

LABRANZA VERTICAL EN HUERTOS FRUTALES. SU RENDIMIENTO ENERGÉTICO¹

Vertical tillage in orchards. Its energetic yield

Alcides P. Di Prinzio², Sergio N. Behmer², Claudio D. Ayala² y Guillermina L. Striebeck²

ABSTRACT

The objective of this study was to calculate the efficiency of subsoilers and chisels. Based on fuel specific consumption values obtained from a modal tractor cell and the values of loosened soil area and tillage coefficients reported by Di Prinzio *et al.* (1996a; 1996b; 1997), we obtained the volume of loosened soil per litre of consumed fuel. A completely randomized statistical design with five replications was utilised, and the treatments were: A: Subsoiling. I: Conventional subsoiler (control treatment), II: Winged subsoiler, III: Conventional subsoiler with superficial tillage of rigid tines, IV: Winged subsoiler with superficial tillage of rigid tines, and V: Winged subsoiler with superficial tillage of flexible tines. B: Tillage. I: Rigid chisel and II: Flexible chisel. The results showed reduced yield values for the conventional subsoiler which were similar to the winged subsoiler with superficial tillage of flexible tines yield values. The superficial tillage achieved with rigid tines added to the conventional subsoiler significantly improved its yield when compared with the reference treatment. The winged subsoiler reached a high yield, which was significantly enhanced with the superficial tillage of rigid tines, representing an increase of 50.6 m³/L. Regarding tillage, the rigid chisel reached yields significantly higher than the flexible chisel, with an increase of 24.4 m³/L.

Key words: tillage, subsoiling, chisels, subsoilers, fuel consumption.

INTRODUCCIÓN

Las tareas mecanizadas han reemplazado gran cantidad de labores manuales y de tracción animal, lo que trajo consigo un elevado tránsito de la maquinaria sobre el suelo agrícola, contribu-

yendo a incrementar los niveles de compactación de los suelos. Esto es más importante en los cultivos intensivos, como fruticultura, horticultura, etc., debido al mayor uso de la maquinaria agrícola.

En fruticultura el tránsito tiene características particulares, ya que se realiza siempre por un lugar determinado a baja velocidad, y con diferentes condiciones de contenido de humedad y cobertura del suelo. El problema es más notorio en las tareas de pulverización debido a que las máquinas transfieren al suelo una presión del orden de 490 kN/m² (Di Prinzio *et al.*, 1996b).

¹Recepción de originales: 2 de diciembre de 1997.

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

En el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina, se realizan más de diez aplicaciones de agroquímicos, y numerosas pasadas del tractor con elevador de bins en época de cosecha, por lo que si bien la mayor compactación del suelo se produce en el primer pasaje (Taylor *et al.*, 1982), dicho tránsito frecuente ocasionará problemas de compactación severa.

Dada la escasez de tiempo, la urgencia y la oportunidad de realizar ciertas labores durante la plantación, el cultivo y la cosecha, se suele transitar sobre suelos con altos contenidos de humedad. Con respecto a ello, Akram y Kemper (1979) encontraron que existe una máxima reducción del volumen del suelo con altos contenidos de humedad, principalmente en el rango de 80 a 100% de la capacidad de campo.

Los cambios originados en el mercado mundial de frutas han acelerado el proceso de reconversión de los huertos frutales. Esta nueva etapa del desarrollo regional deberá enfrentarse con ciertas limitantes edáficas que deben ser tratadas antes de la plantación y con una historia de más de cincuenta años de monocultivo de frutales de pepita.

En el Alto Valle se comenzó a utilizar el cincel para contrarrestar los efectos de la compactación superficial. Para labores más profundas se utiliza el subsolador convencional (50 cm), y en menor escala el subsolador de mayor penetración (60 a 70 cm).

Existen experiencias en otros cultivos con diversos resultados. Adeoye y Mohamed-Saleem (1990) encontraron un aumento del rendimiento en maíz con el subsolado, a la vez que Reeder *et al.* (1993) mencionaron que los beneficios del subsolado se justifican plenamente desde el punto de vista económico, tanto en soja como en maíz. Por otro lado, estos mismos autores, como así también Soane *et al.* (1986) manifestaron que el tráfico reducido o controlado incrementa la persistencia de la labor de subsolado.

Al evaluar el comportamiento de cinceles rígidos y flexibles, Di Prinzio *et al.* (1996b) determinaron que ambos no tuvieron diferencias en cuanto al volumen de suelo disturbado, pero los primeros presentaron una notoria disminución del esfuerzo de tracción. Así mismo, Balbuena *et al.* (1994) encontraron un menor esfuerzo de tracción y un menor coeficiente de labranza para el cincel rígido, en comparación con el flexible.

Por otro lado, en un estudio comparativo entre distintos modelos de subsoladores y técnicas de subsolado, Di Prinzio *et al.* (1996a; 1997) demostraron que la incorporación de alas al subsolador convencional, y/o el pasaje previo de dientes rígidos a una profundidad menor, disminuye el coeficiente de labranza hasta en un 39,9%.

El objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento energético de subsoladores y cinceles, expresado en metros cúbicos de suelo disturbado por litro de combustible consumido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio energético se hizo en base a los datos de campo obtenidos con motivo de realizar una evaluación comparativa de subsoladores, herramientas de labranza vertical y técnicas de subsolado.

El ensayo de campo se realizó en jurisdicción de Allen, Río Negro (38° 55' de Latitud Sur y 67° 45' de Longitud Oeste) en el mes de agosto de 1995, sobre un suelo Acuicambids fluventic (Soil Taxonomy, 1994), de textura media. En la parcela de ensayo, previo al estudio, existía un cultivo de manzano de 25 años de edad, que fue erradicado un año antes. El suelo presentaba al momento de realizar el trabajo una humedad del 20% y se encontraba sin cobertura vegetal.

Las herramientas utilizadas y sus características fueron las siguientes:

Subsolador convencional. Despeje: 80 cm; ancho de la reja: 7 cm; ángulo de incidencia: 25°; ángulo del timón: 70°; altura de la reja: 7 cm.

Subsolador con alas. Despeje: 80 cm; ancho de la reja: 7 cm; ángulo de incidencia: 25°; ángulo del timón: 70°; altura de la reja: 7 cm; envergadura de las alas: 33 cm; ángulo de ataque de las alas: 75°.

Cinzel rígido. Cantidad de rejas: 3 (dos para la labor previa al subsolado); distanciamiento entre rejas: 25 cm (50 cm para la labor previa al subsolado); ángulo de incidencia: 20°; ancho de la reja: 7 cm; ancho de la punta de la reja: 4 cm.

Cinzel flexible. Cantidad de rejas: 3 (dos para la labor previa al subsolado); distanciamiento entre rejas: 25 cm (50 cm para la labor previa al subsolado); ángulo de incidencia: 20°; ancho de la reja: 5 cm; ancho de la punta de la reja: 3 cm.

Los implementos fueron montados sobre el elevador hidráulico de tres puntos de un tractor que actuó como portante. Los conjuntos fueron

traccionados por otro tractor a una velocidad de 0,9 m/s, intercalando entre ambos un dinamómetro electrónico de 5 t conectado a un graficador para medir el esfuerzo de tracción.

El subsolado combinado se realizó con labor de dientes a una profundidad de 25 cm y la profundidad de trabajo del subsolador fue de 60 cm. La labranza se realizó a una profundidad de 25 cm. El área disturbada fue medida con un perfilómetro de varillas. Para la determinación del coeficiente de labranza se relacionó la fuerza requerida por la labor con el área de suelo disturbada.

El área disturbada y los coeficientes de labranza se determinaron en estudios anteriores, y se resumen en el Cuadro 1.

Rendimiento

Para el cálculo del consumo horario de combustible, se tomó el consumo específico para cada uno de los valores de potencia demandados por las herramientas, en base a una cédula de ensayo de un tractor modal, adicionando en todos los casos un valor constante de potencia absorbida por la rodadura del tractor.

Cuadro 1. Resultados de área disturbada y coeficiente de labranza obtenidos en estudios previos.

Table 1. Disturbed area and plowing coefficients obtained in previous studies

Herramienta	Área disturbada (cm ²)	Coefficiente de labranza (kPa)
Di Prinzio <i>et al.</i> (1997)		
Subsolador convencional	1.974	123,2
Subsolador con alas	2.999	92,14
Cinzel rígido y subsolador convencional	2.313	94,85
Di Prinzio <i>et al.</i> (1996a)		
Cinzel rígido y subsolador con alas	3.250	73,96
Cinzel flexible y subsolador con alas	2.930	112,51
Di Prinzio <i>et al.</i> (1996b)		
Cinzel rígido	1.787	60,05
Cinzel flexible	1.577	81,82

Para el cálculo de rendimiento, expresado en metros cúbicos de suelo disturbado por litro de combustible consumido, se relacionó el área disturbada encontrada por Di Prinzio *et al.* (1997), Di Prinzio *et al.* (1996a) y Di Prinzio *et al.* (1996b), la velocidad de trabajo y el consumo horario de combustible.

A efectos de plantear el análisis estadístico se consideraron los valores originales del trabajo de campo citado precedentemente con sus cinco repeticiones.

Tratamientos

Subsolado

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado con un factor y cinco niveles, con cinco repeticiones; siendo los tratamientos:

- I. Subsolador convencional (testigo).
- II. Subsolador con alas.
- III. Subsolador convencional con labor previa de dientes rígidos.
- IV. Subsolador con alas con labor previa de dientes rígidos.
- V. Subsolador con alas con labor previa de dientes flexibles.

Labranza

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado con un factor y dos niveles, con cinco repeticiones; siendo los tratamientos:

1. Cíncel rígido.
2. Cíncel flexible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Subsolado

Los resultados, expresados en metros cúbicos de suelo disturbado por litro de combustible consumido, indican los menores rendimientos para el subsolador convencional, y el subsolador

con alas con labor superficial de dientes flexibles (Cuadro 2).

El agregado de dientes rígidos al subsolador convencional mejoró significativamente el rendimiento con respecto al testigo. El subsolador con alas logró un alto rendimiento, el cual aumentó significativamente con labor previa de dientes rígidos.

Expresando las diferencias anteriores en términos porcentuales, el subsolado realizado con subsolador convencional con labor previa de dientes rígidos, logró un aumento del rendimiento del 27,7% con respecto a la labor realizada por el subsolador convencional. El subsolador con alas alcanzó un aumento del rendimiento del 41,8%, mientras que el mayor rendimiento lo obtuvo el subsolador con alas con labor previa de dientes rígidos, con un 63% de incremento con respecto al subsolador convencional. Ello significó un aumento de 50,6 m³/L, el que es estadísticamente significativo ($P \leq 0,01$).

Esta marcada diferencia concuerda con lo informado por Di Prinzio *et al.* (1997) en cuanto a un menor coeficiente de labranza requerido por la

Cuadro 2. Rendimiento (m³ de suelo disturbado por litro de combustible consumido) para los cinco tratamientos

Table 2. Yield (cubic metres of loosened soil per litre of fuel) of the five included treatments

Tratamiento	Rendimiento (m ³ /L)
I. Subsolador convencional	80,11 c
II. Subsolador con alas	113,62 ab
III. Subsolador conv. + dientes rígidos	102,29 b
IV. Subsolador con alas + dientes rígidos	130,69 a
V. Subsolador con alas + dientes flexibles	97,68 bc

Valores con las mismas letras no difieren significativamente $P \leq 0,01$ (Test de Tukey).

combinación de dientes rígidos y subsolador. No obstante, la mayor diferencia porcentual expresada en rendimiento que la citada para el coeficiente de labranza, podría explicarse por el incremento en el consumo de combustible como consecuencia de una mayor potencia demandada por el subsolador convencional.

2. Labranza

La labranza realizada con cincel de dientes rígidos alcanzó un incremento del 28,9% en el rendimiento con respecto al cincel de arcos flexibles (Cuadro 3). Ello representó un aumento de 24,4 m³/L, estadísticamente significativo ($P \leq 0,01$).

Cuadro 3. Rendimiento (m³ de suelo disturbado por litro de combustible consumido) para los dos tratamientos

Table 3. Yield (cubic metres of loosened soil per litre of fuel) of two treatments

Tratamiento	Rendimiento (m ³ /L)
I. Cincel de arcos rígidos	108,89 a
II. Cincel de arcos flexibles	84,45 b

Valores con las mismas letras no difieren significativamente $P \leq 0,01$ (Test de Tukey).

Este comportamiento es coincidente con lo manifestado por Balbuena *et al.* (1994) y por Di Prinzio *et al.* (1996b) en relación a un menor esfuerzo de tracción requerido por el cincel rígido.

En función de lo observado en el presente análisis resultaría de interés expresar las eficiencias de las labores no sólo en términos de áreas disturbadas y sus esfuerzos, sino que la incorporación de parámetros que la vinculan con el consumo de combustible, lo que podría aportar mayores elementos para tomar decisiones.

CONCLUSIONES

La combinación de una labor superficial con el pasaje posterior de un subsolador a mayor profundidad y/o el agregado de alas en este último, presentaron mayores rendimientos (m³/L) comparados con el subsolador convencional.

El cincel rígido manifestó un mayor rendimiento (m³/L) que el flexible.

Un implemento formado por un subsolador con alas y dientes rígidos que trabajen por delante a menor profundidad, constituye una buena alternativa para hacer más eficiente la labor de subsolado.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento de subsoladores y cincelos. Se usó el consumo específico de combustible obtenido de una cédula de ensayo de un tractor modal, y con los valores de área disturbada y coeficiente de labranza encontrados por Di Prinzio *et al.* (1996a; 1996b; 1997), se calculó la relación volumen de suelo disturbado por litro de combustible consumido. Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado con cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: A: Subsólado. I: Subsólador convencional

(testigo), II: Subsólador con alas, III: Subsólador convencional con labor superficial de dientes rígidos, IV: Subsólador con alas con labor superficial de dientes rígidos y V: Subsólador con alas con labor superficial de dientes flexibles. B: Labranza. I: Cincel rígido y II: Cincel flexible. Los resultados indicaron un menor rendimiento para el subsólador convencional sólo asemejándose al subsólador con alas con labor superficial de dientes flexibles. La labor superficial de dientes rígidos adicionada al subsólador convencional mejora

significativamente el rendimiento con respecto al testigo. El subsolador con alas logra un alto rendimiento, el cual aumenta significativamente con la labor superficial de dientes rígidos. Ello representó un incremento de 50,6 m³/L. En

labranza, el cincel rígido presentó un mayor rendimiento que el flexible, con un aumento de 24,4 m³/L.

Palabras clave: labranza, subsolado, cinceles, subsoladores, consumo de combustible.

LITERATURA CITADA

- ADEOYE, K.B. AND MOHAMED-SALEEM, M.A. 1990. Comparison of effects of some tillage methods on soil physical properties and yield of maize in a degraded ferruginous tropical soil. *Soil Tillage Research* 18: 63-72.
- AKRAM, M. AND KEMPER, W.D. 1979. Infiltration of soils as affected by the pressure and water content at the time of compaction. *Soil Science Society American Journal* 43: 1080-1086.
- BALBUENA, R.H.; TERMINIELLO, A.M. Y LABONIA, J.M. 1994. Evaluación de la prestación a campo de arcos flexibles y rígidos trabajando en posición frontal a diferentes velocidades de trabajo. Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola 1994. Universidad de Concepción, Chillán. Chile.
- DI PRINZIO, A.P.; MAGDALENA, J.C. Y AYALA, C.D. 1996a. Evaluación comparativa de tres técnicas de subsolado no convencional. *Agro-Ciencia* 12 (1): 37-42.
- DI PRINZIO, A.P.; AYALA, C.D. Y MAGDALENA, J.C. 1996b. Evaluación comparativa de dos técnicas de labranza vertical realizadas con cinceles rígidos y flexibles en suelos irrigados. *Agro-Ciencia* 12(1): 31-35.
- DI PRINZIO, A.P.; AYALA, C.D. Y MAGDALENA, J.C. 1997. Evaluación energética de distintas técnicas de subsolado y sus efectos sobre la densidad aparente del suelo. *Agro-Ciencia* 13 (1): 61-67.
- Reeder, R.C.; Wood, R.K. and Finck, C.L. 1993. Five subsoiler designs and their effects on soil properties and crop yields. *Transactions of the ASAE* 36(6): 1525-1531.
- SOANE, G.C.; GODWIN, R.J. AND SPOOR, G. 1986. Influence of deep loosening techniques and subsequent wheel traffic on soil structure. *Soil Tillage Research* 8: 231-237.
- USDA. 1994. Key to Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. 6th ed. USA.
- TAYLOR, J.H.; TROUSE, A.C.; BURT, E.C. AND BAILEY, A.C. 1982. Multipass behavior of a pneumatic tire in tilled soil. *Transaction of the ASAE* 25(5): 1229-1231, 1236.