

DESEMPEÑO A CAMPO DE UNA MÁQUINA APLICADORA DE FERTILIZANTES Y CORRECTIVOS SÓLIDOS DE DISTRIBUCIÓN PENDULAR¹

Richard Patrick Colin Elsam² ✉
Juan José Bonnin³

ABSTRACT

The purpose of these field trials is to ascertain the performance of a gravity fed oscillating spout type fertilizer spreader. The effective swath width was determined at two different speeds, to determine the effect of speed on distribution uniformity. This was accomplished by working a series of field trials to determine the transverse deposition curves for each of the four predetermined settings for the two different speeds. Lime was used during these field trials as the product to be applied. The ADULANÇO 2.0 computer program was used to determine the effective swath widths for each setting and the degree of overlap of each successive pass to achieve a more uniform application. The maximum swath width of this implement with a uniform application was observed at 7.5 meters at a speed of 2.6 km/h. These aspects of this implement compromise its use in extensive areas, due to the need of a high number of successive passes and consequently an increase in cost and time.

KEY WORDS: Fertilizer, Lime, spreader, distribution.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar a campo el desempeño de una máquina de distribución de fertilizantes y correctivos sólidos de distribución pendular. Se evaluó el ancho efectivo de labor, mediante la verificación del perfil de distribución de las fajas transversal y longitudinal, a dos diferentes velocidades para determinar en que manera la distribución es afectada por la velocidad de desplazamiento. Se utilizó como insumo cal agrícola. El programa ADULANÇO 2.0 fue utilizado para simular las sobreposiciones de las pasadas sucesivas tomando un coeficiente de variación máximo preestablecido del 30%. El ancho máximo de labor de la máquina, con una aplicación uniforme fue de 7,5 metros a una velocidad de 2,6 km/h. Atendiendo a las características del implemento se concluye que su utilización en áreas extensas, queda comprometida por la necesidad de un número elevado de pasadas con el consecuente aumento del costo y mayor tiempo de operación.

PALABRAS CLAVE: Fertilizantes, correctivos, distribución.

¹ Parte de un Estudio de Casos presentado en la Orientación Ingeniería Agrícola de la FCA-UNA.

² Ing. Agr., Egresado de la FCA - UNA - Promoción 2000. E-mail: richard_elsam@yahoo.co.uk ✉ Autor para correspondencia.

³ Ing. Agr., M. Sc., Docente- Investigador del Departamento de Ingeniería Agrícola de la FCA-UNA. Teléfono: 595 -21-585-606/09/13 San Lorenzo, Paraguay. E-mail: bonnin@rieder.net.com

INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes y correctivos ejercen una influencia muy significativa sobre la productividad final. En el caso de la cal agrícola, la obtención de resultados positivos está directamente asociada con algunos aspectos básicos como la calidad del correctivo, la época de aplicación, uniformidad de distribución y la incorporación del producto, entre otros. Quaggio (1986), explica que la desuniformidad en la distribución e incorporación de los correctivos son las principales causas que contribuyen a la menor respuesta del encalado.

La aplicación de calcáreo en el Paraguay ha sido muy desvalorizada por la falta de conocimientos. La adecuada utilización de técnicas para el uso de las encaladoras y calibración de estas debe ser realizada en forma correcta.

Según Mialhe (1986), las máquinas de distribución de sólidos no son eficientes en cuanto a la uniformidad de sus aplicaciones de insumos al suelo, debiendo realizar superposiciones en las pasadas sucesivas. En el caso de las distribuidoras pendular y las centrifugas, la aplicación de cantidades excesiva en una parte de la parcela y muy bajas en otras, causa pérdidas en productividad (Luz & Tourino, 1986).

El desempeño de una aplicadora de fertilizantes y correctivos se debe determinar por medio de una serie de ensayos; regularidad del caudal de salida, tasa de distribución transversal y longitudinal. Según Balastreire & Coelho (1992), el efecto de la velocidad es de fundamental importancia para aplicar dosis uniformes.

Normalmente, se determina el ancho de labor efectivo basándose en el coeficiente de variación (CV%). Se realiza una simulación de superposiciones sucesivas con los valores obtenidos de los colectores y el CV% para cada sobreposición para la determinación del ancho efectivo.

Molin et al., (1992), propusieron un software computacional para el procesamiento de datos a partir de un análisis de distribución transversal y para simular superposiciones en las pasadas; el ADULANÇO 2.0.

El presente trabajo pretende determinar a campo el desempeño de una máquina aplicadora de fertilizantes y correctivos sólidos de distribución pendular en cuanto a su ancho de labor efectivo a dos diferentes velocidades de acuerdo a la metodología propuesta por la norma ISO 5690/1 (1982).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron llevados a cabo en la zona de Pirapó, Departamento de Itapúa. La máquina utilizada es definida como una distribuidora de fertilizantes y

correctivos sólidos, de la marca JAN, modelo Lancer 600, compuesta por una tolva con capacidad de 0,6 m³, un mecanismo dosificador gravitacional y un mecanismo distribuidor pendular con un ángulo de amplitud del péndulo de 60°. Para la realización de los ensayos fue utilizada cal agrícola como insumo.

Primero fue realizado un ensayo de calibración del mecanismo dosificador, haciendo variar la posición del regulador de caudal de salida en las diferentes aberturas del mecanismo dosificador. Con la tolva cargada a su capacidad máxima fue accionado el mecanismo dosificador y se colectó el material durante un minuto, expresando el caudal de salida en kg/min. A partir de los datos obtenidos en la colecta y posterior pesaje del producto, se determinó la curva de calibración de la máquina.

Siguiendo la norma ISO 5690/1 (1982), los ensayos fueron realizados en una superficie plana de 100 metros de largo por 50 metros de ancho. Para la colecta del producto aplicado fueron utilizados colectores con dimensiones estándar de 500 x 500 mm y una profundidad de 150 mm. De acuerdo con lo propuesto por Mialhe (1986) se controló que la velocidad del viento no fuera superior a los 2 m/s, debido a que la cal agrícola es muy susceptible a la deriva y consecuente mala aplicación.

Posterior a eso fueron realizados los ensayos de distribución transversal, donde fueron seleccionados 4 posiciones (#3, #6, #8, y #11) de la palanca reguladora del mecanismo dosificador. Estas posiciones fueron elegidas para poder determinar si la precisión del trabajo de distribución de la máquina varía en función al caudal de salida. Para la realización de los ensayos fueron adoptadas dos velocidades de trabajo: 2,6 y 8,9 Km/h.

Para la determinación del perfil de la distribución transversal se colocaron los colectores en sentido transversal al desplazamiento del tractor. Luego fueron realizadas cuatro pasadas sucesivas sobre los colectores, para cada una de las cuatro posiciones seleccionadas del mecanismo dosificador. A continuación se colectó y se pesó el producto acumulado dentro de cada colector, para cada una de las cuatro regulaciones elegidas y para las dos velocidades.

A partir de estos datos se realizaron los análisis para la determinación del perfil de distribución, utilizando el programa ADULANÇO 2.0 propuesto por Molin et al. (1992). De esta manera se pudieron determinar los coeficientes de variación para cada caso de sobreposición. Esto se logró sobreponiendo los valores de los colectores extremos hasta el punto de tener una aplicación más uniforme dentro del rango de coeficientes de variación preestablecidos.

Para todos los ensayos se tomó como coeficiente de variación máximo el valor de 30%, en base a los estudios realizados por Dallmeyer (1985) y Fontana et al.

(1985); este valor del coeficiente de variación fijado para la determinación del ancho efectivo de labor es considerado normal para ensayos agrícolas a campo (Campos, 1984).

La determinación del perfil de distribución longitudinal, también fue realizada mediante cuatro pasadas sucesivas de la máquina sobre los mismos colectores, con la diferencia de que estos fueron colocados en una fila continua entre las ruedas del conjunto tractor/implemento. Solo fue utilizada una de las cuatro posiciones de regulación, la posición #8, pero dos velocidades. El propósito de la realización de los ensayos de distribución longitudinal es de determinar la variabilidad existente y si la velocidad de desplazamiento afecta el desempeño de la máquina a lo largo de su curso para una cierta regulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Cuadro 1 aparecen los resultados del ensayo de calibración del mecanismo dosificador que determinó el caudal de salida de la máquina. Con los datos obtenidos se determinaron las curvas de calibración de la máquina, como se observan en la Figura 1.

Cuadro 1. Caudal de salida de la máquina para cada regulación de la palanca.

Posición	Kg/min
#1	0,4
#2	2,5
#3	7,3
#4	19,8
#5	40,4
#6	69,8
#7	113,4
#8	161
#9	184
#10	190
#11	207,4

En la Cuadro 2 se pueden observar los CV obtenidos con la velocidad de 2,6 km/h, donde el mayor ancho de labor sin sobreposición se logró en la posición de regulación #11, con un CV de 103,45% para un circuito continuo. Ya para el circuito vaivén los CV no fueron simétricos, lo implica que la máquina aplica con mayor uniformidad en el lado derecho que el izquierdo.

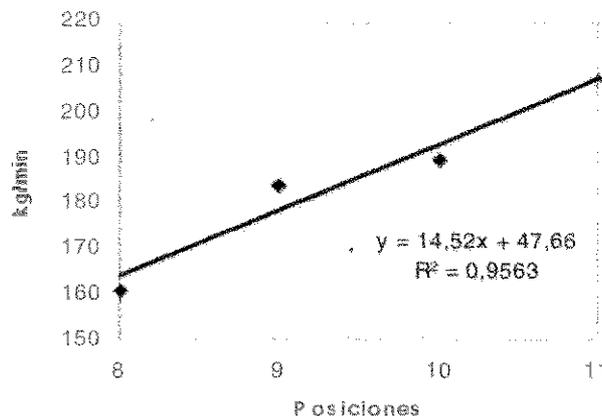
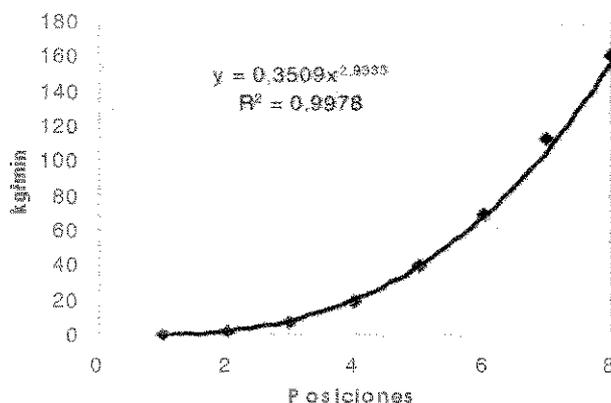


Figura 1. Curvas de regresión para el caudal de salida de la máquina según su posición de la palanca reguladora de caudal.

En la Cuadro 3 se presentan los CV obtenidos con la velocidad de 8,9 km/h. Se observa una disminución del volumen de material aplicado por superficie y el ancho de labor también fue reducido en comparación a los obtenidos en la velocidad más baja. Ya los CV obtenidos para los dos circuitos fueron mejor pero aun lejos de lograr una aplicación uniforme.

Cuadro 2. Coeficientes de variación para la velocidad de 2,6 km/h.

POSICIÓN DE LA PALANCA DOSIFICADORA				
Tipo de circuito	#3	#6	#8	#11
	%	%	%	%
Continuo	96,71	122,40	120,17	103,45
Vaivén	Izquierdo	87,54	125,98	136,65
	Derecho	116,65	108,71	106,47
Ancho Efectivo (m)	5,5	11,5	15,0	16,5

De manera general, los resultados obtenidos en los ensayos para el perfil transversal de distribución para ambas velocidades, evidenciaron que el aumento del caudal del producto genera un mayor ancho efectivo, lo que puede atribuirse al aumento de la masa dotada de una mayor inercia, lo cual permite al producto alcanzar mayores distancias. Este aumento también implica una mayor desuniformidad en las aplicaciones y en consecuencia se requiere un mayor número de pasadas con la máquina.

Cuadro 3. Coeficientes de variación para la velocidad de 8,9 km/h.

POSICIÓN DE LA PALANCA DOSIFICADORA					
Tipo de circuito		#3	#6	#8	#11
		%	%	%	%
Continuo		79,47	94,1	111,82	89,72
Vaivén	Izquierdo	75,54	85,72	119,45	89,1
	Derecho	87,6	114,32	102,5	83,92
Ancho Efectivo (m)		3,5	5,5	10,0	10,5

Los resultados de simulación obtenidos con el programa ADULANÇO 2.0, basados en un CV máximo de 30% fijado y los ancho efectivo para cada regulación seleccionada a la velocidad de 2,6 km/h son presentados en la Tabla 4. Comparando los resultados en la Tabla 2, sin y con sobreposición en las pasadas, los anchos efectivos de labor disminuyeron considerablemente para cada caso. Para el mayor ancho de labor, se puede observar una disminución de 16,5 m a 7,5 m con un coeficiente de variación del 29,21%.

Tabla 4. Resultados del programa ADULANÇO 2.0 para la velocidad de 2,6 km/h tomando 30% como parámetro.

Regulación	Ancho Efectivo (m)	Coeficientes de Variación (%)		
		Continuo	Izquierdo	Derecho
#3	2,0	0,0	60,32	0,0
#6	4,0	0,0	75,19	0,0
#8	5,0	26,51	25,22	18,97
#11	7,5	29,21	39,09	18,55

Esta disminución en el ancho de labor implica mayor número de pasadas con el implemento por hectárea. Sin embargo, con este procedimiento no se aplican cantidades en exceso de los insumos y la uniformidad de distribución de los mismos mejora.

Para el caso de la velocidad de 8,9 km/h, los anchos efectivos de labor también disminuyeron para cada regulación; estos pueden ser observados en la Tabla 5. De esta manera, al comparar los resultados sin y con sobreposición en las pasadas con los resultados en la Tabla 3, podemos observar que el mayor ancho de labor se redujo de 10,5 m a 4,5 m, con un CV de 0,0

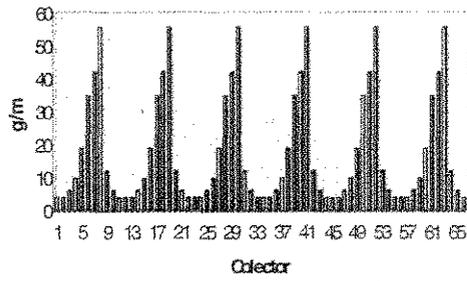
Cuadro 5. Resultados del programa ADULANÇO 2.0 para la velocidad de 8,9 km/h tomando 30% como parámetro.

Regulación	Ancho Efectivo (m)	Coeficientes de Variación (%)		
		Continuo	Izquierdo	Derecho
#3	2,0	27,01	77,44	0,0
#6	2,0	0,0	56,91	0,0
#8	3,5	21,09	45,59	16,78
#11	4,5	0,0	46,81	12,5

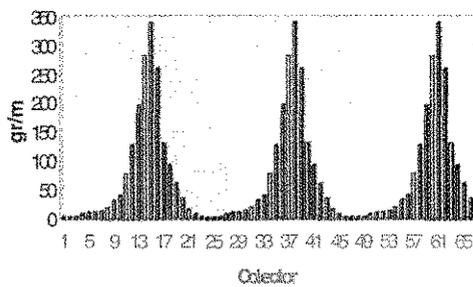
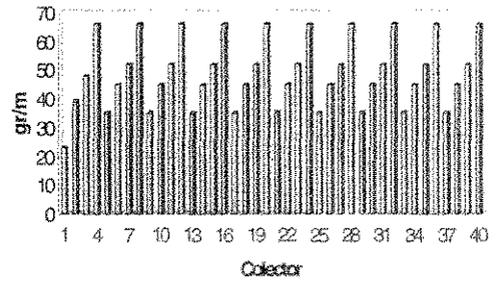
Una mejor interpretación de estas simulaciones se puede observar en los histogramas (Figuras 2 y 3), donde se aprecian las aplicaciones sucesivas del producto por parte de la máquina utilizando un circuito continuo. En las columnas de la izquierda de estas figuras se pueden observar las pasadas sucesivas de la máquina sin sobreposición y diferenciar claramente franjas con mayor y menor cantidad de producto aplicado.

Sin Sobreposición

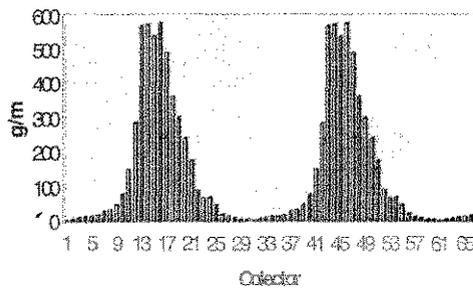
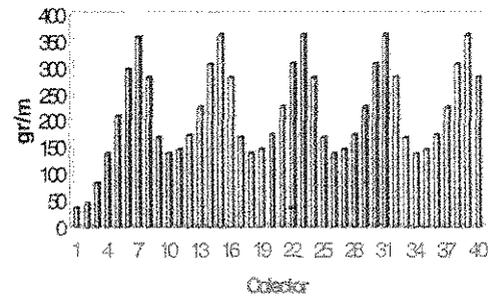
Con Sobreposición



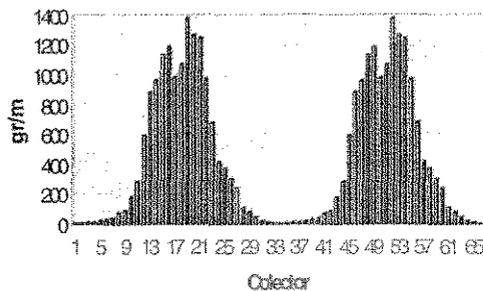
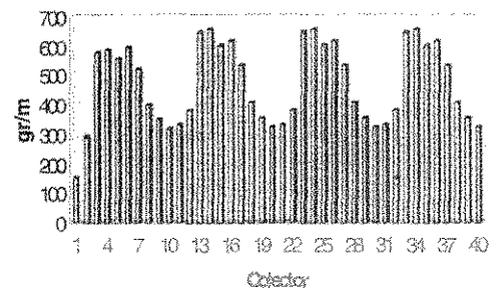
#3



#6



#8



#11

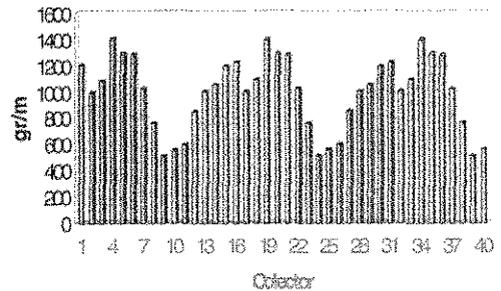
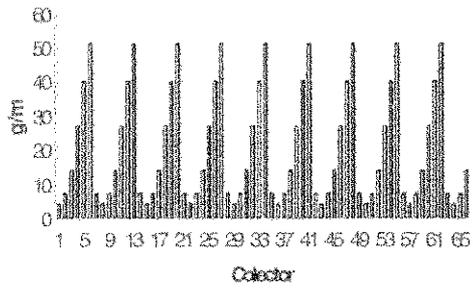


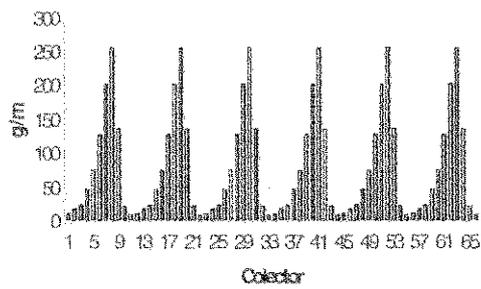
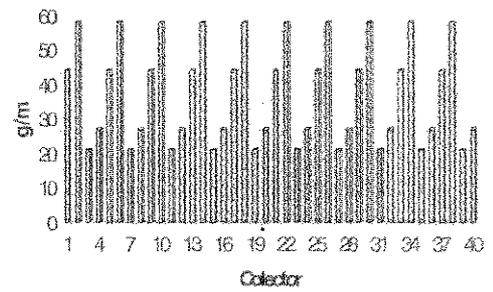
Figura 2. Perfiles de distribución transversal sin sobreposición y con sobreposición al 30% de CV para cada regulación a la velocidad de 2,6 km/h.

Sin Sobreposición

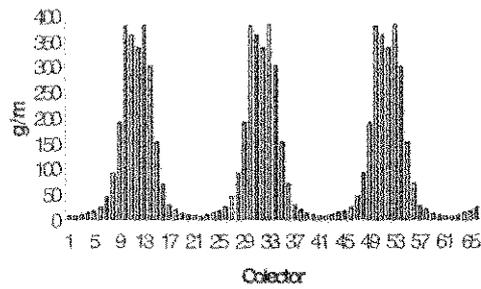
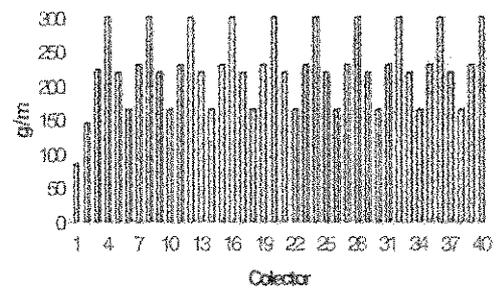


#3

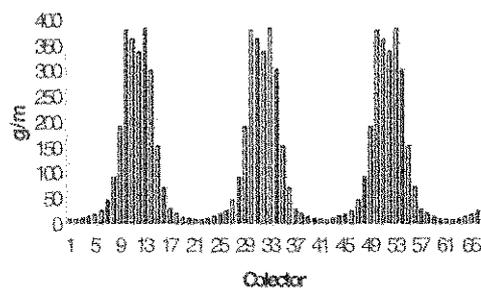
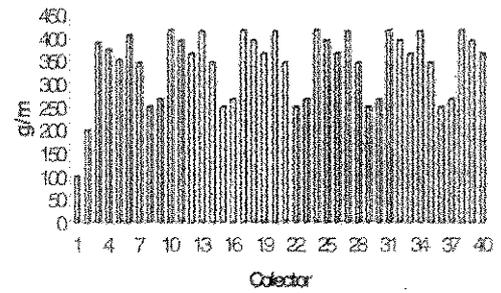
Con Sobreposición



#6



#8



#11

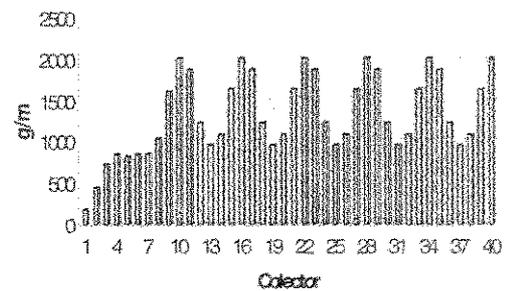


Figura 3. Perfiles de distribución transversal sin sobreposición y con sobreposición al 30% de CV para cada regulación a la velocidad de 8,9 km/h.

En las Figuras 4 y 5, se presentan los perfiles longitudinales de distribución para cada una de las dos velocidades preestablecidas con la palanca reguladora de caudal de la máquina en la posición #8. Los resultados demuestran un aumento de la variación de distribución con el aumento de la velocidad. Ocasionado una alteración en la uniformidad de aplicación y un aumento de los CV.

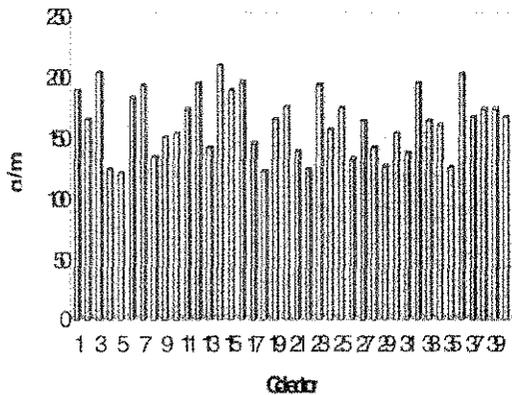


Figura 4. Perfil de distribución longitudinal para la velocidad 2,6 km/h.

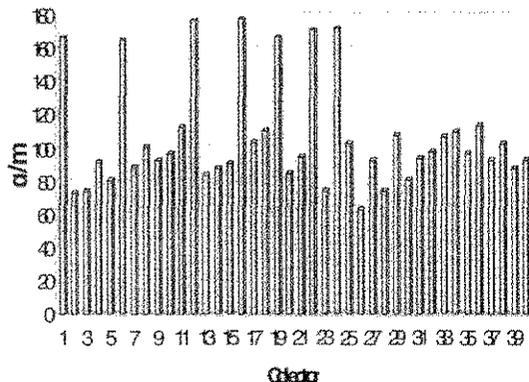


Figura 5. Perfil de distribución longitudinal para la velocidad 8,9 km/h.

En base a los resultados obtenidos todos estos ensayos de distribución transversal y longitudinal se a confeccionado en las Cuadros 6, 7 y 8, la capacidad de campo operacional para cada velocidad seleccionada.

Cuadro 6. Capacidad de dosificación de la máquina en kg/ha.

Velocidad km/h	Posición de la palanca reguladora de caudal			
	#3	#6	#8	#11
2,6	700,8	3579,5	6755,2	6381,5
3,6	628,6	3310,1	6113,7	5812,5
5,3	506,0	2852,1	5023,0	4845,1
6,6	412,2	2501,9	4189,0	4105,3
8,9	246,2	1882,3	2713,5	2796,5

Cuadro 7. Capacidad de Campo Operacional de la máquina para la velocidad de 2,6 km/h para cada una de las regulaciones ensayadas.

	Posición de la palanca reguladora de caudal			
	#3	#6	#8	#11
kg/ha	700,8	3579,5	6755,2	6381,5
Ancho (m)	2,0	4,0	5,0	7,5
km/h	2,6	2,6	2,6	2,6
Capacidad de Campo Operacional	0,52 ha/h	1,04 ha/h	1,3 ha/h	1,95 ha/h

Cuadro 8. Capacidad de Campo Operacional de la máquina para la velocidad de 8,9 km/h para cada una de las regulaciones ensayadas.

	Posición de la palanca reguladora de caudal			
	#3	#6	#8	#11
kg/ha	208	830	1125	3997
Ancho (m)	2,0	2,0	3,5	4,5
km/h	8,9	8,9	8,9	8,9
Capacidad de Campo Operacional	1,78 ha/h	1,78 ha/h	3,12 ha/h	4,01 ha/h

CONCLUSIONES

Las aplicaciones de distribución transversal realizadas por la máquina aplicadora de fertilizantes y correctivos sólidos de distribución pendular, pueden ser afectadas por la velocidad de desplazamiento del conjunto tractor/implemento en el momento de la aplicación y por la regulación del caudal de salida de la máquina.

Las características del equipamiento pueden comprometer su utilización en áreas extensas, por la necesidad de un número elevado de pasadas y el consecuente aumento del costo y mayor tiempo de operación.

Entre las regulaciones ensayadas, el rango de dosificación que el implemento puede dar estuvo entre 246,2 a 6755,2 kg/ha. Ya el ritmo operacional para las regulaciones ensayadas, fue de 0,52 a 4,01 ha/h.

LITERATURA CITADA

- BALASTREIRE, L. A. & COELHO, J. L. D. 1992. **Aplicação Mecanizada de Fertilizantes e Correctivos**. Boletim Técnico nº. 7. ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos e Correctivos Agrícolas). São Paulo.
- CAMPOS, H. de. 1984. **Estatística aplicada a experimentação com cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ. 292p.
- DALLMEYER, A. U. 1985. **Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição centrifuga de calcário seco**. Santa Maria – RS. 103p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.
- FONTANA, C. & DALLMEYER, A. U. 1985. **Desempenho de distribuidores centrifugo de discos**. Santa Maria, UFSM. 65p.
- ISO 5690/1. 1982. **Equipment for distributing fertilizers test methods – Part 1; Full Width Fertilizer Distributors**. 5690/1, 1982 (E). Geneve, International Standards Organization.
- LUZ, P. H. C. & TOURINO, M.C.C. 1986. **Ensaio demonstração de faixa de deposição de correctivos no solo**. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, Ipanema, 1986. Trabalhos apresentados. Campinas, Fundação Cargill. p. 57 – 65.
- MIALHE, L. G. 1986. **Características das máquinas distribuidoras de calcário de fabricação nacional**. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICACAO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA. Ipanema, 1986. Trabalhos apresentados. Campinas, Funadacao Cargill. p. 41 – 56.
- MIALHE, L. G. 1996. **Máquinas Agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba, S.P. Fundacao de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 722p.
- MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; VASARHELYI, A. 1992. **Programa computacional para análise de distribuição transversal em aplicadores de fertilizantes e correctivos a lanço**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e I Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul, Santa Maria, 4v. Em 5: il. Anais. Santa Maria.
- QUAGGIO, J. A. 1986 **Metodo de aplicação do calcário em algumas culturas anuais e perenes**. Trabalhos Apresentados. In: Simposio Sobre Aplicação de Calcário na Agricultura, Ipanema, Fundação Cargill. 123p.