

**INFLUENCIA DE LAS REJAS ALADAS DE UN SUBSOLADOR COMBINADO
SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA LABOR¹**

Influence of a combined subsoiler with winged tine upon work efficiency

Di Prinzio, A.P.²; Behmer, S.N.²; Striebeck, G.L.²; e Irisarri, J.A.²

A B S T R A C T

Before renovation of orchards and previous to planting it is necessary to reestablish the soil porosity to ensure rapid growth of the root system for all the plants. This condition is achieved by tools which permit significant work, in width and depth, in the future planting row. The aim of this study was to determine the influence on work efficiency of a winged tine located in the lower part of a combined subsoiler. A combined subsoiler with superficial rigid chisel with two tine designs were used: a) simple tine, and b) winged tine, both 55 mm wide, 25° angle of incidence and a wing spread 350 mm. The treatments were as follows: 1. Combined subsoiler without wings, and 2. Combined subsoiler combined with wings; the variables determined were the disturbed area and the fuel consumption. A completely randomized statistical design with three replicates was used. The results indicate that the incorporation of the winged tine on the combined subsoiler increases the disturbed area and the work efficiency.

Key words: fruit crops, soil, subsoiler, fuel consumption.

R E S U M E N

Frente a la renovación de huertos frutales y previo a la plantación, es necesario restablecer la porosidad del suelo para favorecer el rápido crecimiento del sistema radical de todas las plantas. Esta condición se obtiene con herramientas que permiten realizar una labor significativa, en ancho y profundidad, en la futura línea de plantación. El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia sobre el rendimiento de la labor de las rejas aladas ubicadas en la parte inferior de un subsolador combinado. Se utilizó un subsolador combinado con cinceles de labor superficial y con dos diseños de reja: a) reja sin ala, y b) reja alada, ambos de 55 mm de ancho, ángulo de incidencia de 25° y con envergadura alar de 350 mm. Los tratamientos fueron: 1. Subsulado combinado sin alas y 2. Subsulado combinado con alas. Las variables determinadas fueron: área disturbada y consumo de combustible. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado con tres repeticiones. Los resultados indican que la incorporación de rejas aladas en la parte inferior de un subsolador combinado aumenta la área disturbada y el rendimiento de la labor.

Palabras claves: fruticultura, suelo, subsolador, consumo de combustible.

¹Recepción de originales: 27 de septiembre de 1999.

Proyecto "La Mecanización Agrícola como Aporte a la Sustentabilidad de la Producción". Universidad Nacional del Comahue, Argentina. 1998-2000.

²Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, C.C. 85 (8303) Cinco Saltos, Río Negro, Argentina. E-mail: mecagri@uncoma.edu.ar.

INTRODUCCIÓN

Para restablecer la porosidad del suelo, previo a la plantación de frutales, se recurre generalmente a la utilización de subsoladores. Algunos productores realizan el subsolado de toda la parcela con pasadas paralelas en dirección longitudinal a la futura plantación, mientras que otros lo realizan en dirección oblicua. En ambos casos la tarea se caracteriza por tener una baja capacidad de trabajo, debido al ancho de labor de estas herramientas, y un elevado requerimiento energético, factores que incrementan el costo operacional de estas prácticas.

Otra posibilidad es la utilización de grandes escarificadores traccionados con maquinaria vial, con un costo muy superior y con el agravante de inducir compactaciones subsuperficiales. Según Smith y Dickson (1990), citados por Botta (1997), la compactación subsuperficial (debajo de 40 cm) es provocada por el peso del equipo, independientemente de la presión específica. Por ello esta alternativa debería ser utilizada en casos excepcionales, es decir para resolver problemas en profundidades superiores a 60 - 70 cm, difícilmente alcanzables con tractores frutícolas.

A nivel mundial existen experiencias con resultados diversos. Adeoye y Mohamed-Saleem (1990) encontraron aumentos de rendimiento en maíz originados por el subsolado, mientras que Reeder *et al.* (1993) aseguraron que los beneficios de esta práctica se justifican desde el punto de vista económico en soja y en maíz.

Soane *et al.* (1986) y Reeder *et al.* (1993) manifestaron que el tráfico controlado incrementa la persistencia del subsolado. Por otro lado, Draghi *et al.* (1998) afirmaron que el incremento porcentual de la densidad aparente inducido por el tráfico aumenta con el incremento de su intensidad. No obstante, Soane *et al.* (1986) expresaron que todos los suelos se recompactan con el tiempo.

Con el objeto de evaluar el efecto de un subsolador alado adaptable a cinceles sobre la resistencia mecánica y la densidad aparente del suelo, Cisneros *et al.* (1998) determinaron, luego de cuatro años de ensayo, una reducción significativa de los parámetros considerados en profundidades no mayores a 25 cm, en comparación con tratamientos de siembra directa. En este sentido, Di Prinzio *et al.* (1999) determinaron, luego de treinta meses de haber utilizado un subsolador alado combinado con el pasaje previo y superficial de cinceles rígidos, una menor resistencia a la penetración en comparación con el suelo sin subsolar.

En cultivos frutícolas y para variedades de bajo volumen radical se podría subsolar solamente en la futura línea de plantación y a profundidades no superiores a 60 - 70 cm, máxime considerando que alrededor de un 30% de los suelos de las terrazas más altas bajo riego de la región presentan limitaciones de drenaje (Agua y Energía Eléctrica Sociedad del Estado, 1992), reduciéndose en consecuencia el tiempo operativo. En este caso interesa que el subsolador provoque una área de suelo amplia y significativamente disturbada en profundidad. En este sentido, Spoor y Godwin (1978) indicaron que la disposición de las alas en la parte inferior del subsolador, o el uso de dientes de acción superficial ubicados delante del mismo, incrementa la remoción del suelo especialmente en profundidad, reduce el coeficiente de labranza e incrementa la profundidad crítica, permitiendo un mejor acomodamiento de las partículas del suelo.

Di Prinzio *et al.* (1997) estudiaron diferentes conformaciones de herramientas de labranza profunda y determinaron un incremento del 47% del área disturbada al agregar alas en la parte inferior de un subsolador convencional, y un incremento de sólo 17% del área disturbada al trabajar con un subsolador convencional sin alas combinado con el pasaje previo de dientes rígidos y encontraron menor densidad aparente del suelo que la lograda con el equipo con alas. En función de ello, los mencionados autores

propusieron evaluar el uso del subsolador con alas, combinado con el paso previo de dientes rígidos superficiales, con la finalidad de mejorar la eficiencia de la labor.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de las rejas aladas, ubicadas en la parte inferior de un subsolador combinado con dientes rígidos de acción superficial, sobre la área disturbada y el consumo de combustible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos, Río Negro, Argentina (38° 54' lat. Sur y 67° 50' long. Oeste), sobre un suelo Torrifluents típico de textura franco gruesa, que presentaba una labranza superficial y una humedad que fluctuó entre el 13 y el 20%.

Se utilizó un subsolador combinado constituido por un bastidor y dos ruedas limitadoras de profundidad y un cuerpo principal con un timón de 1 m de alto y un ángulo de 70° respecto del plano horizontal, con una reja en su base de 5,5 cm de

ancho y un ángulo de incidencia de 25°. La misma es intercambiable con otra de igual diseño y con dos alas simétricas opuestas de 35 cm de envergadura. Delante del mismo y en ambos laterales se ubicaron dos cinceles rígidos con rejas de 7 cm de ancho y un ángulo de incidencia de 20°, separados entre sí a 60 cm y ubicados sobre una línea perpendicular a la dirección de avance, distanciada 50 cm de la punta de la reja del subsolador. El cuerpo principal trabajó a una profundidad de 60 cm, mientras que los cinceles lo hicieron a 28 cm de profundidad. El conjunto fue montado sobre el elevador hidráulico de tres puntos de un tractor con tracción delantera asistida de 67 CV (Figura 1).

El subsolado se realizó sobre seis parcelas de 4 m de ancho y 50 m de largo. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, con tres repeticiones, para los tratamientos: 1. Subsulado sin alas; y 2. Subsulado con alas. En todos los casos se realizaron determinaciones de la distancia recorrida con el consumo de un volumen fijo de combustible utilizando un medidor de pipeta de doble aforo.

Para determinar la área disturbada se realizaron tres perfilometrías por cada combinación tratamiento-repetición, utilizando un perfilómetro de varillas de acuerdo con la metodología de Spoor y Godwin (1978). Dichas mediciones de la área disturbada se realizaron aleatorizando la ubicación de la primera de ellas y ubicando las restantes a distancias fijas respecto de aquella.

Con la distancia recorrida y la área disturbada se calculó el volumen de suelo labrado; con dicho valor y el consumo de combustible se obtuvo el rendimiento expresado en $\text{m}^3 \text{mL}^{-1}$.

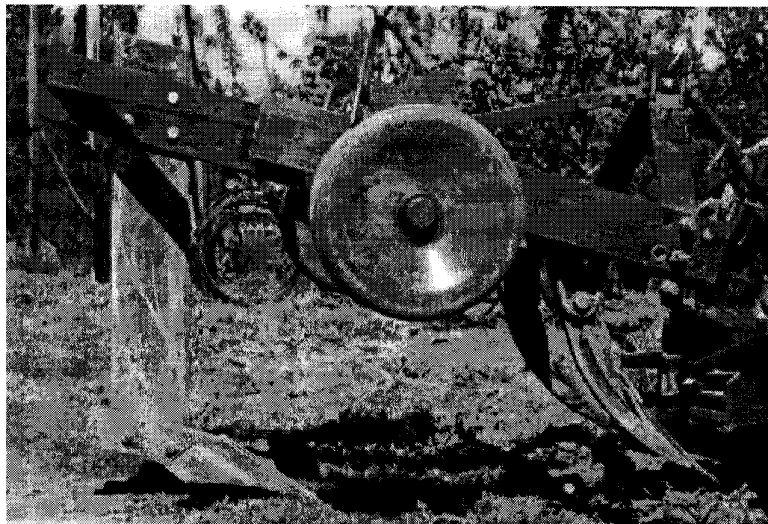


Figura 1. Subsolador combinado con rejas aladas en la parte inferior del subsolador posterior.

Figure 1. Combined subsoiler with winged tines at the bottom of the rear of the subsoiler.

La pérdida de velocidad debida al patinamiento se determinó con un cuenta vueltas electrónico conectado a la toma de potencia del tractor.

Como variables explicativas se consideraron la densidad aparente del suelo, determinada previo a la labranza mediante cilindro estándar, a una profundidad de 30 cm, con dos repeticiones por cada combinación tratamiento-repetición, y la resistencia a la penetración, determinada con un penetrómetro de cono, a profundidades de 7 hasta 60 cm, con cinco repeticiones por cada combinación tratamiento-repetición (Cuadros 1 y Figura 2).

Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM del software estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El subsolador combinado con la incorporación de alas en el cuerpo principal provoca una área disturbada significativamente superior, con un incremento del 17,4%, en comparación con el tratamiento sin alas (Cuadro 1). Este resultado es coincidente con lo manifestado por Spoor y Godwin (1978) y tiende a alcanzar el porcentaje de incremento indicado por Di Prinzio et al (1997) cuando compararon el agregado de alas a un subsolador convencional.

Por otro lado, en el Cuadro 1 se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la distancia recorrida con igual volumen de combustible consumido. La tendencia a una menor distancia recorrida observada en el tratamiento 2 podría justificarse por la mayor resistencia a la penetración (258 psi para el tratamiento 1 vs. 314 psi para el tratamiento 2) y por la mayor densidad aparente del suelo (Cuadro 1), aunque sus diferencias no fueron estadísticamente significativas. Con ello podría inferirse que las diferencias en el consumo estarían asociadas más a la condición del suelo que a la presencia de alas en el subsolador, debido a que en el estrato donde trabajaron los cinceles (25 a 30 cm de profundidad) el tratamiento 2 presentó mayor resistencia a la penetración.

Si bien la reja con alas presenta mayor superficie de ataque, lo que supondría una mayor resistencia al avance por parte del suelo, ello no se vería reflejado debido probablemente a la baja resistencia a la penetración presente en el estrato de 50 a 60 cm de profundidad (Figura 2). La labor de los cinceles en los estratos más densos (25-30 cm) neutralizaría el efecto de la mayor humedad presente en los estratos inferiores, debido a la proximidad de la capa freática, el cual dificulta la distribución de presiones hacia los estratos

Cuadro 1. Parámetros estudiados para determinar la influencia de las rejas aladas de un subsolador sobre el rendimiento de la labor

Table 1. Studied parameters for determining influence of a combined subsoiler with winged tine upon work efficiency

Parámetro	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
	Valor	CV, %	Valor	CV, %
Densidad aparente, g cm ⁻²	1,346a	3	1,39a	3,2
Área de suelo disturbada, cm ²	2.907,28a	4,72	3.411,03b	5,70
Volumen de suelo disturbado, m ³	12,01a	8,27	13,65a	12,92
Distancia recorrida con 100 mL de combustible, m	41,27a	5,52	39,91a	8,6
Disminución de la velocidad de avance (patinamiento), %	12,1a	15,2	12,9a	16,5

Valores seguidos de letras distintas en cada fila indican diferencias significativas, según test de Tukey ($\alpha = 0,05$).
CV: coeficiente de variación.

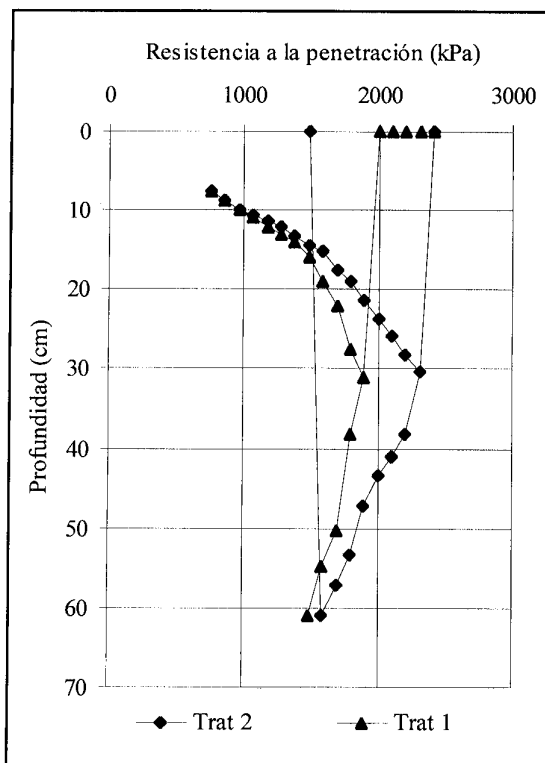


Figura 2. Resistencia promedio del perfil del suelo a la penetración.

Figure 2. Mean resistance of the soil profile to penetration.

superiores en detrimento del disturbamiento del suelo. Dicha situación es frecuente ya que un 28,54% de los suelos de las terrazas más altas bajo riego de los ríos Negro y Neuquén, denominados Torrifluvents y Cambortids xerólicos de texturas medias, presentan predominio de limos calcáreos y son imperfectamente drenados (Agua y Energía Eléctrica Sociedad del Estado, 1992). Por otro lado, este resultado estaría de acuerdo con lo hallado por Spoor y Godwin (1978) al indicar que la incorporación de alas en la zona de trabajo del subsolador disminuye el coeficiente de labranza.

La incorporación de alas al subsolador principal provocó un incremento de 14% en el volumen de suelo disturbado, y por lo tanto en el rendimiento expresado en volumen de suelo disturbado por unidad de consumo de combustible ($0,12 \text{ m}^3$

mL^{-1} , para el tratamiento 1 vs. $0,136 \text{ m}^3 \text{ mL}^{-1}$ para el tratamiento 2), a pesar que en el análisis estadístico no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1). Esto último podría atribuirse a que las variabilidades de la superficie disturbada y de la distancia recorrida, potencian la variabilidad del volumen de suelo calculado.

El patinamiento se mantuvo en valores aceptables, atribuible a que fue controlado por el sistema de sensibilidad del tractor, ya que las ruedas de control de profundidad del subsolador sólo se apoyaron levemente sobre el suelo, provocando una alta transferencia de peso sobre el tractor. Esta observación incluye a ambos tratamientos debido a que no se presentaron diferencias estadísticas entre los mismos (Cuadro 1).

Las mínimas diferencias entre tratamientos, en cuanto a la distancia recorrida con igual volumen de combustible consumido y al patinamiento, indicarían que la mayor superficie disturbada provocada por la incorporación de alas no suponen un incremento significativo en el esfuerzo de tracción y en la potencia demandada.

En función de los resultados obtenidos en el presente trabajo, de la mejor calidad de labor producida por el subsolador combinado, de acuerdo con Di Prinzio *et al.* (1997), y teniendo en cuenta el menor requerimiento de tracción indicado por Spoor y Godwin (1978), la herramienta constituida por un subsolador con alas combinado con la acción superficial de dientes rígidos presentaría una mayor eficiencia en el uso de la energía, resultando una alternativa promisoría en el acondicionamiento del suelo previo a la plantación.

CONCLUSIONES

El área disturbada se incrementa con la incorporación de rejas aladas en la parte inferior de un subsolador combinado, sin aumentar el consumo de combustible de la labor.

LITERATURA CITADA

- Adeoye, K.B., and M.A. Mohamed-Saleem. 1990. Comparison of effects of some tillage methods on soil physical properties and yield of maize in a degraded ferruginous tropical soil. *Soil Tillage Res.* 18:63-72.
- Agua y Energía Eléctrica Sociedad del Estado. 1992. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro. 100 p. Agua y Energía Eléctrica Sociedad del Estado-CIL INCONAS S.A. Capítulo de Edafología. Neuquén, Argentina.
- Botta, G.F. 1997. Armonización del peso y rodado del tractor para reducir la compactación del suelo. 61 p. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, La Plata, Argentina.
- Cisneros, J.M., A. Cantero, J. Marcos, A. Degioanni, E. Bricchi, O. Giayetto, C. Cholaky, E. Bonadeo, G. Cerioni, y M. Uberto. 1998. Comportamiento de un subsolador alado adaptable a implementos de uso común. p. 128-136. *In Ingeniería rural y mecanización agraria en el ámbito latinoamericano.* Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Di Prinzio, A.P., C.D. Ayala, y J.C. Magdalena. 1997. Evaluación energética de distintas técnicas de subsolado y sus efectos sobre la densidad aparente del suelo. *Agro-Ciencia* 13:61-67.
- Di Prinzio, A.P., S.N. Behmer, G.L. Striebeck, J.A. Irisarri, y R.O. Rogriguez. 1999. Respuesta de un cultivo de manzanos cv. Royal Gala al subsolado previo a la plantación. p. 66. *In Memorias del VII Congreso Nacional de Horticultura,* 8-11 de junio. Montevideo, Uruguay.
- Draghi, L., D. Jorajuria, G. Botta, R.H. Balbuena, A. Aragon, y A.P. Di Prinzio. 1998. Compactación del suelo en el monte frutal inducida por el tráfico vehicular. p. 28-35. *In Ingeniería rural y mecanización agraria en el ámbito latinoamericano.* Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Reeder, R.C., R.K. Wood, and C.L. Finck. 1993. Five subsoiler designs and their effects on soil properties and crop yields. *Trans. ASAE* 36:1525-1531.
- Soane, G.C., R.J. Godwin, and G. Spoor. 1986. Influence of deep loosening techniques and subsequent wheel traffic on soil structure. *Soil Tillage Res.* 8:231-237.
- Spoor, G., and R.J. Godwin. 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. *J. Agric. Eng. Res.* 23:243-258.