

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata Tomo 71 (2), Año 1995: 195-202

Influencia del diseño de las rejas de escarificador de cinceles sobre la resistencia al laboreo

RH Balbuena, JA Claverie y AM Terminiello

Departamento de Ingeniería Rural, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31, 1900 La Plata, Argentina.

Recibido: 2 de Diciembre de 1994. Aceptado: 18 de Agosto de 1995.

RESUMEN

Se realizaron ensayos en el campo para evaluar el comportamiento de diferentes rejas de escarificador de cinceles utilizadas en labranza primaria. Fueron evaluadas rejas convencionales, aladas y pata de ganso trabajando a tres profundidades en forma individual. La velocidad de trabajo se fijó en 2 m.s^{-1} , determinándose el área removida por medio de un perfilómetro. A partir del esfuerzo medio se calculó la resistencia específica de cada implemento. Las rejas pata de ganso y alada demandaron, en promedio, 54% y 84% más esfuerzo traccional a profundidades medias que las convencionales, incrementándose el frente de labor en un 63% y 48%, respectivamente. La resistencia específica disminuyó en comparación con la convencional en un 29% para la reja pata de ganso y un 16% para la alada. Las rejas aladas muestran una mayor aptitud para la remoción del suelo a las distintas profundidades ensayadas.

Palabras claves: Cinceles, labranza, rejas, resistencia específica, tracción

Influence of chisel plough shares design on specific resistance

SUMMARY

Field test were carried out to evaluate different chisel plough shares design behaviour. Conventional, winged and plain shares were evaluated at three working depths, without neighbouring or preceding shares interaction. A velocity of 2 m.s^{-1} was chosen, and, with the aid of a profilometer, the effective loosening area was calculated. From the mean draft force, the specific resistance of each share was calculated. Increases in the draught values of plain and winged shares was 54% and 84% at the medium working depth, while the loosening area was 63% and 48% greater, respectively, comparing them with the conventional share. The specific resistance of these shares compared with the conventional, decreased in 29% for the plain share and 16% for the winged share. The winged or similar chisel plough shares shows high efficiency than the conventional shares on soil loosening.

Key words: Chisel plough, draft force, shares, specific resistance, tillage.



INTRODUCCION

El empleo de escarificadores de cinceles comienza en la República Argentina en la década del '70, con el objetivo de aumentar la profundidad de la labranza, romper capas compactadas y disminuir los riesgos de erosión.

Las limitaciones encontradas para el laboreo en diferentes tipos y estados del terreno, determinaron la introducción y desarrollo de distintos órganos activos, que colocados sobre un mismo arco, permitieran incrementar la oportunidad de labor de estos implementos. Pese a ello, muchos de ellos no han sido mayormente difundidos y adoptados, debido a su inadecuada caracterización.

Dransfield *et al* (1964) remarcaron la importancia de la determinación en el campo de los esfuerzos traccionales a los que son sometidos los escarificadores de cinceles para la comprensión de los procesos de labranza.

El estudio de los escarificadores se ha basado, principalmente, sobre los de dientes estrechos en sus comienzos y, más recientemente, en el análisis de implementos con montantes rígidos.

Sin embargo, los implementos de mayor difusión en nuestro medio son aquellos denominados como escarificadores de cinceles, que si bien presentan similares órganos de laboreo que los citados, poseen montantes flexibles.

Payne y Tanner (1959) encontraron que si bien el esfuerzo de tracción permanecía relativamente constante, con ángulos de ataque de la reja entre 20 y 50°, la eficiencia en el laboreo, valorada a través de la resistencia específica resultaba muy superior para los menores.

Williat y Willis (1965) establecieron una relación lineal entre la profundidad de labor y el ancho de trabajo, y una relación exponencial

entre la profundidad de labor y el área disturbada, para profundidades de hasta 150 mm. Determinaron, además, que la interacción completa terminaba a distancias mayores a 76,2 mm.

Spoor y Fry (1983) identificaron dos formas de disturbación del suelo, generadas simultáneamente por dientes estrechos: un fracturamiento hacia arriba, con planos de roturación definidos y aflojamiento completo del suelo comprendido entre ellos; y una deformación lateral, en la que el suelo se corta en varios planos con o sin cambios en la densidad y, mayoritariamente, sin fracturamiento completo.

La profundidad, por debajo de la cual la deformación lateral es importante, define la profundidad crítica para un escarificador en una determinada condición del suelo.

Spoor y Godwin (1978) y Ahmed y Godwin (1983), afirmaron que la utilización de zapatas aladas en un subsolador producen una disminución en la resistencia específica al laboreo del implemento, debido al importante aumento en el frente de labor.

Magalhaes y de Souza (1990) encontraron que la incorporación de alas en la zapata de un subsolador incrementó significativamente, tanto el esfuerzo traccional como el frente de labor, sin disminuciones significativas de la resistencia específica del implemento.

Soomro *et al* (1982) concluyeron que la profundidad de trabajo de los órganos activos y la adición de alas influyen sobre el esfuerzo traccional, el área removida y la resistencia específica.

Dentro de esta problemática, el presente trabajo tuvo por finalidad evaluar la labor realizada por las distintas rejas, trabajando a profundidades de uso habitual en los diferen-



tes sistemas productivos, con el objeto de contribuir a un adecuado diseño de equipos y correcta conformación de conjuntos tractor-escarificador de cinceles.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se efectuaron en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (34° 55'S), sobre un suelo de la serie Centeno, con la siguiente descripción y clasificación: Argiudol vértico arcilloso, franco limoso en la superficie, rico en carbono orgánico, ligeramente ácido, estructura granular media, consistencia ligeramente dura, friable, ligeramente plástico y adhesivo, humedad equivalente 16%, subsuperficialmente arcilloso, prismático, grueso, fuerte, consistencia muy dura, firme, muy plástico y adhesivo.

Se utilizó un bastidor de tracción libre, con capacidad portante de hasta 11 arcos, sobre el cual se montó solamente uno, de tal manera de estudiar el patrón de comportamiento de las rejas, al trabajar sin interacción.

Se emplearon, como tratamientos, rejas de tipo convencional (C), convencional alada (CA) y pata de ganso (PG), tal como se aprecia en la Foto 1. Como subtratamientos fueron definidas tres posiciones del cilindro hidráulico de control remoto, las cuales determinaron tres profundidades, designadas como superficial (1), media (2) y profunda (3).

Se empleó un tractor Zanella, modelo V 210 de 73,55 kW de potencia, de tracción simple, con neumáticos 18.4 x 34 en el eje motriz, y un peso estático de 26.264 y 12.250 N en los ejes trasero y delantero, respectivamente.

Se utilizó un diseño estadístico en bloques al azar, en los cuales se ubicaron los

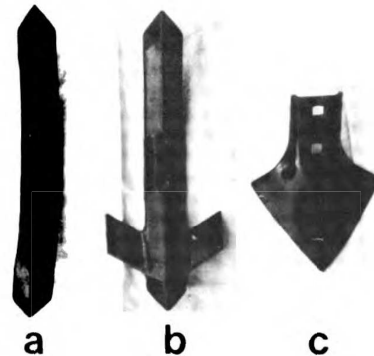


Foto 1. Rejas utilizadas en los ensayos: a) Convencional, b) Convencional alada, c) Pata de ganso

Different tested shares: a) Conventional, b) Winged, c) Plain

tratamientos y subtratamientos, en parcelas con una longitud total de 50 m, tomándose los 30 m centrales para la realización de las mediciones.

Previo a los ensayos se efectuaron en cada parcela 10 determinaciones de penetrometría a 0, 76,2, 152,4 y 228,6 mm mediante un penetrómetro de cono (ASAE S313.2, 1993). Dentro de los 300 mm de profundidad se registraron las mediciones de densidad aparente y humedad, por medio de una sonda de neutrones Troxler 3440.

Para la realización de los ensayos fue seleccionada la cuarta marcha, con una velocidad teórica de 2 m.s⁻¹, a fin de evitar una variación de importancia en la misma, lo cual podría introducir, de acuerdo a Glancey *et al* (1989), modificaciones en la fracturación del terreno.

Durante el desplazamiento del conjunto se determinó la velocidad real de avance, en función del tiempo insumido en recorrer los 30 m de las parcelas. El esfuerzo de tracción se registró por medio de un dinamógrafo hidráu-

lico-mecánico Amsler (Mc Kyes, 1989).

Posteriormente, previa remoción manual del suelo trabajado, se efectuaron seis mediciones de perfilometría por parcela, mediante un perfilómetro similar al descrito por Williat y Willis (1965) y Stafford (1979) de 1260 mm de ancho efectivo, con un intervalo de medición de 20 mm y capacidad de registro de profundidad de hasta 400 mm.

El área trabajada se calculó a partir de las lecturas de profundidad, mediante la fórmula de Simpson (Balbuena et al, 1992).

Los datos relevados fueron analizados estadísticamente a través de un análisis de la varianza y la significancia fue evaluada por medio del test de Tukey al nivel del 5%.

RESULTADOS

Tal como se desprende de la Figura 1, no pudo sobrepasarse una profundidad media de 280 mm para el total de los tratamientos.

Del análisis realizado surge que no existió significancia de la interacción entre las diferentes profundidades de labor y las distintas rejas empleadas, por lo que el comporta-

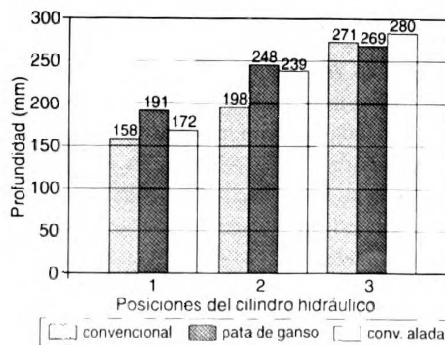


Figura 1. Profundidades de trabajo alcanzadas por las diferentes rejas.

Working depths reached by the differents shares.

miento de las distintas rejas, para las tres posiciones del cilindro hidráulico, fue semejante.

Del estudio de las medias de los efectos principales surgieron diferencias entre las rejas pata de ganso y convencional alada, con respecto a la reja convencional. Las mismas solo pueden ser atribuidas a características inherentes a los distintos tipos de rejas, ya que no fueron detectadas diferencias en la resistencia a la penetración, como tampoco en los valores de humedad y densidad aparente.

Estas diferencias son importantes a nivel de los promedios de cada posición, para las distintas rejas. Allí surgió la mayor profundidad alcanzada para los trabajos superficiales y a profundidades medias por las rejas mencionadas, mientras que a la mayor profundidad todas las rejas tuvieron un comportamiento similar.

Existió un marcado incremento del esfuerzo de tracción al aumentar la profundidad de trabajo. Esto puede relacionarse con dos factores: por un lado, el incremento del índice de cono a la profundidad de 150 mm, que permaneció relativamente constante por de-

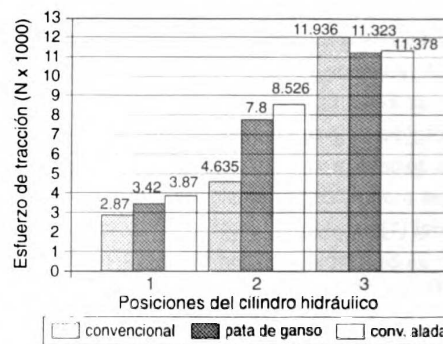


Figura 2. Esfuerzos de tracción registrados para las diferentes posiciones del cilindro hidráulico de control remoto.

Draft requirements recorded at different positions of the hydraulic cylinder.

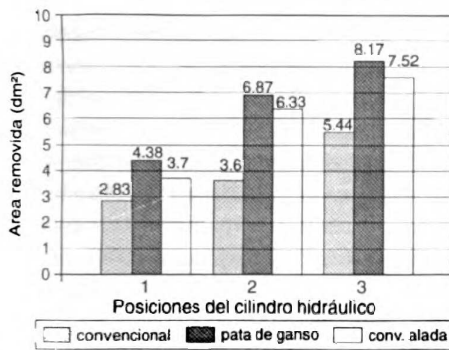


Figura 3. Áreas removidas para los distintos tratamientos.

Working areas for different treatments.

bajo de dicho nivel. Por otra parte, al aumentar la profundidad de trabajo se incrementó el área removida (Figuras 2 y 3).

No obstante, del análisis de los datos surge que solamente hubo diferencias altamente significativas entre las distintas rejas en la posición 2, mientras que en la 1 y 3 las distintas rejas mostraron un comportamiento similar, lo cual estaría mostrando diferencias en la demanda energética de la reja convencional a profundidades medias.

Los ensayos mostraron diferencias altamente significativas en el área removida por las rejas pata de ganso y convencional alada, con respecto a la convencional para todas las profundidades, siendo siempre mayores para la primera, tal como se observa en la Tabla 1.

Al estudiar la relación entre la profundidad de trabajo y el frente de labor, tal como proponen Willat y Willis (1965), se encontró que si bien estos autores restringen la validez de su modelo para profundidades menores a 150 mm y rejas convencionales, el mayor grado de ajuste para este tipo de reja entre los valores calculados y observados se alcanzó para la posición 2, aunque la menor profundi-

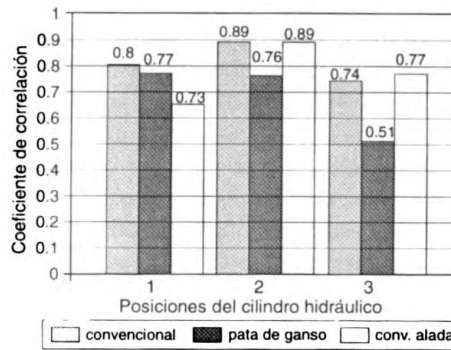


Figura 4. Correlación entre áreas medidas y calculadas.

Correlation coefficient between recorded and calculated working areas.

dad se hallaba en el límite de la amplitud fijado por dichos autores.

Para la reja convencional alada también se halló un buen ajuste para la metodología citada en la posición 2, similar al de la reja convencional.

La reja pata de ganso, en cambio, mostró coeficientes de correlación bajos entre las áreas observadas y calculadas, por lo que debiera estudiarse detenidamente la forma característica de rotura del suelo a las distintas profundidades (Figura 4).

Si bien los valores calculados para la casi totalidad de los datos analizados arrojan una sobreestimación del frente de labor para las tres rejas ensayadas, posiblemente debido a un ángulo inferior a 45° en el fracturamiento producido a partir del extremo de la reja y situaciones de trabajo por debajo de la profundidad límite, la relación entre profundidad, esfuerzo traccional y área removida evidenció patrones de comportamiento diferentes para los distintos diseños.

Estos conceptos parecieran corroborarse a partir del análisis de las resistencias específicas de las diferentes rejas, donde se

obtienen resultados similares, con diferencias altamente significativas de la reja pata de ganso con respecto a la convencional (Tabla 2).

DISCUSION

El distinto comportamiento entre las diferentes rejas podría estar relacionado con las variaciones producidas en el ángulo de ataque de las rejas, lo cual, de acuerdo a Payne y Tanner (1959), produciría no solamente cambios en la forma de roturación, sino también en la capacidad de penetración por variaciones en la componente vertical del esfuerzo de tracción. Estas modificaciones podrían atribuirse a la elasticidad de los arcos utilizados, de 25,4 mm de espesor, los cuales constituyen el equipamiento modal de los escarificadores

Tabla 1. Valores de áreas removidas obtenidos para los diferentes tratamientos (C: reja convencional, PG: reja pata de ganso, CA: reja convencional alada).

Loosening area values for all treatments (C: conventional share, PG: plain share, CA: winged share).

Posiciones del cilindro hidráulico	Rejas	Área removida [dm ²]
1	C	2,83 a
1	PG	4,38 b
1	CA	3,70 b
2	C	3,60 a
2	PG	6,87 b
2	CA	6,33 b
3	C	5,44 a
3	PG	8,17 b
3	CA	7,52 b

Las medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad del test de Tukey.

Means follow by the same letter are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

de cinceles utilizados en la Argentina.

El incremento del esfuerzo traccional para las rejas pata de ganso y convencional alada en las posiciones 1 y 2 concuerda con lo obtenido por Spoor (1978), Ahmed y Godwin (1983) y Maghalaes y de Souza (1990). Sin embargo, no podría explicarse el incremento de esfuerzo de tracción para la reja convencional en la posición 3, ya que no existe un aumento en la profundidad de labor lo suficientemente importante como para equiparar al resto de las rejas ensayadas.

La significancia de los esfuerzos para la profundidad media podría atribuirse no solamente a la adición de alas, sino también a la mayor profundidad alcanzada por las mismas, mientras que en la posición 3, para alcanzar los valores encontrados, debería prevalecer en el patrón de roturación del suelo la defor-

Tabla 2. Valores de resistencia específica obtenidos para los diferentes tratamientos (C: reja convencional, PG: reja pata de ganso, CA: reja convencional alada).

Specific resistance values for all treatments (C: conventional share, PG: plain share, CA: winged share).

Posiciones del cilindro hidráulico	Rejas	Resistencia específica [N.dm ⁻²]
1	C	1014 a
1	PG	781 b
1	CA	1046 a
2	C	1287 a
2	PG	1135 b
2	CA	1347 a
3	C	2194 a
3	PG	1386 b
3	CA	1513 b

Las medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad del test de Tukey.

Means follow by the same letter are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.



mación horizontal, con una disminución en las fallas crecientes y un efecto aditivo de compactación lateral, citado por Spoor y Fry (1983). Si bien no se realizó un corte en trinchera que permitiera evaluar las deformaciones laterales, fué posible visualizar en el fondo del surco la formación de pequeños canales con compactación lateral de suelo.

Los mayores valores de área removida producidos por la reja pata de ganso parecieran concordar con los resultados obtenidos por Godwin y Spoor (1977) en sus trabajos con subsoladores, en los cuales se alcanzaba un mayor frente de labor en la medida que se adicionaban alas a los mismos.

Aunque la reja pata de ganso no posee alas, es posible que su perfil produzca sobre el suelo una acción similar.

La mayor eficiencia en el laboreo, medida a través de la resistencia específica de los diferentes órganos activos, se alcanza en los trabajos superficiales. Por otra parte, tal como citan Spoor y Godwin (1978), Ahmed y Godwin (1983) y Soomro *et al* (1982), los diseños

alados produjeron una disminución en la resistencia específica al laboreo, concordando en forma parcial con lo obtenido por Magalhaes y de Souza (1990), puesto que pese a no encontrarse diferencias entre la reja convencional y convencional alada, la resistencia específica registra una marcada reducción en las mayores profundidades, resultando un parámetro válido para la evaluación de la prestación tractiva de los implementos de labranza primaria.

CONCLUSIONES

El diseño de las diferentes rejas influye en la resistencia específica al laboreo.

Los diferentes diseños de rejas presentan incrementos en el esfuerzo de tracción, como consecuencia del área removida y la profundidad de trabajo.

Las rejas aladas muestran una mayor aptitud para la remoción del suelo a las distintas profundidades ensayadas.

BIBLIOGRAFIA

- Ahmed M and R Godwin (1983) The influence of wing position on subsolier penetration and soil disturbance. *Journal of Agricultural Engineering Research* 28: 489-492.
- Balbuena RH, JA Claverie y AM Terminiello (1992) Evaluación de rejas de escarificador de cinceles. *Anales del XXI^o Congreso Brasileño de Ingeniería Agrícola* 3: 1707-1717.
- Dransfield P, S Williat and H Willis (1964) Soil to implement reaction experienced with simple tines at various angles of attack. *Journal of Agricultural Engineering Research* 9: 220-224.
- Glancey J, W Upadhyaya, W Chancelor and J Rumsay (1989) An instrumented chisel for the study of soil-tillage dynamics. *Soil and Tillage Research* 14: 1-24.
- Godwin R, and G Spoor (1977) Soil failure with narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research* 22: 213.
- Magalhaes P, y W de Souza (1990) Un análisis experimental del efecto de los ángulos de las alas del subsolador. *Actas del I^o Congreso Argentino de Ingeniería Rural*, Universidad Argentina de la Empresa, Buenos Aires, 6-9 de Agosto de 1990 (En prensa).
- Mc Kyes E (1989) *Agricultural engineering soil mechanics*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam: 227.
- Payne P and D Tanner (1959) The relationship between rake angle and performance of simple cultivation implements. *Journal of Agricultural Engineering Research* 4: 312-325.
- Soomro M, G Spoor and R Godwin (1982) Appropriate tine arrangement for better tillage and efficient tool performance. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, Autumn 1982: 21-26.



Balbuena et al, Influencia del diseño ...

Spoor G and R Fry (1983) Soil disturbance generated by deep working low rake angle narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research* 28: 217-234.

Spoor G and R Godwin (1978) An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid lines. *Journal of Agricultural Engineering Research* 23: 243-258.

Stafford J (1979) The performance of a rigid line in relation to soil properties and speed. *Journal of Agricultural Engineering Research* 24: 41-56.

Williat S and H Willis (1965) A study of the trough formed by the passage of tines through soil. *Journal of Agricultural Engineering Research* 10: 1-4.