dos filas de orificios. La posición del enrasador se regula mediante una palanca que se desplaza sobre un soporte graduado.

El dosificador posee un aro interceptor que divide los orificios de la placa dosificadora en dos mitades y cuya finalidad es evitar que parte de la semilla se introduzca en el alvéolo. La densidad de siembra se regula por medio de la relación de transmisión de la máquina en la que se ha montado el dispositivo y/o mediante el número de orificios de las placas dosificadoras. Con la placa de 24 alvéolos en maíz y girasol, la relación de transmisión de las ruedas dentadas del dosificador permite utilizar la tabla de densidades especificadas por el fabricante de la sembradora, sin necesidad de realizar conversión alguna de los valores.

El ventilador centrífugo utilizado es un desarrollo de MaterMacc. La empresa aconseja su uso para generar una depresión de 45 a 55 milibares, considerada adecuada para el buen funcionamiento del equipo con 16 dosificadores utilizando maíz, girasol, sorgo y soja y con una densidad de siembra no mayor a 25 semillas por metro lineal. Con mayores densidades de siembra en soja, se lo estima apto para 14 dosificadores. El ventilador puede ser accionado mediante la toma de potencia al régimen normalizado de 540 v/min o por el sistema hidráulico del tractor. La distribución del vacío puede realizarse con un colector radial y tubos plásticos flexibles o a través de un colector lineal, caños de polipropileno y tubos plásticos flexibles.

Se utilizó un tubo de bajada de geometría curva y sección rectangular, que es el recomendado por el fabricante. En el ensayo con semilla de maíz se empleó una placa de 24 orificios de 5.5 milímetros de diámetro mientras que, la posición del engrasador, se reguló observando la correcta carga de la placa dosificadora en cada condición operativa.

Se trabajó con tres velocidades de avance: 5, 7 y 8.5 km/h y la densidad de siembra en todos los casos fue de 5.3 semillas por metro, equivalentes a una separación teórica entre semillas en el surco de 187 mm o 76379 semillas por hectárea si los surcos se encuentran distanciados a 700 mm. La velocidad tangencial de los alvéolos, para las velocidades de avance mencionadas, fueron de 0.19, 0.27 y 0.33 m/s respectivamente.

Las muestras de semilla de maíz empleadas en el ensayo correspondieron a dos calibres redondos (AX882 R1 y AX934 R3), un calibre chato (AX882 C3) y una muestra compuesta por semilla de diversos tamaños denominada "material de descarte". Las características morfológicas más importantes se indican en la tabla 1.

Análisis de la Densidad de Siembra:

En base a una determinada distancia recorrida por la cinta transportadora se estableció la separación teórica a partir de la cantidad de vueltas que la placa efectúa en esa distancia y la cantidad de orificios que posee. Considerando una distancia entre líneas prefijada, que en todos los casos fue de 700 mm, se calculó la densidad teórica de siembra.

La separación media efectiva se obtuvo promediando los valores de las separaciones entre semillas consecutivas medidas en el banco de ensayos. Teniendo en cuenta la separación entre líneas mencionada se determinó la densidad de siembra efectiva para cada una de las muestras en cada una de las velocidades de trabajo. El tamaño de la muestra fue en todos los casos de 150 mediciones.

Se realizaron comparaciones entre las densidades efectivas de siembra y la densidad teórica mediante pruebas de hipótesis de medias con un nivel de significación del 5%.

Análisis de la calidad del planteo

En base a la Norma ISO 7256 se tomó como distancia de referencia (X_{ref}) a la separación teórica. Las separaciones entre semillas que se ubicaron en un rango de entre 0.5 X_{ref} y 1.5 X_{ref} fueron consideradas aceptables. Como entregas múltiples fueron tomadas las que se ubicaron por debajo de 0.5 X_{ref} y como fallas las que superaron el valor de 1.5 X_{ref} . Con estos datos se calcularon los índices **A**: porcentaje aceptables; **D**: porcentaje de entregas múltiples; **M**: porcentaje de fallas y **C**: Coeficiente de Variación de las separaciones consideradas como aceptables. Las comparaciones entre aceptables, fallas y entregas múltiples se realizaron mediante la prueba Q de Cochran.

Tabla 1: Principales dimensiones de las semillas utilizadas en el ensayo.Referencias: \bar{X} : promedio; STD: desvío estándar.

Muestras Maíz	Variable	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso de 1000 semillas (g)
AX882 R1	\bar{X}	10.69	9.64	5.87	394.9
	STD	0.77	0.49	0.57	
AX882 C3	\bar{X}	12.40	7.40	4.64	281.3
	STD	0.85	0.34	0.39	
AX934 R3	\bar{X}	9.67	7.20	6,15	256.2
	STD	0.93	0.47	0.47	
Material de Descarte	\bar{X}	11.10	8.28	4.89	342.2
	STD	0.92	0.92	0.89	

También se evaluó la calidad del planteo utilizando las varianzas de las muestras. A fin de determinar la existencia o no, de diferencias estadísticamente significativas, se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas con un nivel de significación del 5%.

Análisis del grado de rotura visible: Se tomaron muestras de la semilla embolsada (testigo) a fin de establecer la rotura inicial. Estas fueron comparadas con las obtenidas luego de que la semilla pasara por el dosificador, cuando la máquina operaba a 5 y 8.5 km/h. El porcentaje de daño surge al relacionar el peso del grano que posee un deterioro visible con el peso total de la muestra. Esta determinación no evalúa el efecto sobre el poder germinativo de la semilla. Se utilizaron pruebas de hipótesis de proporciones en el análisis estadístico de la rotura visible.

Resultados y discusión

Resultados obtenidos con la semilla de maíz AX 882 C3

El enrasador del dosificador neumático se colocó en la posición 5.25 en las tres velocidades de avance. A 5 km/h la separación media efectiva entre semillas en la línea de siembra fue de 188 mm, la que equivale a una densidad de 75816 semillas por hectárea. Las densidades de siembra teórica y efectiva no presentaron diferencias estadísticas. Aproximadamente el 97 % de la semilla se ubicó dentro de los límites considerados como aceptables. Los porcentajes de entregas múltiples y fallas fueron de 1.32 y 1.99 % respectivamente. El incremento de la velocidad de avance a 7 y a 8.5 km/h no modificó sustancialmente la densidad efectiva de siembra, alcanzándose valores de 73971 y 75880 semillas por hectárea respectivamente. Tampoco resultaron significativamente afectados los porcentajes de aceptables, fallas y entregas múltiples. Sin embargo, la calidad del planteo, estimada a partir de la dispersión de los datos respecto de la media muestral, se degradó con el aumento de la velocidad. Este hecho puede observarse a partir de los contrastes de varianzas, indicados en la fila del desvío estándar de la tabla 2 y por el incremento de los coeficientes de variación de la semilla aceptablemente sembrada.

Tabla 2: Principales resultados obtenidos con la semilla de maíz AX882 C3.

Referencias:

(*) ausencia de diferencias estadísticas entre los valores teóricos y efectivos.

(**) diferencias estadísticas significativas al 5% entre los valores teóricos y efectivos.

a: letras iguales en las filas significa ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Semilla Maíz AX 882 C3	Velocidad de avance (km/h)		
	5	7	8.5
Separación media efectiva (mm)	188 *	193 *	188 *
Densidad de siembra efectiva (sem/ha)	75816	73971	75880
Desvío standard (mm)	35.4 ^a	46.6 ^b	42.1 ^b
A - Aceptables (%)	96.7 ^a	93.5 ^a	94.7 ^a
D - Duplicaciones (%)	1.3 ^a	2.0 ^a	2.0 ^a
M - Fallas (%)	2.0 ^a	4.6 ^a	3.3 ^a
C - Coeficiente de Variación (%)	11.7	14.9	16.0

Resultados obtenidos con la semilla de maíz AX 934 R3: El enrasador del dosificador neumático se colocó en la posición 5.25 en las tres velocidades de avance. A 5, 7 y 8.5 km/h las densidades efectivas de siembra fueron de 76819, 77589 y 75776 semillas por hectárea y todas ellas resultaron estadísticamente iguales a la densidad teórica. En los tres casos los porcentajes de semilla aceptablemente sembrada superaron el 96% del total, debido a lo cual los porcentajes de entregas múltiples y fallas fueron mínimos, principalmente a bajas velocidades de avance. El incremento de la velocidad de 5 a 7 km/h prácticamente no modificó la calidad del planteo, obteniéndose en ambos casos niveles de desvío estándar casi idénticos (Tabla 3). En cambio, a 8.5 km/h sí se manifestó un aumento de la dispersión que, al ser comparado con los resultados obtenidos anteriormente, alcanzó significación estadística. Para interpretar correctamente esta prueba, es conveniente destacar que la significación alcanzada al contrastar la varianza a 8.5 km/h vs. las correspondientes a 5 y 7 km/h, son ocasionadas principalmente por los reducidos valores de este parámetro a las menores velocidades y no por un exagerado deterioro de la precisión de la siembra a la mayor velocidad de avance.

Tabla 3: Principales resultados obtenidos con la semilla de maíz AX882 R3.

Referencias:

(*) ausencia de diferencias estadísticas entre los valores teóricos y efectivos.

(**) diferencias estadísticas significativas al 5% entre los valores teóricos y efectivos.

a: letras iguales en las filas significa ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Semilla Maíz AX 934 R3	Velocidad de avance (km/h)		
	5	7	8.5
Separación media efectiva (mm)	186 *	184 *	189 *
Densidad de siembra efectiva (sem/ha)	76819	77589	75776
Desvío standard (mm)	29,0 ^a	29,2 ^a	40,3 ^b
A - Aceptables (%)	98.6 ^a	99.3 ^a	96.7 ^a
D - Duplicaciones (%)	0.7 ^a	0.7 ^a	0.7 ^a
M - Fallas (%)	0.7 ^a	0.0 ^a	2.6 ^a
C - Coeficiente de Variación (%)	12.5	13.9	14.2

Resultados obtenidos con la semilla de maíz AX 882 R1: El enrasador del dosificador se colocó en la posición 5.25 en las tres velocidades de avance. A 5 y 7 km/h la separaciones medias efectivas entre semillas en la línea de siembra fueron de 189 y 186 mm

respectivamente, valores casi coincidentes con la distancia teórica. Consecuentemente, las densidades de siembra teórica y efectivas no presentaron diferencias estadísticas. Los porcentajes de aceptables, fallas y entregas múltiples resultaron similares y, al comparar la dispersión entre ambas velocidades, no se alcanzó el umbral de significación (Tabla 4). En cambio, a 8.5 km/h el límite inferior del intervalo de confianza de la separación media entre semillas fue de 187.3 mm por lo cual se obtuvo una diferencia significativa con la distancia teórica (X_{ref}). A esta velocidad de avance, también se redujo la calidad del planteo respecto de la obtenida a 5 y 7 km/h debido al aumento en el porcentaje de fallas simples y a la aparición de fallas dobles.

Tabla 4: Principales resultados obtenidos con la semilla de maíz AX882 R1.

Referencias:

(*) ausencia de diferencias estadísticas entre los valores teóricos y efectivos.

(**) diferencias estadísticas significativas al 5% entre los valores teóricos y efectivos.

a: letras iguales en las filas significa ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Semilla Maíz AX 882 R1	Velocidad de avance (km/h)		
	5	7	8.5
Separación media efectiva (mm)	189 *	186 *	195 **
Densidad de siembra efectiva (sem/ha)	75607	76714	73110
Desvío standard (mm)	29.6 ^a	33.9 ^a	50,6 ^b
A - Aceptables (%)	98.7 ^a	97.3 ^a	95.5 ^a
D - Duplicaciones (%)	0.0 ^a	1.3 ^a	0.0 ^a
M - Fallas (%)	1.3 ^a	1.3 ^a	4.5 ^a
C - Coeficiente de Variación (%)	11.2	12.5	12.4

La diferencia entre las densidades teórica y efectiva a 8.5 km/h señalada anteriormente, motivó que se modificara la posición del enrasador a fin de cuantificar su efecto sobre la precisión del dosificador neumático. En este apartado se analizan los resultados obtenidos al variar el punto de enrase entre 5.25 y 8.25 a intervalos de 0.5. En la tabla 5 se presentan los principales resultados alcanzados en el banco de ensayos. En las cuatro primeras posiciones probadas, entre 5.25 y 6.75 la separación media efectiva superó claramente a la teórica y en las tres primeras, las diferencias entre éstas y aquella, fueron significativas. La relación entre la posición del enrasador y la separación media efectiva y, consecuentemente sobre la densidad efectiva de siembra, se representa en la figura 1. Existe una estrecha dependencia entre ambas variables. Dentro de este rango de variación de la posición del enrasador, la curva de ajuste correspondió a una función de tercer grado con un coeficiente de regresión de 0.98. Puede observarse que, para esta semilla y con una velocidad de avance de 8.5 km/h, las densidades teórica y efectiva prácticamente coinciden cuando el enrasador se encuentra en la posición 7.75. Sin embargo, en el rango analizado y para estas condiciones operativas, no pudo detectarse una relación consistente entre la posición del enrasador y otros parámetros de la siembra tales como el porcentaje de aceptables y el desvío estándar. En efecto, el primero varió entre 92.1 y 95.5% valores éstos que resultan estadísticamente iguales. Las fallas también resultaron estadísticamente iguales pero, presentaron una tendencia a su reducción a medida que se incrementa la posición del enrasador, contrariamente a lo observado con las entregas múltiples. Fallas y entregas múltiples se compensaron, por lo cual la cantidad de aceptables fue relativamente constante, como se mencionara anteriormente. En lo que respecta al desvío estándar, varió entre un mínimo de 46.3 y dos valores máximos de 54.9 y 57.1 mm, sin un patrón de comportamiento definido, alcanzando solamente diferencias significativas entre los extremos mencionados.

Tabla 4: Principales resultados obtenidos con la semilla de maíz AX882 R1 a 8.5 km/h con diferentes posiciones del enrasador.

Referencias:

(*) ausencia de diferencias estadísticas entre los valores teóricos y efectivos.

(**) diferencias estadísticas significativas al 5% entre los valores teóricos y efectivos.

a: letras iguales en las filas significa ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Maíz AX 882 R1	Posición del enrasador						
	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25
Separación media efectiva (mm)	195 **	195 **	202**	195*	190*	188*	182*
Densidad de siembra efectiva (sem/ha)	73110	73168	70794	73401	75355	75789	78698
Desvío standard (mm)	50,6 ^{ab}	46,3 ^a	57,1 ^b	54,9 ^b	52,0 ^{ab}	48,2 ^{ab}	50,1 ^{ab}
A - Aceptables (%)	95,5 ^a	94,9 ^a	93,8 ^a	93,0 ^a	92,1 ^a	94,7 ^a	93,9 ^a
D - Duplicaciones (%)	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	1,3 ^a	3,3 ^b	2,0 ^a	4,1 ^b
M - Fallas (%)	4,5 ^a	5,1 ^a	6,3 ^a	5,7 ^a	4,6 ^a	3,3 ^a	2,0 ^a

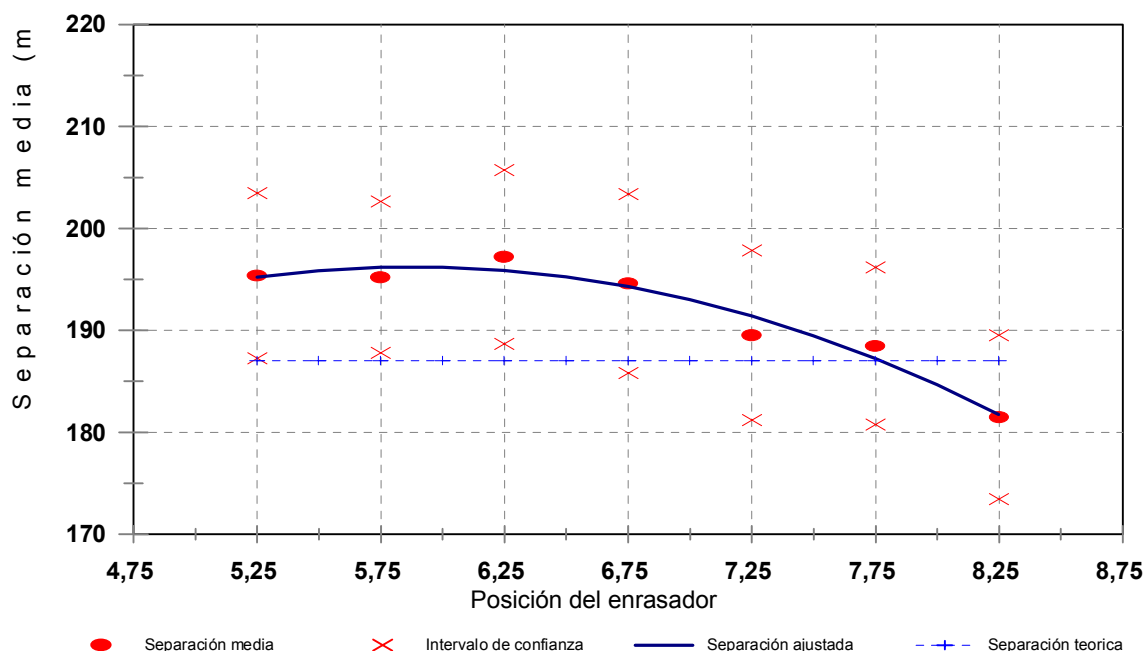


Figura 1: Separación teórica y efectivas con diferentes posiciones del enrasador. Cultivo: maíz. Híbrido AX882 R1 Condiciones operativas: Separación de referencia (X ref = 1): 187 mm. Velocidad de avance: 8,5 km/h. Función de ajuste: polinomio de tercer grado: $70.969 x - 9.845 x^2 + 0.357 x^3$; R2: 0.98

Resultados obtenidos con el material de descarte: El enrasador del dosificador neumático se colocó en la posición 5.25 en las tres velocidades de avance. A 5 y 7 km/h las densidades efectivas de siembra fueron de 76506 y 77287 semillas por hectárea valores casi coincidentes con la densidad teórica. A 8.5 km/h la separación media efectiva se incrementó a 193 mm con lo cual la densidad efectiva de siembra se redujo a 74127 semillas por hectárea. Pese a que esta densidad no es estadísticamente diferente de la teórica, prácticamente se alcanzó el umbral de significación. Tal como fuese analizado con la semilla AX 882 R1 con distintas posiciones del enrasador a 8.5 km/h, es esperable que la separación media pueda aproximarse a la teórica mediante la corrección del punto de enrase. En las tres velocidades de avance los porcentajes de semilla aceptablemente

sembrada superaron el 96% del total. A 5 km/h, incluso, se alcanzó el 100%. El incremento de la velocidad por encima de 5 km/h afectó sensiblemente la calidad del planteo. Sin embargo, a 7 y 8.5 km/h se obtuvieron varianzas de 1428 y 1411 mm² que corresponden a desvíos estándar de 37.8 y 37.6 mm, valores éstos que se ubican entre el máximo registrado de 46,6 mm con el R1 a 7 km/h y el mínimo de 29.2 mm del R3 también a 7 km/h. Estos resultados indicarían que la respuesta del dosificador no se vio afectada por el calibre de la semilla de maíz utilizada.

Tabla 6: Principales resultados obtenidos con la semilla de maíz “material de descarte”.

Referencias:

(*) ausencia de diferencias estadísticas entre los valores teóricos y efectivos.

(**) diferencias estadísticas significativas al 5% entre los valores teóricos y efectivos.

a: letras iguales en las filas significa ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Semilla Maíz Material de Descarte	Velocidad de avance (km/h)		
	5	7	8.5
Separación media efectiva (mm)	187 *	185 *	193 *
Densidad de siembra efectiva (sem/ha)	76506	77287	74127
Desvío standard (mm)	21,83 ^a	37,78 ^b	37,56 ^b
A - Aceptables (%)	100.0 ^a	96.7 ^a	98.0 ^a
D - Duplicaciones (%)	0.0 ^a	2.0 ^b	0.0 ^a
M - Fallas (%)	0.0 ^a	1.4 ^a	2.0 ^a
C - Coeficiente de Variación (%)	11.9	15.8	14.1

Rotura visible: Los porcentajes de daño visible de las muestras de semilla tomadas de las bolsas (testigos) y del tubo de descarga (dosificador) cuando la máquina operaba a 5 y 8.5 km/h se presentan en la tabla 5.1. En ningún caso se obtuvieron diferencias significativas entre aquellos y éstos, lo cual indica el buen trato que le brinda el dosificador a la semilla.

TABLA 6 Porcentajes de daño visible de la semilla de maíz utilizada en el ensayo.

Referencias: Testigo: daño visible de la semilla antes del pasaje del dosificador.

Dosificador: daño visible de la semilla luego del pasaje de su pasaje por el dosificador cuando el banco de ensayos operaba a 5 y 8.5 km/h.

(ns): diferencias no significativas entre el testigo y el tratamiento correspondiente.

Grado	MAÍZ		
	Testigo (%)	Dosificador (%)	
		5 km/h	8.5 km/h
C3	0.38	0.36 ^(ns)	0.38 ^(ns)
R1	0.25	0.29 ^(ns)	0.26 ^(ns)
R3	0.32	0.33 ^(ns)	0.34 ^(ns)
M. Descarte	0.85	0.89 ^(ns)	0.91 ^(ns)

Considerando en conjunto las pruebas realizadas, se observa que un elevado porcentaje de la semilla dosificada se ubicó dentro del rango considerado como aceptable, sin que se detectaran diferencias estadísticas en este parámetro al contrastar los resultados obtenidos con diferentes velocidades de avance. A pesar de esta falta de significación, en todos los casos la cantidad de semilla aceptablemente sembrada disminuyó con el incremento de la velocidad. Al comparar los valores de los coeficientes **A**, **D** y **M** obtenidos para cada velocidad, se evidencia que el descenso del valor de **A** está asociado con el incremento del

valor de **M**. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Barut y Ozmerzi (2004) quienes sostienen que la placa dosificadora posee una menor capacidad de retención de la semilla cuando se incrementa la velocidad tangencial del alveolo. Esta afirmación también resulta consistente con lo observado a 8.5 km/h con la semilla AX882 R1, la de mayor tamaño y peso, donde la aparición de fallas simples y dobles motivaron el cambio en la posición del enrasador. La combinación del diámetro de los orificios de la placa dosificadora con el nivel de vacío empleado, determina una fuerza de retención de aproximadamente 1.21 gramos, la cual resultaría suficiente para lograr una buena prestación del sistema. Sin embargo, esta fuerza resulta inferior a la informada por otros autores debido principalmente a las diferencias en los niveles de depresión reportados.

Las variaciones observadas en la uniformidad de siembra a bajas y a altas velocidades fueron reducidas en orden de magnitud y en algunos casos, alcanzaron significación estadística principalmente por la elevada homogeneidad de los resultados. La modificación de los coeficientes **C** indica que el aumento de la velocidad provoca un cierto deterioro en la calidad de distribución, fundamentalmente al pasar de 5 a 7 km/h, ya que luego tiende a estabilizarse al aumentar la velocidad de 7 a 8.5 km/h. Dado que este índice corresponde al valor del coeficiente de variación de las separaciones que se ubican dentro del rango de las semillas aceptablemente sembradas, su incremento podría explicar el efecto de la velocidad sobre la conducción de la semillas desde que son liberadas por el dosificador.

La similitud de los resultados obtenidos con cada una de las cuatro muestras revela que las prestaciones del dosificador no fueron influenciadas por la uniformidad en el tamaño de la semilla, aún cuando se trabajó con muestras muy irregulares como el material de descarte.

Conclusiones

El sistema de dosificación evaluado posee un elevado nivel de eficiencia en el rango de velocidades normales de trabajo y con semillas de maíz de variadas características morfológicas.

La correcta posición del enrasador depende principalmente de la velocidad tangencial de la placa dosificadora y en segunda instancia, del calibre de semilla utilizado.

El deterioro en la distribución observado con el incremento de la velocidad podría reducirse modificando algunos de los parámetros que se mantuvieron constantes durante esta experiencia como el tamaño del alveolo, el nivel de depresión o la geometría del tubo de descarga.

Agradecimientos

A los Señores Jorge Cura y Mario De Marco por su permanente colaboración y asistencia durante la realización de los ensayos.

Bibliografía

ARMANDO, M.; TOURN, M. C.; ROSATTO, H. 2005. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. Actas del Congreso Argentino de Ingeniería Rural p: 77 – 81.

BARUT, Z. B.; ÖZMERZI A. 2004. Effect of different operating parameters on seed holding in the single seed metering unit of a pneumatic planter. Turk Journal Agric 28 p: 435 – 441.

BRAGACHINI, M.; VON MARTINI, A.; MENDEZ, A.; PACIONI, F.; ALFARO, F. 2002. Siembra de Maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. Tercer taller internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur. PROCISUR.

DOS REIS, A. V.; ALONÇO, A dos S. 2001. XXX Congreso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2001.

GRIEPENTROG, H. W. 1998. EurAgEng. Oslo98. paper N° 98-A-059.

MARONI, J.; GARGICEVICH, A. y GONZALEZ, C. 2001. Comportamiento de las sembradoras para maíz de la región maicera Argentina. VII Congreso Nacional de Maíz. CD-R y ACTAS, Asociación Ingenieros Agrónomos Norte de Buenos Aires

SINGH, R. C.; SINGH, G.; SARASWAT, D. C. 2005. Optimisation of design and operacional parameters of a pneumatic seed metering device for planning cottonseed. Biosistems Engineering 92 v 4, p: 429 – 438.

TESOURO, M. O.; DELAFOSSE, R M.; ONORATO, A. A. 2004. Análisis de la influencia del tamaño del alvéolo, en el desempeño del dosificador de fondo plano, con semilla de girasol. En www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/siembra/girasol.pdf.