

Análisis del desempeño de cuatro modelos de discos corta-paja usados en sembradoras para siembra directa

Salvador García Barrón^{1§}, Ryszard Serwatowski Hlawinska¹, José Manuel Cabrera Sixto¹, Noé Saldaña Robles¹, Adrián Flores Ortega¹ y César Gutiérrez Vaca¹

¹Departamento de Ingeniería Agrícola. Universidad de Guanajuato. Ex Hacienda El Copal, Carretera Irapuato Silao, km 9. C. P. 36500. Irapuato, Guanajuato, México.
ryszard@ugto.mx; jmcabrera@ugto.mx; noesr@hotmail.com; adriflorte@hotmail.com; cesarg@ugto.mx. [§]Autor para correspondencia: §salvagb@ugto.mx.

Resumen

Se determinó la eficiencia de corte de los residuos de cuatro tipos diferentes de discos cortapaja, utilizados en las sembradoras para siembra directa en el estado de Guanajuato. Se valoró el desempeño de cada disco comparándose entre sí simultáneamente el nivel de desempeño. Se consideraron variables como: tipo y volumen de residuos ($t\ ha^{-1}$), temperatura ambiente, presión del disco sobre el suelo (kg) y la velocidad de avance de la sembradora. Los resultados mostraron diferencias significativas entre el desempeño de cada disco así como sobre el volumen y tipo de residuos. La calidad del desempeño de corte de residuos se ve más afectado por el grado de humedad de la paja que por el tipo de disco.

Palabras clave: discos corta-paja, evaluación, sembradoras, siembra directa.

Introducción

Cualquier sistema de conservación del suelo debe comenzar con un manejo adecuado de los restos de la cosecha del cultivo. En definitiva se trata de conseguir que su distribución en el suelo sea uniforme y suficiente para que quede protegido. Conforme el suelo esté más cubierto mejor, pues así estará más protegido de la acción de la lluvia, aumentará más su fertilidad natural (materia orgánica) a medio plazo y retendrá más agua (menor evaporación). No obstante, un

exceso de paja, sobre todo si no está bien picada y distribuida, y no se dispone o no se maneja adecuadamente la maquinaria para siembra directa, puede dificultar la siembra del cultivo siguiente (Asociación Española de Laboreo).

El picado y distribución de los restos vegetales de los cultivos puede llevarse a cabo durante la cosecha o poco después de ésta. En el caso de los cereales (trigo, cebada, avena), si se empaca gran parte de la paja se facilita la siembra del cultivo siguiente, al permanecer sobre el suelo poca cantidad de residuos; no obstante, en este caso se disminuye la presencia de cubierta protectora del suelo, como antes se ha comentado. En el caso de que no se empaque la paja, ésta se debe de picar y esparcir; operaciones que pueden llevarse a cabo con la propia cosechadora, dotándola del sistema de picado-esparcimiento correspondiente (Bragachini *et al.*, 2003).

En la siembra directa se requiere maquinaria específicamente diseñada o la adaptación de componentes originalmente destinados a sembrar en suelo labrado sin residuo, para que sean capaces de operar con restos de cosechas de distintas formas y situaciones (anchos estrechos, cortos o largos, en pié o tendidos, unidos al suelo o sueltos). En ningún caso se puede esperar que las sembradoras específicas o adaptadas a la siembra directa trabajen adecuadamente en suelos en los que los restos vegetales no están bien picados y distribuidos, por ejemplo; se hayan depositado en gran medida en hileras o cordones, habiendo en cambio zonas desprovistas de paja (Bragachini *et al.*, 2004).

Corte de rastrojo. Los elementos de corte de residuos e inicio de la franja de siembra, si se usan separadamente, preceden a todos los demás y cortan y orientan los residuos superficiales en la hilera de siembra y cortan o aflojan el suelo para mejorar la acción de los siguientes componentes. Para ello se puede recurrir a elementos separadores o cortadores; los elementos separadores no se pueden utilizar en las sembradoras a chorillo por la poca distancia entre líneas, quedando reducida su aplicación a la siembra de cultivos en hileras.

Los elementos cortadores son discos. Los hay de diversos tipos: lisos, acanalados, estriados, ondulados accionados con diámetros de 300 a 600 mm y espesores de 3 a 12 mm. Los más utilizados son los ondulados. El número de ondas por disco dependerá del ancho de franja requerido y de la profundidad de la misma. Los de franja ancha (pocas ondulaciones) se adaptan mejor a suelos pesados con abundante cantidad de residuos. Los de franja estrecha (muchas ondulaciones) penetran más en el suelo, siendo utilizados en condiciones de suelos duros y en renovación de pastos. En términos generales, cuanto más grandes, mejor se comportan, si bien requieren mayor peso (García, 2006).

También se usan a veces elementos accionados tipo fresa. Estos elementos van a veces montados en un bastidor independiente, lo que permite una mayor separación con los elementos posteriores, facilitando una mejor circulación de los residuos.

El disco turbo sin duda ofrece una amplia ventaja con respecto a las otras alternativas de corte ofrecidas por el mercado, solo que es pertinente aclarar que en situaciones de suelos muy pesados, con arcillas plásticas con gran adhesividad, este disco parece no ser el indicado, dado que cualquier remoción de rastrojo y suelo trae problemas con el tren de siembra y la generación de cámaras de aire, con rápida pérdida de humedad y fallas de emergencia (Fundación Guanajuato Produce, 2010).

Materiales y métodos

Para la realización del diagnóstico de la evaluación, se determinó realizar los ensayos aprovechando el ciclo de siembra otoño invierno, se seleccionaron los cuatro tipos de discos existentes en el mercado de uso común: liso,

ondulado, turbo 18 y turbo 20. Los discos fueron colocados en una sembradora para maíz de cuatro líneas para siembra directa marca; sembradoras del Bajío Mod: LC-2002-M, y un tractor New Holland 5610 S, la parcela utilizada pertenece al campo experimental de la División de Ciencias de la Vida, se trata de un suelo franco limoso que durante los dos últimos ciclos se ha practicado la siembra directa.

El método utilizado para los ensayos consistió en transitar la sembradora en condiciones reales de operación en la parcela experimental conteniendo 100% de los residuos del ciclo vegetativo anterior de sorgo y maíz. Acto seguido, se tomaron cinco muestras aleatorias a lo largo de 1 m de longitud de los cuatro discos y se midió para cada línea la cantidad de rastrojo cortado en centímetros de longitud (considerado como la eficiencia de corte de los discos), estas muestras se tomaron tanto para los rastrojos de maíz como de sorgo. Una semana después de tomadas las primeras lecturas, se repitieron una vez más los ensayos con el propósito de contrastar ambas lecturas y tener una mejor apreciación del desempeño de los discos. Preparación de la sembradora: colocar en la sembradora un disco corta-paja de cada tipo en las cuatro líneas del tren de siembra, acoplarla al tractor y con la ayuda de un dinamómetro, medir la fuerza ejercida por cada disco sobre la superficie del suelo (presión promedio recomendada por el fabricante).

El volumen de rastrojo por hectárea se calculó utilizando el método del “cinco de oros” que consiste en lanzar al aire un marco metálico de 50 x 50 cm y recoger el rastrojo contenido dentro del marco y pesarlo, se repite esta operación haciendo un total de cinco veces en la forma del cinco de oros distribuidas en la parcela. Se pesa el total de las muestras, se promedia el peso y con este valor se estima la cantidad del volumen de rastrojos de la parcela ($t\ ha^{-1}$).

Resultados y discusión

Los Cuadros 1, 2, 3 y 4 contienen la información capturada en campo para cada tipo de residuo, el número de repeticiones registradas y el valor de la eficiencia de corte de cada disco expresada en centímetros de longitud de residuos cortados por metro para cada tipo de disco. Los Cuadros 1 y 2 corresponden al primer periodo de ensayos, y los Cuadros 3 y 4 al segundo periodo, observándose únicamente un cambio de la temperatura ambiente entre cada periodo.

En el Cuadro 1, los resultados obtenidos se obtuvieron el 15 de marzo de 2012 a las 11:30, se tuvo una cobertura de 10.8 t ha^{-1} , la temperatura ambiente fue 25°C , día soleado, las actividades se realizaron con un tractor New Holland 5610S y una sembradora marca sembradoras del Bajío Modelo, LC-2002-M.

Cuadro 1. Residuos de sorgo.

N.º de ensayo	Disco 1 turbo 18	Disco 2 liso	Disco 3 turbo 20	Disco 4 ondulado
1	95	80	95	75
2	70	90	80	70
3	95	85	90	95
4	95	90	95	95
5	100	95	95	90
Presión de los discos cortapaja sobre el suelo (kg)				
	80	84	80	72

En el Cuadro 2, los resultados obtenidos se obtuvieron el 15 de marzo de 2012 a las 11:30, se tuvo una cobertura de 7.24 t ha^{-1} , la temperatura ambiente fue 25°C , día soleado, las actividades se realizaron con un tractor New Holland 5610S y una sembradora marca sembradoras del Bajío Modelo, LC-2002-M.

Cuadro 2. Residuos de maíz.

Ens. N.º	Disco 1 turbo 18	Disco 2 liso	Disco 3 turbo 20	Disco 4 ondulado
1	90	65	90	95
2	90	90	85	85
3	95	95	80	85
4	100	95	95	95
5	95	90	95	95

En el Cuadro 3, los resultados obtenidos se obtuvieron el 9 de marzo de 2012 a la 13:00, se tuvo una cobertura de 23.6 t ha^{-1} , la temperatura ambiente fue 29°C , día soleado, las actividades se realizaron con un tractor New Holland 5610S y una sembradora marca sembradoras del Bajío Modelo, LC-2002-M.

En el Cuadro 4, los resultados obtenidos se obtuvieron el 9 de marzo de 2012 a las 13:00, se tuvo una cobertura de 41.16 t ha^{-1} , la temperatura ambiente fue 29°C , día soleado, las actividades se realizaron con un tractor New Holland 5610S y una sembradora marca sembradoras del Bajío Modelo, LC-2002-M.

Cuadro 3. Residuos de sorgo.

Ens. N.º	Disco 1 turbo 18	Disco 2 liso	Disco 3 turbo 20	Disco 4 ondulado
1	90	30	70	70
2	100	70	80	80
3	95	75	100	95
4	95	85	75	95
5	95	95	100	95

Cuadro 4. Residuos de maíz.

Ens. N.º	Disco 1 turbo 18	Disco 2 liso	Disco 3 turbo 20	Disco 4 ondulado
1	90	70	80	65
2	100	50	80	90
3	90	95	85	95
4	100	90	80	95
5	95	100	90	100

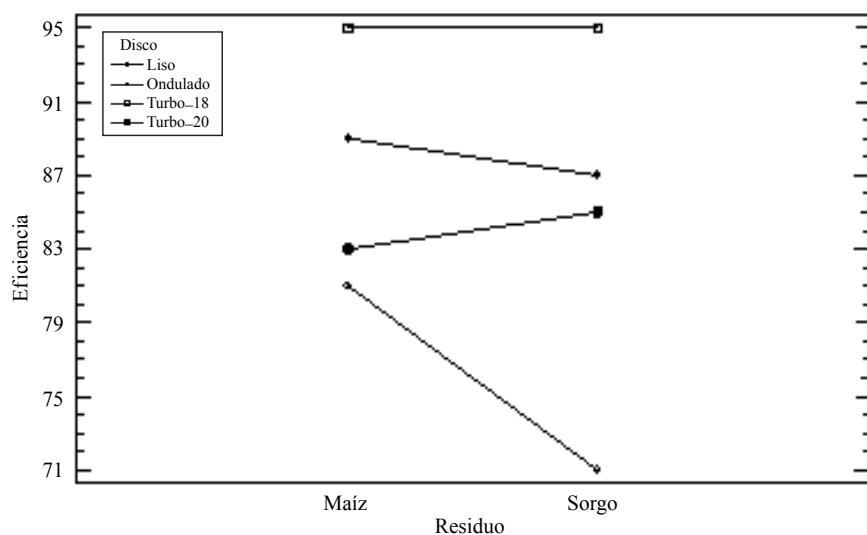
El Cuadro 5 muestra el análisis de varianza en términos de longitud de corte para las variables independientes disco y residuo. Los discos muestran diferencia significativa 95% de certidumbre, no así para los residuos de sorgo y maíz. La interacción de la variable tipo de disco y tipo de rastrojo no muestra diferencias significativas. Al realizar un análisis de medias para determinar los posibles grupos homogéneos, quienes mejor desempeño muestran son los discos ondulados formando un grupo, de ellos el mejor es el disco turbo 18. Aunque el tipo de residuo forma un grupo homogéneo se aprecia que en el maíz la eficiencia de corte es más alta.

En la Figura 1 se puede apreciar la interacción de las variables en términos de eficiencias, destacando el disco turbo 18.

A diferencia de la primera evaluación, en la segunda no se encuentran diferencias significativas entre tipos de disco, tipos de residuo, ni la interacción entre ellos (Cuadro 6). Por tanto hay grupos homogéneos en tipos de disco como en tipos de residuo. Cabe mencionar que revisando los valores de medias se reitera que el disco turbo 18 muestra la mayor eficiencia de longitud de corte, así como que la mayor eficiencia se encuentra en el residuo maíz.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable dependiente longitud de corte, primera evaluación.

Fecha	Hora	Temp.			
09/03/2012	13:00	29			
Source	Sum of squares		Df	Mean square	F- ratio
Main effects					
a: disco	1887.5		3	629.167	3.09
b: residuo	62.5		1	62.5	0.31
interactions					
ab	207.5		3	69.1667	0.34
residual	6520		32	203.75	
Total (corrected)	8677.5		39		
Disco	Count	LS Mean	LS sigma	Homogeneous groups	
Liso	10	76	4.51387	B	
Turbo-20	10	84	4.51387	BA	
Ondulado	10	88	4.51387	BA	
Turbo-18	10	95	4.51387	A	
Residuo	Count	LS Mean	LS sigma	Homogeneous groups	
Sorgo	20	84.50	3.19179	A	
Maíz	20	87	3.19179	A	

**Figura 1. Gráfica de interacción tipo de rastrojo- tipo de disco, primera medición.**

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable dependiente longitud de corte, segunda evaluación.

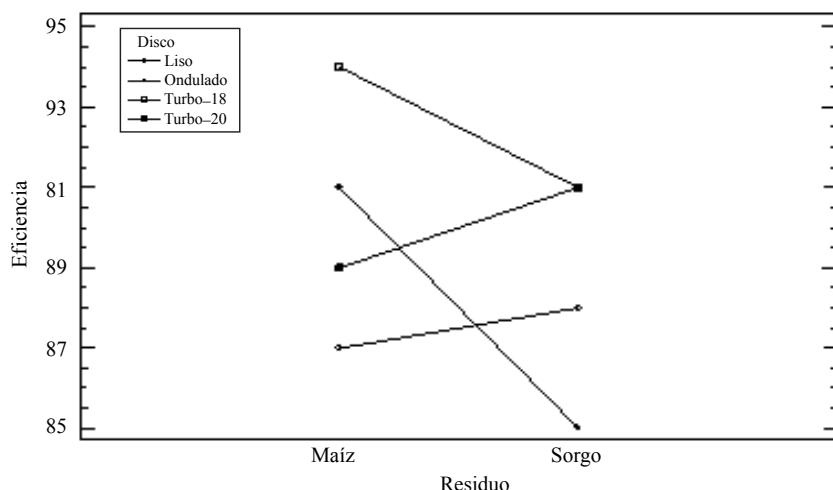
Fecha	Hora	Temp.			
15/03/2012	11:30	25			
Source	Sum of squares	Df	Mean square	F- ratio	
Main effects					
a: disco	155	3	51.6667	0.69	
b: residuo	22.5	1	22.5	0.3	
interactions					
ab	102.5	3	34.1667	0.45	
residual	2 410	32	75.3125		
Total (corrected)	2 690	39			
Disco	Count	ls mean	LS sigma	Homogeneous groups	
Liso	10	87.5	2.74431	A	
Ondulado	10	88	2.74431	A	
Turbo-20	10	90	2.74431	A	
Turbo-18	10	92	2.74431	A	
Residuo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous groups	
Sorgo	20	88.75	1.94052	A	
Maíz	20	90.25	1.94052	A	

En la Figura 2 se puede apreciar el comportamiento de los discos en los dos tipos de residuos en términos de eficiencia en la longitud de corte, que a diferencia de la Figura 1 el comportamiento es más desordenado aunque oscila en un menor rango, de ahí que no exista significancia.

En el Cuadro 7 se muestra el análisis de varianza para las variables tipo de disco y temperatura de campo, en condiciones de suelo con residuo de sorgo, evaluando la variable

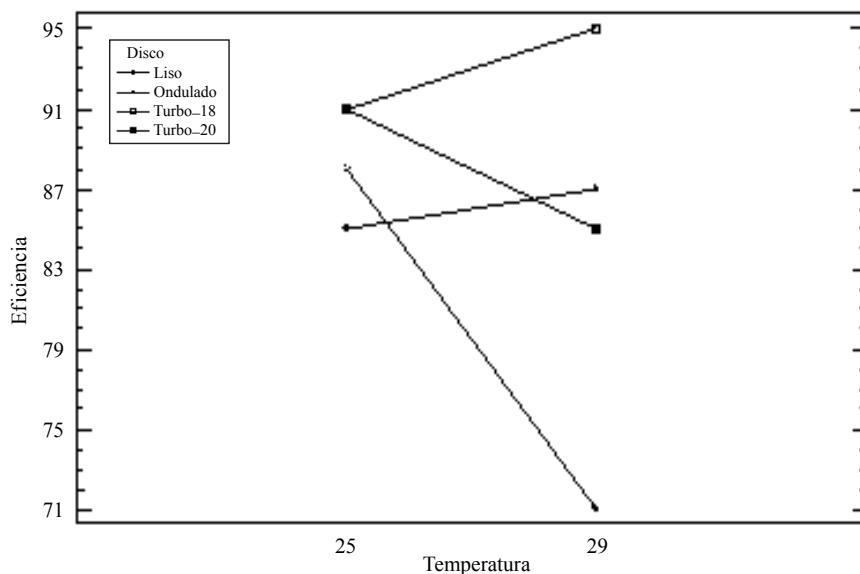
dependiente longitud de corte. No existe diferencia significativa en tipos de disco, temperatura de campo, ni la interacción entre ellos. Sin embargo, al realizar un análisis de diferencias de medias para la determinación de grupos homogéneos, el disco turbo 18 muestra la mejor eficiencia, así como las condiciones de temperatura de campo a 25 °C.

En la Figura 3 se puede apreciar el comportamiento de las variables, donde la menor deficiencia se encuentra en el tipo de disco liso a temperatura de campo de 29 °C.

**Figura 2. Gráfica de interacción tipo de rastrojo- tipo de disco, segunda medición.**

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable dependiente longitud de corte, evaluación residuo sorgo.

Residuo Sorgo		Source	Sum of squares	Df	Mean square	F- ratio
main effects	interactions					
a: disco		936.875	3	312.292		1.9
b: temperatura		180.625	1	180.625		1.1
ab		681.875	3	227.292		1.38
residual		5270	32	164.688		
Total (corrected)		7069.38	39			
Disco	Count		LS Mean	LS sigma	Homogeneous groups	
Liso	10	79.5	4.05817		B	
Ondulado	10	86	4.05817		BA	
Turbo-20	10	88	4.05817		BA	
Turbo-18	10	93	4.05817		A	
Temperatura	Count		LS Mean	LS sigma	Homogeneous groups	
29	20	84.5	2.86956		A	
25	20	88.75	2.86956		A	

**Figura 3. Gráfica de interacción temperatura de campo- tipo de disco, en residuo sorgo.**

En la Cuadro 8 se muestran resultados similares de evaluar la eficiencia de longitud de corte pero ahora en maíz, analizando las variables tipo de disco y temperatura de campo. De igual forma no se muestran diferencias significativas en tipos de disco, temperaturas de campo, ni la interacción entre ellas. También el disco turbo 18 muestra la mejor eficiencia de longitud de corte, así como también la temperatura de campo a 25 °C.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable dependiente longitud de corte, evaluación residuo maíz.

Residuo					
Maíz					
Source	Sum of squares	Df	Mean square	F- ratio	
main effects					
a: disco	646.875	3	215.625	1.89	
b: temperatura	105.625	1	105.625	0.92	
interactions					
ab	86.875	3	28.9583	0.25	
residual	3660	32	114.375		
Total (corrected)	4499.38	39			
disco	Count	LS	LS sigma	Homogeneous	
		Mean		groups	
liso	10	84	3.38194	B	
Turbo-20	10	86	3.38194	BA	
Ondulado	10	90	3.38194	BA	
Turbo-18	10	94.5	3.38194	A	
Temperatura	Count	LS	LS sigma	Homogeneous	
		Mean		groups	
29	20	87	2.39139	A	
25	20	90.25	2.39139	A	

La Figura 4 muestra el comportamiento de las variables, donde a diferencia del residuo sorgo, se aprecian menos contrastes (Figura 3).

En el Cuadro 9 se muestra una tabla comparativa de los tipos de disco utilizados en el estudio, se puede observar que el disco turbo 18 es el que mayor eficiencia promedio muestra, alcanzando un valor de 94.5 cm de corte por cada metro evaluado sobre el residuo maíz. El disco liso muestra valores medios más bajos de eficiencia, 76 cm de longitud de corte en residuo de sorgo a temperatura de 29 °C.

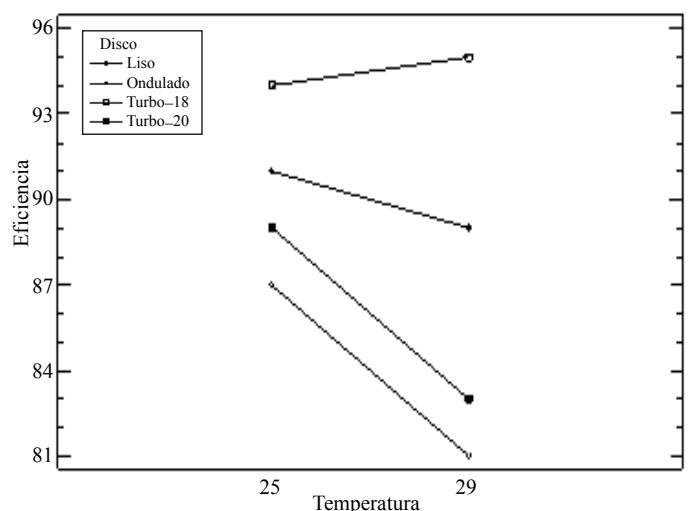


Figura 4. Gráfica de interacción temperatura de campo-tipo de disco, en residuo maíz.

Cuadro 9. Análisis comparativo entre disco evaluando eficiencia de longitud de corte de residuo.

Disco turbo-18				Disco liso			
residuo= maíz		residuo= sorgo		residuo= maíz		residuo= sorgo	
Count	10	10		Count	10	10	
Average	94.5	93		Average	84	79.5	
t= 0.493197 P-value= 0.627837 NS				t= 0.562378 P-value= 0.580795 NS			
	Temp= 25	Temp= 29			Temp= 25	Temp= 29	
Count	10	10		Count	10	10	
Average	92.5	95		Average	87.5	76	
t= -0.83205 P-value= 0.416283 NS				t= 1.51256 P-value= 0.14775 NS			
Disco turbo-20				Disco ondulado			
residuo= maíz		Residuo= sorgo		residuo= maíz		residuo= sorgo	
Count	10	10		Count	10	10	
Average	86	88		Average	90	86	
t= -0.507093 P-value= 0.618246 NS				t= 0.850657 P-value = 0.406134 NS			
	Temp= 25	Temp= 29			Temp= 25	Temp= 29	
Count	10	10		Count	10	10	
Average	90	84		Average	88	88	
t= 1.61645 P-value= 0.123388 NS				t= 0 P-value = 1 NS			

Conclusiones

El disco turbo de 18 ondulaciones es quien mejor eficiencia de corte de residuos presenta, notándose que se obtiene mayor eficiencia cuando se trabaja en residuos de maíz, y en temperatura de campo baja.

Los residuos de maíz son más accesibles al corte que los de sorgo, pues la eficiencia lograda es más alta al utilizar cualquiera de los discos de corte ensayados. Se percibe que la estructura vegetal de los residuos de sorgo es quizá más compleja lo que dificulta el corte; sin embargo, se requiere de investigaciones más específicas para demostrar esa hipótesis.

Se estima que una mayor temperatura de campo, y por tanto de los residuos, se traduce en una menor eficiencia de corte. Quizá debido a que el material vegetal, en ambos residuos, se torna más elástico; sin embargo, un estudio dirigido hacia el comportamiento de la eficiencia de corte evaluando solo la variable temperatura, en un rango más amplio, ayudaría a entender ese fenómeno.

Prácticamente la temperatura asociada con la humedad es fundamental para el buen desempeño de los discos cortapaja, es muy importante que los rastrojos estén bien secos, sin la humedad del rocío, por lo que es recomendable iniciar la operación de siembra una vez que el día comienza a calentar (arriba de 20 °C).

Es importante la selección del tipo de discos ya que cada uno tiene sus propias características de desempeño que los diferencian y que sin embargo impactan en los costos de adquisición: los discos lisos tienden a ser más económicos comparados con los ondulados y los acanalados (turbo).

Comparativamente, el disco liso realiza el corte del rastrojo sin movimiento de las partes seccionadas mientras que el disco ondulado simultáneamente al corte, son desplazadas ambas secciones del material cortado dejando un espacio libre hacia el suelo entre 10 y 30 mm dependiendo de la prolongación de las ondulaciones del disco, finalmente el disco acanalado (turbo) realiza también la separación de las secciones cortadas con una separación aproximada a los 15 mm mostrando un efecto de mayor agresividad durante el corte.

La presión del disco corta-paja (kg) sobre la superficie de los rastrojos no se observó un efecto crítico comparativamente como lo es el contenido de humedad.

Literatura citada

- Asociación Española de Laboreo de Conservación/Suelos Vivos. 1999. Sembradoras para siembra directa. Ficha técnica Núm. 4. Instituto de Agricultura Sostenible/Centro I+D Agrario - Córdoba 1-20 pp.
- Bragachini, M.; Méndez, A.; Peiretti, P. y Scaramuzza, F. 2003. Sembradoras para siembra directa. Proyecto agricultura de precisión. INTA Manfredi. 1-11 p. http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=75.1 (consultado mayo, 2012).
- Bragachini, M.; Méndez, A.; Peiretti, P. y Scaramuzza, F. 2004. Siembra directa de trigo con abundante rastrojo en superficie-equipamiento de la sembradora. Proyecto Agricultura de Precisión, INTA Manfredi. 1-13 pp.
- García, R.F.J. 2006. Criterios para la elección de una sembradora de siembra directa. Dossier. N° 236. 1-20 pp.
- Fundación Guanajuato Produce. 2011. Desarrollo de Tecnologías para la Agricultura bajo el Sistema de Siembra Directa. Informe del Proyecto de la Fundación Guanajuato Produce. 5 p.