

# EQUIPOS DE LABRANZA PARA EL MANEJO DE SUELOS

**Jorge Riquelme S.** <sup>(1)</sup>

*Dr. Ingeniero Agrónomo,*

**Jorge Carrasco J.** <sup>(2)</sup>

*Dr. Ingeniero Agrónomo,*

**Francisco Valenzuela A.** <sup>(2)</sup>

*Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.*

<sup>(1)</sup> INIA- Raihuén

<sup>(2)</sup> INIA- Rayentué

El propósito de este capítulo, es exponer de un modo práctico un conjunto de información centrada en el conocimiento del uso de equipos de labranza utilizados en la agricultura chilena, los cuales son los más utilizados en la producción frutícola de este país, para el manejo del suelo en huertos frutales. Se entrega particularmente, una descripción de uso de los equipos de aradura, arado de vertedera, arado de disco, arado cincel, arado subsolador, y arado rotativo; y equipos para el rastraje del suelo, como rastra de discos, y rastra vibrocultivador. Apoyados por la experiencia de los autores, se hace un análisis de cada uno de los equipos indicados, con sus ventajas y desventajas de uso, frente a distintas condiciones de suelo y de trabajo, y las formas de regulación, para un uso más eficiente en el campo.

En una primera parte, se definen algunos conceptos de importancia relacionados con el uso de los equipos en el campo, como labranza, y labores de preparación de suelos.

## 1. LABRANZA

La labranza consiste comúnmente en la inversión y mullimiento de la capa superficial del suelo (15 -30 cm) a través de araduras y rastros que, cuando se operan con una humedad adecuada, resultan en una disgregación y mullimiento del suelo mejorando las propiedades me-

cánicas para su posterior intervención (Acevedo y Silva, 2003). La labranza es una práctica que facilita labores agrícolas, entre las que destacan control de malezas, formación de cama de semillas que lleven a una buena germinación y establecimiento del cultivo, incorporación de fertilizantes y pesticidas al suelo, incorporación de materia orgánica y residuos del cultivo anterior (Acevedo y Silva, 2003).

## 1.1. Labranza convencional

Al hablar de labranza convencional, se piensa inmediatamente en la labranza tradicional y en su remoción con maquinaria o herramientas, como arados y rastras, en la cual se modifica principalmente la estructura del suelo. Este sistema no considera criterios de conservación, favoreciendo consistentemente con ello, la degradación, erosión, y compactación de los suelos (Faiguenbaum, 2003).

El arado, particularmente el de vertedera, ha sido durante muchos años la herramienta básica en la labranza convencional, y tiene como principal cualidad la de invertir el suelo, y cubrir los rastros de cultivos anteriores y malezas.

El arado ha estado ligado de manera inseparable a la preparación de la cama de siembra y al control de las malezas desde el principio de la historia de la agricultura. Sin embargo, desde el siglo pasado, el uso del arado, tanto el de discos como el de vertedera, han sido cuestionados por investigadores, técnicos y agricultores conservacionistas de suelo, por su incidencia en los procesos que favorecen la degradación y erosión del suelo (Phillips y Young, 1979).

Los productores que utilizan la labranza convencional incurren en altos costos, afectando sus rentabilidades, porque a través del tiempo y en la medida que disminuyen los niveles de materia orgánica, se deteriora la estructura, y se incrementa la compactación de suelos, tanto la dureza y el grosor del pie de arado. Así, se produce una degradación general del suelo, lo cual repercutirá gradual y significativamente en el rendimiento de los cultivos (Faiguenbaum, 2003).

De acuerdo a lo señalado anteriormente, el uso inadecuado de un arado, ya sea de vertedera y de discos, puede causar incalculables daños al suelo y no conseguir condiciones favorables para el desarrollo del cultivo. Esto hace necesario conocer los objetivos y problemas derivados de la preparación de suelos y los equipos involucrados en la labranza, de manera de hacer más eficiente las labores y afectar lo menos posible el suelo.

La labranza, ya sea la convencional como la conservacionista (labranza mínima), cumplen los siguientes objetivos:

1. Preparar una adecuada cama de siembra. Se trata de remover y romper los horizontes endurecidos del suelo en los primeros 35 cm, de profundidad, tratando de mejorar sus condiciones físicas, para obtener una mejor circulación del aire y agua, facilitando la emergencia y el desarrollo radical de los cultivos. A la vez, permite alcanzar una mejora en las oscilaciones térmicas en el suelo, tanto diarias como estacionales, por lo que el calentamiento diurno, como el enfriamiento nocturno son menores (Urbano, 1992).
2. Mullir el perfil superior del suelo. Los diferentes cultivos requieren de un adecuado mullimiento y profundidad de la cama de siembra, para su establecimiento y emergencia, cuya exigencia depende directamente del tamaño de la semilla a establecerse.
3. Controlar malezas. El control de las malezas es uno de los objetivos fundamentales de la labranza del suelo debido a la competencia que ejercen con el cultivo por agua, nutrientes y espacio (Ibáñez, 1985). Además del efecto alelopático que ejercen sobre los cultivos.
4. Manejar e incorporar los residuos superficiales de vegetales, rastrojos, fertilizantes, enmiendas orgánicas y calcáreas. La incorporación de rastrojos, enmiendas orgánicas, y fertilizantes, mejora el nivel de fertilidad del suelo, facilita las labores de siembra, y aumenta la capacidad de retención de agua.

5. Contribuir al control de plagas y enfermedades en las plantas. El tipo y oportunidad de las labores de labranza permiten, indirectamente, mantener un cierto control de los organismos que constituyen plagas y enfermedades, rompiendo su ciclo de desarrollo, evitando así afectar la rentabilidad de los cultivos.

Cada uno de estos objetivos de la labranza, es necesario para el establecimiento de un cultivo. Sin embargo, la labranza convencional por la inversión de suelos, tiene un gran impacto sobre su degradación, y puede originar procesos erosivos y compactación del mismo. En el caso de la labranza mínima, donde se utilizan arados de tipo cincel y subsoladores -por la forma actuar sobre el suelo, sin invertirlo y removerlo verticalmente, produciendo "resquebrajamiento" o "entallamiento de él-, no provoca compactación del mismo, y por el contrario la rompe en caso de existir.

En Chile habitualmente se abusa de la labranza convencional, realizándose muchas veces cinco, seis y más labores para preparar el suelo (Faiguenbaum, 2003). Si se hace un análisis global de como se preparan los suelos para los cultivos en Chile, se puede establecer que en la generalidad de los casos se efectúa un excesivo número de labores, lo que representa, además de los problemas de compactación y erosión del suelo, un mayor costo de producción del cultivo.

Desde un punto de vista agrícola, un suelo está compactado cuando se rompe el equilibrio entre las unidades estructurales, estabilidad de las mismas y porosidad, lo que origina una condición de densidad aparente mayor, lo que implica un volumen total de poros, en relación al volumen total del suelo, no adecuado para asegurar el buen desarrollo del cultivo (Carrasco *et al.*, 2008 a).

Sin embargo, existen autores que consideran aspectos positivos de la labranza convencional, y sostiene que alguno de los fracasos se debería a las distintas condiciones de suelo y clima de aquellas en las que fueron desarrolladas, además de aspectos de mala regulación de los equipos, no debiendo interpretarse como motivo de descalificación.

La preparación de suelos con arado de vertedera o de discos, inicialmente consigue una condición de porosidad artificial aparentemente buena del suelo, la cual desaparece rápidamente por el reacondicionamiento y reagrupación de las partículas a causa de la lluvia, el riego y el tráfico de la maquinaria.

Un trabajo realizado por INIA Rayentué<sup>1</sup>, en un terreno de textura franco arcillo arenosa, para replante de frutales de la comuna de Requínoa, en la Región de O'Higgins, demostró que la macroporosidad de un suelo, anteriormente plantado con duraznero, un mes después de realizada la labor, se reduce de un 5,8 % a un 2,1 % en los primeros 20 cm de profundidad, después de haber sido trabajado, previo a un replante, con un arado de vertedera y rastra de discos.

La búsqueda de la aireación del suelo, debería definir el grado de mullimiento de la preparación del mismo. Si aumentamos el volumen de poros con la aradura, se mejoran las condiciones de movimiento de aire en el suelo, originando un descenso en el contenido de anhídrido carbónico. Esto último se consigue con la labranza vertical, que incluye el uso del arado cincel y arado subsolador.

La importancia de la labranza o sistema de preparación de suelos, está dada por una serie factores, que incluye la maquinaria disponible, tipo de suelo, humedad, tipo y estado de desarrollo de malezas, cultivo a establecer, entre otros. Uno de los objetivos de la labranza es mullir el perfil del suelo, y en esa labor se debe considerar la preparación de una cama de siembra, para el adecuado establecimiento de los cultivos.

## 1.2. Efecto de la labranza en las propiedades físicas del suelo

### 1.2.1. La compactación de suelos

Anteriormente, se ha señalado que la labranza produce cambios en las propiedades físicas del suelo. Si las labores se realizan con un grado de

---

<sup>1</sup> Trabajo realizado por los profesionales del Centro de Frutales de Carozo (en proceso de publicación).

humedad de suelo y equipos inadecuados, los cambios pueden ser negativos para el suelo o para el cultivo. Entre los cambios negativos que pueden aparecer en el suelo, está la compactación, producto del paso sistemático del tractor y los equipos de laboreo, los cuales producen la formación de un “pie de arado” a una cierta profundidad en el perfil del suelo, que impide el desarrollo de las raíces en profundidad.

Una de las principales causas del pie de arado de los suelos, es la rueda de los tractores agrícolas, que ejerce altas presiones (concentradas superficialmente) sobre el suelo y que se transmiten a través del perfil en profundidad, causando la compactación en el subsuelo (Carrasco *et al.*, 2008 b). Con frecuencia se forman sellos de capas endurecidas a escasa profundidad, que constituyen barreras físicas para el intercambio gaseoso y la penetración del agua, las raíces o la emergencia de las plántulas (Montenegro y Malagón, 1990).

En la labor de aradura con disco o vertedera, para soportar las fuerzas laterales que ejerce el arado de vertedera y el de discos, se trabaja con una de las ruedas delanteras y una de las ruedas traseras del tractor, ubicadas en el interior del último surco de inversión que va dejando la labor. Si la profundidad de la labor de aradura es de 30 cm, por ejemplo, las ruedas indicadas se desplazarán a esa profundidad en el último surco de aradura, por lo cual en esa profundidad se va generando un efecto de compactación por el tránsito de ellas, que se suma al efecto compactador del arado al cortar un prisma de suelo a esa profundidad (**Foto 1**).



**Foto 1.**  
Ruedas del tractor, en una labor de aradura con vertedera, ubicadas en el surco de aradura compactando el suelo.

Existe un tipo de compactación distinta al “pie de arado”, que se origina por el tránsito de los neumáticos de la maquinaria agrícola sobre la superficie del terreno. Los efectos de este tipo de compactación, aumentan con el tráfico excesivo de equipos sobre el terreno, y más aún, si éste se encuentra suelto al momento de iniciar las labores. Este tipo de compactación no persiste en los primeros 30 a 35 cm de profundidad, porque se va rompiendo año a año, por las labores de aradura y rastraje que van invirtiendo el terreno (Carrasco *et al.*, 2008).

Al emplear un tractor pesado en labores de preparación de suelos, cada pasada deja dos huellas en franjas de, aproximadamente, medio metro cada una. Con las labores posteriores, a partir de la cuarta pasada, se supone que el terreno queda totalmente cubierto de huellas, y por lo tanto con mayor compactación. Esto significa que “la compactación del perfil del suelo resulta también de gran importancia, siendo necesaria considerar que la fuerza ejercida por los tractores y los equipos de labranza, se proyecta en profundidad” (Faiguenbaum, 2003).

### 1.3. Labranza y el contenido de humedad del suelo

Un suelo apto para el cultivo debe reunir, entre otras características “una capacidad de almacenamiento de agua para proporcionar la suficiente humedad a los cultivos durante su desarrollo. Esto resulta más importante en aquellas Regiones donde las lluvias son insuficientes, o se encuentran mal distribuidas” (Fontaine, 1987).

La humedad es uno de los factores más importantes en las labores de preparación de suelo, ya sea en su etapa inicial de aradura, como en el afinamiento de la cama de siembra. La humedad le confiere características de plasticidad al suelo, que lo hace adherirse a los implementos de labranza dificultando su acción.

En suelos muy húmedos se afecta la tracción, al aumentar el patinaje y crecen los requerimientos de potencia. Además, “labores hechas en suelos con excesiva humedad, suelen resultar, asimismo, desfavorables, pues las partículas disgregadas con la labor tienden a amasarse y cementarse cuando el suelo va secándose” (Urbano, 1992).

La consistencia friable representa la condición óptima de humedad para realizar la labranza del suelo, indicada por algunos autores como “estado de tempero” (Urbano, 1992). En la práctica, la condición friable se reconoce al tomar suelo en la mano y conseguir que este se disgregue fácilmente al ser presionado, sin dejar restos adheridos en ellas, es decir alcanzar una estructura granular. Un suelo muy húmedo se adhiere a la mano, incluso se puede moldear, en el caso opuesto se forman terrones que cuesta disgregarlos (**Foto 2**).



**Foto 2.** Forma práctica de establecer el contenido de humedad “friable”, adecuada para labores de aradura con vertedera y discos, y de rastraje.

Un suelo con la humedad cercana a la capacidad de campo es mucho más susceptible a la compactación, a un determinado nivel de presión de los equipos de labranza, que uno con un contenido de humedad bajo. Operaciones tales como el subsolado y nivelación de suelos deben realizarse en temporadas de verano o comienzos de otoño, cuando el contenido de humedad es bajo. Sólo así se logrará una mayor eficiencia con el uso de estos equipos.

## 2. LABORES Y EQUIPOS PARA LA PREPARACIÓN DE SUELOS

Las labores de preparación de suelos se dividen, en labranza primaria y labranza secundaria. La primaria corresponde a la aradura, y su objetivo básico es remover y soltar el suelo a profundidades mayores a 15



cm., para facilitar la siembra, establecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas, la circulación de agua y el movimiento de oxígeno y anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) (Ibáñez, 1985). Los implementos utilizados “producen movimientos agresivos al suelo, provocando disgregaciones del prisma de suelo, para posteriormente, formar una cama de semillas. Comúnmente se utilizan arados de vertedera, de discos, de cincel, subsoladores, y rastras del tipo offset (Fontaine, 1987).

La labranza secundaria tiene por función, controlar malezas, incorporar residuos vegetales y fertilizantes, y romper el sellamiento superficial del suelo (Ibáñez, 1985). Los implementos utilizados, producen mullimiento y emparejamiento del suelo, además, incorporan fertilizantes y enmiendas orgánicas al terreno, y controlan malezas.

## 2.1. Labranza primaria

La labranza primaria, puede realizarse de tres formas. a) invirtiendo la superficie trabajada; b), moviendo capas de suelo sin alterar el perfil; c), mezclando el perfil del suelo.

Los equipos utilizados con este propósito son los arados, los que de acuerdo a su diseño sueltan el suelo invirtiéndolo, no alterando su perfil, o bien cortando el suelo y/o mezclándolo.

**a) Araduras de inversión.** Son aquellas donde se invierte el perfil del suelo, siendo los arados de disco y vertedera, los implementos de labranza más usados. Los dos equipos se diferencian en su diseño, por lo que, no obstante de cumplir con lo anterior, la calidad de la labor difiere fundamentalmente en calidad de inversión, mullimiento y nivelación posterior del suelo.

**b) Araduras que no alteran el perfil del suelo.** Los arados cinceles y subsoladores, constituyen una alternativa a los arados de vertedera y disco. A diferencia de estos, producen grietas en el suelo, dejando la cubierta vegetal en la superficie. Ambos equipos se diferencian, en la profundidad de trabajo y en el número de unidades de rotura. Este tipo de trabajo requiere suelos relativamente secos, para que se produzcan grietas y un efecto “requiebrajador” deseado.

- c) **Araduras que cortan y mezclan el perfil del suelo.** Los arados rotativos, son las herramientas que cortan y mezclan el perfil del suelo. Constan de un rotor provisto de cuchillas, accionado por la toma de fuerza del tractor, de manera que en una sola pasada por un terreno rompe y mezcla el suelo, dejándolo en condiciones adecuadas para la siembra.

En el grupo de los implementos destinados a la labranza primaria, se consideran todos aquellos que cumplen las funciones indicadas y que normalmente inician la rotura del suelo: arados de vertederas, de disco, cincel, subsolador y rotativo. Este último, no obstante el trabajar a profundidades de menos de 15 cm, se incluyen debido al tipo de labor que realiza, la cual es similar a los otros mencionados.

De todo lo señalado anteriormente, la labranza del suelo en los cultivos, es una labor indispensable para la obtención de adecuados rendimientos. Sin embargo, para ello, se deben considerar variadas alternativas de equipos, que deben ser analizados cuidadosamente, ya que cada una de ellos presenta ventajas y desventajas, las cuales se describen a continuación:

### 2.1.1. Equipos para la aradura de inversión

Los equipos utilizados en la labranza de suelos para cultivos, se pueden clasificar de varias formas. Entre ellas se citan ordenamientos de acuerdo a la labor que realizan sobre el suelo (inversión-remoción-mezcla), al tipo de tracción (animal-mecanizada) y a la forma de enganche (integral, de arrastre, y semi integral) (Ibáñez, 1985). Los arados integrales trabajan acoplado al tractor mediante el sistema de levante hidráulico, formando un solo cuerpo con él. Los de arrastre, poseen un chasis montado sobre ruedas de transporte. Los arados semi integrales son una combinación de los dos anteriores (Ibáñez, 1985). También se puede utilizar como norma de clasificación, la profundidad de trabajo a la que operan los diversos equipos, diferenciando entre implementos de laboreo primario y laboreo secundario, que se detallará a continuación.

### 2.1.1.1. Arado de Vertederas

El arado de vertederas (**Foto 3**), es un implemento de labranza primaria que invierte el perfil del suelo al separar una capa de terreno del subsuelo adyacente, pulverizarlo, elevarlo y darlo vuelta (Carrasco, 1998a). Hoy en día, el arado de vertederas reversible, es el implemento más usado en Chile. Su uso se extiende desde la producción hortícola, de cultivos tradicionales, hasta la preparación de suelos para el establecimiento de huertos frutales y viñedos.



**Foto 3.** Arado de vertedoras reversible, implemento de uso masivo en el mundo.

#### 2.1.1.1.1. Descripción y funcionamiento

Los elementos del arado son una reja para hacer el corte horizontal a través del suelo, una cuchilla para hacer el corte vertical, la vertedera para voltear el prisma de terreno, y el patín que retiene a la tierra lateral cuando se da la vuelta el prisma (Ibáñez y Hetz, 1980). La unidad de trabajo del arado de vertedera, lo constituye el cuerpo del arado cuya misión es la de cortar, pulverizar, elevar y voltear un prisma de tierra. La fragmentación se lleva a cabo casi en su totalidad en la zona de la reja, de manera que la incidencia de la vertedera se reduce al volteo y a la formación de tierra fina por fricción de los terrones con la superficie interna de dicha pieza (Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1989).

El arado de vertedera, profundiza por la acción que se origina en la punta de la reja, la cual posee una curvatura hacia abajo y hacia el

terreno no arado, lo cual produce una tendencia a profundizar y a la vez adherirse a la pared del surco de aradura, que se define como succión vertical y succión horizontal (Ibáñez y Hetz, 1980).

**Las ventajas más destacables de este arado, son las siguientes:**

- Presenta una gran regularidad en la profundidad de trabajo y logra un buen control sobre la inversión del prisma del suelo, manteniendo con ello el microrelieve del terreno.
- Consigue un perfecto mullimiento del suelo.
- Realiza una buena inversión, lo que permite una buena descomposición de los residuos vegetales (Ibáñez, 1985; Carrasco, 1998 b).

**Limitantes:**

- No trabaja bien, si el suelo tiene una humedad por debajo o por sobre la del estado friable (Ibáñez y Hetz, 1980). Lo dicho está muy asociado con la textura, es decir con el porcentaje de arena, limo y arcilla del suelo.

En la medida que la textura se hace más arcillosa, es fundamental trabajar el suelo bajo el estado friable, porque a mayores contenidos de humedad, el suelo tiende a adherirse a la vertedera del arado y hace ineficiente la labor de inversión, además de aumentar los riesgos de producir problemas de compactación subsuperficial en el terreno (“pie de arado”). Cuando el suelo está muy seco, se producen terrones muy grandes, dada su elevada cohesión. También se dificulta notablemente la penetración del arado, aumentando el desgaste de la reja por roce. Sin embargo, existen diferentes diseños de vertedera, que se pueden captar a distintas condiciones de trabajo y humedad de suelo.

El grado de mullimiento del suelo, está muy relacionado con su contenido de humedad y textura. Por lo tanto, es mucho más importante la oportunidad en que se realizan las labores, que el número de las mismas. Un productor agrícola no debe olvidar que un excesivo número de labores, producto de una mala programación de ellas, va afectar seriamente la estructura del suelo y sus propiedades físicas, principalmente por el “tránsito” del tractor y el implemento de labranza. Hoy en día, la gran de-

manda de trabajo en la agricultura ha obligado a diseñar tractores poderosos, con un considerable aumento de peso para transmitir a las ruedas toda su potencia. Como consecuencia, éstas van causando un grave deterioro, al ejercer mayor presión sobre una superficie de suelo.

- Requiere suelos sin presencia de piedras, raíces de árboles, troncos o cualquier tipo de obstáculo, porque dañarían la vertedera, llegando en algunos casos a romperla.
- El suelo debe ser compacto para permitir un buen corte e inversión. Este arado no funciona bien en suelos arenosos, ya que la vertedera sólo se limita a desplazar el suelo sin invertirlo. Además se produce un excesivo desgaste del elemento de corte (reja de arado).
- La cubierta vegetal del terreno no debe ser muy alta ni enmarañada, para conseguir una buena incorporación. Es fundamental evitar el material suelto en la superficie que no esté previamente picado por una rastra de disco, porque se producen problemas de “atollamiento” del arado (Ibáñez y Hetz, 1980).
- Su labor de inversión del terreno, puede afectar negativamente la estructura del suelo, sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Al dejar la superficie del suelo descubierta, favoreciendo los procesos erosivos (Carrasco y García Huidobro, 1998).
- Es necesario que el tractorista esté capacitado en el uso del tractor y arado, para ejecutar la labor de aradura. En general, los problemas del uso del arado de vertederas se deben a la ineficiencia del operador (Carrasco y García Huidobro, 1998).

#### 2.1.1.1.2. Regulaciones del arado

Las regulaciones del arado permiten dejar el implemento en condiciones óptimas de funcionamiento en el terreno.

**a. Nivelación longitudinal.** Tiene por objeto mantener el paralelismo entre el plano formado por los fondos de las unidades de rotura y la superficie del terreno.

En los arados integrales, la nivelación se realiza variando la longitud del brazo superior del sistema de tres puntos del tractor (Ortiz-Cañavate y Hernánz, 1989).

Los arados integrales, son aquellos que trabajan acoplados al tractor mediante los brazos del sistema de levante hidráulico, formando un solo cuerpo con él. Este tipo de unión permite una gran maniobrabilidad, al mismo tiempo que a través del tercer punto, transmite hacia las ruedas traseras del tractor la fuerza de resistencia que el terreno opone al arado, aumentando su tracción (Ibáñez, 1985; Ortiz-Cañavate y Hernánz, 1989).

Si el implemento es semi integral, la regulación se consigue por intermedio del ajuste del brazo superior del sistema de levante hidráulico, de la rueda timón y de la rueda reguladora de profundidad.

En los arados de arrastre, la nivelación longitudinal se obtiene modificando la posición de la rueda timón en sentido vertical (Ibáñez, 1985).

**b. Nivelación transversal.** Al igual que la anterior, permite mantener el paralelismo entre el plano formado por los fondos de las unidades de rotura y la superficie del terreno. Tanto en los arados integrales como semi integrales, esta regulación se consigue por medio del brazo lateral derecho del sistema de levante hidráulico, el que se puede subir o bajar, modificando su longitud de soporte. En los arados de arrastre se efectúa variando la posición vertical de la rueda delantera que va apoyada en el fondo del surco.

**c. Profundidad de trabajo.** El aumentar o disminuir la penetración de las unidades de rotura, sin alterar la nivelación de las mismas, se hace a través de la regulación de la profundidad de trabajo. En los arados integrales, la profundidad se regula generalmente por medio del sistema hidráulico. El operador del tractor levanta o baja el implemento accionando la palanca del hidráulico, que puede fijarse en cualquier posición (Ibáñez y Hetz, 1980). En los arados semi integrales, la profundidad se consigue a través del sistema de levante hidráulico del tractor y una rueda de profundidad que va apoyada sobre el terreno no arado. En los arados de arrastre se logra mediante las ruedas de trans-

porte, ya sea en forma mecánica o empleando un cilindro hidráulico de control remoto accionando desde el tractor.

### 2.1.1.2. Arado de discos

El arado de discos (**Foto 4**), ha sido en décadas pasadas, el implemento de labranza primaria de mayor utilización en la zona sur de Chile, para realizar la rotura inicial del suelo. Sin embargo, hoy en día su uso es cada vez menor, siendo reemplazado por el arado de vertederas reversible, y si se trata de una labranza conservacionista, por el arado cincel. Su trabajo es similar al de los arados de vertedera: corta, invierte y mulle el terreno a profundidades superiores a 20 cm (Ibáñez y Hetz, 1980; Carrasco, 1998b).



**Foto 4.** Arado de discos, equipo actualmente poco difundido en la zona central de Chile ante la aparición del arado de vertederas reversible.

Están formados por una serie de discos soportados por una armazón o “chasis”, que giran sobre un eje que pasa por su polo o centro. Generalmente, tienen de dos a cinco discos, que cortan de 18 a 30 cm de ancho cada uno. Los discos tienen diámetros y radios de curvatura de dimensiones diversas, adaptadas a las distintas labores y suelos (Ibáñez, 1985).

#### Ventajas:

- A diferencia del arado de vertedera, en terreno con presencia de obstáculos ocultos, como troncos o piedras de gran volumen, posee la habilidad de rodar sobre ellos sin sufrir daños o roturas, que significan pérdidas de tiempo y dinero.

- En suelos arcillosos y húmedos, realiza una aceptable labor de aradura, en la medida en que los discos y raspadores se encuentran limpios y regulados.
- Efectúa un adecuado trabajo en superficies con exceso de cubierta vegetal. Se debe aumentar el ángulo de inclinación vertical del disco y la velocidad de trabajo, para lograr una mejor inversión del suelo e incorporación de la cubierta vegetal (Ibáñez, 1985). Esto es importante, porque un menor ángulo de inclinación favorecería una mayor intensidad de corte de malezas de reproducción vegetativa y escasa inversión, lo que favorecería la multiplicación de ellas (Carrasco, 1998b).
- Se adapta bien a terrenos sueltos, como suelos arenosos o previamente arados o rastreados, y se comporta mejor que un arado de vertedera bajo esas condiciones.
- Con algunas limitantes, invierte de manera adecuada suelos secos o húmedos en exceso, donde la labor con un arado de vertedera se haría ineficiente.
- Los discos, por su gran área de corte, presentan desgastes en cada unidad, significando con ello un menor costo del tratamiento o cambio individual de los que presenten problemas de filo.
- En la labor de aradura, los discos al ir girando, tienen menos requerimientos de tracción por ancho de corte que otros arados, fundamentalmente porque se ha reducido el roce entre el disco y el suelo cortado (Ibáñez, 1985).

#### **Limitantes:**

- Su empleo por operadores inexpertos tiende a agravar la desnivelación del suelo, situación indeseable en terrenos bajo riego, porque significaría además un mayor número de rastrajes para corregir la labor de aradura.



- Desde el punto de vista del cubrimiento y control de las malezas, el grado de inversión del suelo es sólo un 60 por ciento del obtenido con el arado de vertederas.
- Su peso, que influye en la profundidad de aradura, limita su empleo como equipo integral a cuatro o cinco unidades de rotura. Al ser levantado a la posición de transportes, el mayor peso reduce la estabilidad del tractor y daña el sistema hidráulico del mismo.
- En la labor de aradura entra por peso en el suelo, por lo cual ejerce un mayor efecto, que otros arados sobre la compactación subsuperficial del mismo.
- Favorece la propagación de malezas de reproducción vegetativa, como chéptica (*Cynodon dactylon*), maicillo (*Sorghum halepense*), chufa (*Cyperus esculentus*), y zarzamoras (*Rubus fruticosus* L.) (Ormeño y Carrasco, 1999).

#### 2.1.1.2.1. Funcionamiento del arado

En Chile, fundamentalmente, se utiliza el arado de disco integral, acoplado por el enganche de tres puntos al tractor y sostenido por éste durante el transporte.

El implemento corta el suelo y los rastros, invirtiéndolos y mezclándolos. El arado de discos, a diferencia del de vertedera, no penetra por succión alguna. Para conseguir la profundidad de suelo deseada, se requiere un ajuste del ángulo de “ataque” del disco y un abundante peso del armazón o estructura del arado (generalmente de 150 a 500 kg por disco). Los discos deben operarse a una velocidad uniforme y bastante lenta para conseguir la mejor acción y ancho del corte. Altas velocidades de trabajo provocan una tendencia a arrojar tierra en forma irregular y a reducir la profundidad.

#### 2.1.1.2.2. Regulaciones de los arados de discos

Tanto la regulación de nivelación longitudinal como transversal, tienen por objeto mantener el paralelismo entre el plano formado por los fondos de la unidad de rotura y la superficie del terreno.

- a. **Nivelacion longitudinal.** Se consigue modificando la posición de la rueda timón en sentido vertical. En los arados integrales que utilizan el sistema de acople convencional de tres puntos, la nivelación se realiza variando la longitud del brazo superior.
- b. **Nivelacion transversal.** En los arados integrales, se logra por medio de brazo lateral derecho del sistema de levante hidráulico, que se sube o baja, modificando la longitud de su soporte.
- c. **Nivelación de las ruedas de surco.** Necesario para estabilizar el arado en su parte trasera (Fontaine, 1987).
- d. **Profundidad de trabajo.** Como se señaló, la penetración en el suelo cambia de acuerdo con el peso del arado y el ataque de los discos. Por ello, la regulación de profundidad permite disminuir o aumentar las unidades de rotura (o discos) en el suelo sin alterar la nivelación de las mismas. En los arados integrales, se efectúa por medio del sistema hidráulico, cuya palanca el operador acciona y fija en cualquier posición para bajar o levantar el implemento.

Para un funcionamiento óptimo, el arado debe ser remolcado en línea completamente recta (Ibáñez y Hetz, 1980). Todos los discos deben funcionar a la misma profundidad de trabajo, y todas las secciones de los surcos de corte deben tener el mismo ancho de corte. El ancho de corte del primer disco o disco delantero, se determina por el ajuste de la distancia entre los puntos medios de los neumáticos de las ruedas delanteras del tractor (trocha) (Carrasco, 1998b).

## 2.1.2. Equipos que no alteran el perfil del suelo

### 2.1.2.1. Arado cincel

El arado cincel (**Foto 5**), es un equipo de masivo empleo en la agricultura nacional, que ha venido a satisfacer la necesidad de romper y remover el suelo, sin invertirlo, a profundidades entre 20 a 35 cm (Carrasco *et al.*, 1993).

**Foto 5.**  
Arado cincel,  
considerado un  
implemento  
conservacionista  
de suelos.



Este equipo tiende a romper las capas impermeables que limitan el adecuado suministro de oxígeno a los cultivos, situación que se presenta en los suelos compactados. Posee herramientas de labranza, que son vástagos, arcos de acero, o cincelos, montadas sobre brazos flexibles, los cuales fragmentan el suelo, sin inversión de capas (Riquelme y Carrasco, 1991; Carrasco *et al.*, 1993). Esto incluye a una posible capa compactada, que comúnmente se conoce como “pie de arado”

El perfil de suelo trabajado por un arado cincel, además de disponer de un espacio poroso suficiente como para almacenar agua de lluvia de cualquier intensidad, no presenta la discontinuidad estructural que supone la formación de una suela de labor, o “pie de arado”, dejada por los arados de vertedera y disco (Guerrero, 1984).

El arado cincel, suelta el suelo sin invertirlo ni mezclarlo, a profundidades menores a los 30 cm, incrementando con ello la porosidad en el subsuelo, sus condiciones estructurales y la capacidad de retención de humedad. En la actividad agrícola, cuando el suelo se compacta, a una profundidad no mayor a los 30 cm de profundidad, debido al tráfico de la maquinaria, conviene efectuar una labor de “estallamiento” con un arado cincel, o sea romper, quebrar y abrir el suelo, aumentando con esto su porosidad. En el caso del establecimiento de un cultivo, es fundamental cincelar el terreno para prevenir futuros problemas originados por la existencia de una capa compactada presente en el suelo (Riquelme y Carrasco, 1991).

### **Ventajas:**

- Ahorro de energía. La tracción requerida por unidad de ancho, trabajando a una misma profundidad, puede ser prácticamente la mitad de la requerida por un arado de vertedera.
- Mejora la penetración del agua, conservando la humedad, además activa la circulación de los gases en el perfil, permitiendo una óptima ventilación del suelo.
- Elimina el estrato compactado, o "pie de arado", provocado por el paso sucesivo del arado de vertedera o de disco a una misma profundidad, cuando el suelo tiene un contenido de humedad inapropiado.
- Deja residuos vegetales sobre la superficie, como rastrojos y restos de malezas, lo que aminora notablemente el efecto de la erosión. Investigaciones realizadas en el exterior y en el país, demuestran que la labranza de otoño efectuada con arados de vertedera o disco, dejan el suelo desnudo y por lo tanto susceptible a la erosión provocada por el viento y la lluvia.
- Evita la mayor proliferación de malezas. Un suelo trabajado sucesivamente con arado cincel se aprecia más limpio, ya que como este implemento no invierte el suelo, no coloca semillas de malezas en condiciones de germinar. Caso contrario ocurre con los arados de disco y vertedera, los que al invertir el suelo ponen en la superficie gran cantidad de semillas de malezas.
- Produce menos problemas de erosión (Guerrero, 1984). Al no invertir el suelo en su labor de aradura y provocar resquebrajamiento de este, facilita la infiltración de un mayor volumen de agua en el perfil de suelo. Por lo tanto, al ser menor el agua de escorrentía, los problemas de erosión son menores.

#### **2.1.2.1.1. Descripción del arado cincel**

En el país el arado cincel que más se utiliza, es el de tipo integral con vástagos curvos, que es el que a continuación se describe.

La estructura básica del arado cincel es el marco portador o chasis, en el cual, de acuerdo a sus dimensiones, se pueden montar de 5 a 9

cinceles o vástagos con mordazas independientes al chasis, lo que permite su modificación de acuerdo al tipo de trabajo y capacidad de potencia del tractor.

El arado cincel más utilizado en Chile, es el de tipo integral, donde el arado se acopla al sistema de levante hidráulico de tres puntos del tractor. Posee una torre de enganche sobre el chasis y trabaja totalmente suspendido sobre el tractor, utilizando las ruedas laterales sólo como un regulador de profundidad (Ibáñez y Hetz, 1996).

Los arados cinceles de vástagos curvos (**Foto 6**) han sido diseñados, para proporcionar una óptima fractura de suelo con una mínima tracción (Riquelme y Carrasco, 1991). El sistema de doble resorte de estos arados, protege los cinceles cuando la punta de estos choca contra obstrucciones en el suelo, como piedras o raíces ocultas de árboles, condición muy común en los suelos de nuestro país. Además el efecto amortiguador de este tipo de resortes, produce una acción vibratoria en suelos firmes y secos, lo que ayuda a fragmentar y romper su estructura.

#### 2.1.2.1.2. Normas de operación en el campo

El trabajo de aradura con cincel debe iniciarse en un costado del campo, realizando pasadas adyacentes a la anterior y así sucesivamente, hasta finalizar el potrero. Al llegar a las cabeceras el arado, debe levantarse desde el suelo para girar, lo que facilita el trabajo y protege a los vástagos y al marco portador, de las fuertes presiones laterales.

Si se trata de arar un suelo con residuos abundantes, antes de la labor con cincel es conveniente utilizar una rastra de discos o un arado rota-



**Foto 6.**  
Arado cincel de enganche integral.

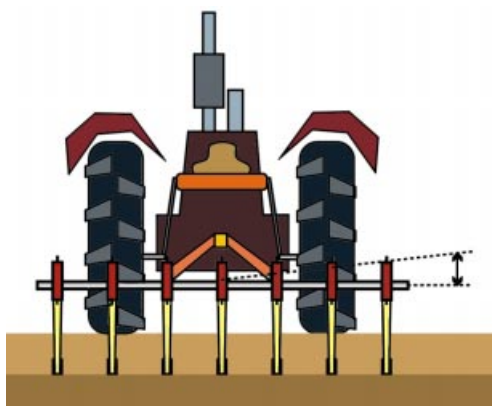
tivo, para picarlos y reducir su volumen, facilitando con ello la labor posterior del arado (Riquelme y Carrasco, 1991).

Cuando el suelo está muy compactado, especialmente en suelos arcillosos, conviene pasarlo dos veces el arado cincel, la primera pasada a una profundidad superficial y la segunda en forma diagonal a la primera, rompiendo a la profundidad que se desea. De esta manera, se suprimen los camellones que quedan en la primera pasada, y al mismo tiempo se evita que las puntas sigan las mismas ranuras del suelo producidas anteriormente (Riquelme y Carrasco, 1991).

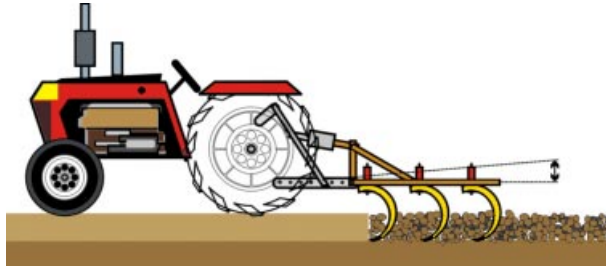
La velocidad de trabajo puede ser de 5 a 9 km/hr. Si el objetivo es sólo obtener un barbecho con el suelo desmenuzado y cubierto de camellones, para reducir la erosión provocada por el viento, conviene trabajar con el arado a las velocidades más altas. Si la intención es dejar un suelo en condiciones de sembrar, se debe trabajar a una velocidad más lenta (5 a 6 km/hr).

### 2.1.2.1.3. Regulaciones del arado cincel.

**a. Nivelación del arado.** El plano formado por todos los cinceles del arado en posición de trabajo (a la profundidad deseada), debe mantenerse paralela a la superficie del suelo. Sólo de esta manera, se logra que la profundidad de aradura sea uniforme en todo el terreno. Para tal efecto, en los arados integrales, se debe nivelar el chasis transversalmente (**Figura 1**) articulando uno de los brazos laterales del sistema hidráulico del tractor y longitudinalmente (**Figura 2**), modificando el largo del brazo superior del mismo sistema (Ibáñez y Hetz, 1996; Riquelme y Carrasco, 1991).



**Figura 1.** Nivelación transversal de un arado cincel integral.



**Figura 2.** Nivelación longitudinal de un arado cincel integral.

**b. Profundidad de trabajo.** Esta regulación se consigue mediante el sistema hidráulico del tractor, que sube y baja todo el conjunto. El modelo de tipo integral, cuenta con ruedas que limitan la penetración del arado, fijando la profundidad de trabajo en la diferencia de posición entre el plano formado por los cincelos y el punto de apoyo de la rueda (Ibáñez, 1985; Riquelme y Carrasco, 1991; y Ibáñez y Hetz, 1996).

La profundidad de labor va a estar dada, por el tipo del suelo y por la humedad que el mismo posea en el momento de realizarse la aradura. Si se trata de un suelo poco desarrollado, es decir con una capa arable de unos pocos centímetros, no tiene mucho sentido profundizar la aradura (Riquelme y Carrasco, 1991).

Para suelos francos la profundidad óptima con poca humedad de suelo, es de 15 a 20 cm. El arado cincel hace muy buen trabajo a esa profundidad, siempre que la humedad del suelo sea escasa. A medida que aumenta el porcentaje de humedad, para obtener el mismo resultado, es necesario aumentar la profundidad de aradura, no sobrepasando en ningún caso los 25 a 30 cm.

La profundidad de 25 cm se puede utilizar para realizar una labor subsuperficial, en especial para eliminar el “pie de arado” causante, en muchos casos, del crecimiento y desarrollo irregular de varios cultivos (Riquelme y Carrasco, 1991). A 30 cm de profundidad, es muy difícil llegar con una primera pasada de cincel, debido al mayor requerimiento de potencia que se produce. Además, la velocidad debe ser sacrificada, a objeto de lograr la marcha que sea capaz de mover el arado a esa profundidad.

En estos casos, resulta mucho más recomendable invertir el método de preparación de suelo, es decir, primero se cultiva la zona superficial con rastra de discos para procesar residuos y mullir el suelo, acción que suelta los primeros 10 cm. Luego se procede con el arado cincel, que penetra con facilidad hasta los 30 cm deseados, debido a que la zona rastreada no le ofrece una resistencia adicional (Riquelme y Carrasco, 1991).

### **2.1.2.2. Arado Subsolador**

Es una herramienta que realiza la labor de remover y soltar el suelo a profundidades mayores a 30 centímetros, por lo que en el caso de problemas de compactación a esas profundidades y que no puedan ser solucionadas con el arado cincel, es la mejor alternativa.

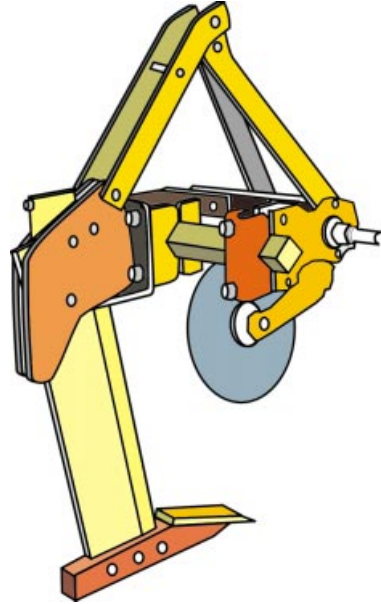
El subsolador se diferenciará según el número de escarificadores, o la profundidad de trabajo que define el tamaño del implemento. Consta de un marco portaherramientas o chasis, de construcción robusta, donde va montado uno a tres brazos de fierro, separados entre sí a distancias generalmente mayores a 50 centímetros y capaces de penetrar a profundidades mayores a 30 centímetros, por lo cual requiere de tractores de elevada potencia para un funcionamiento eficiente.



**Foto 7.** Tractor y arado subsolador de un brazo, en una labor de rotura del suelo para replante de frutales.



El arado subsolador tradicional (Figura 3) está compuesto de un brazo rígido de perfil rectangular recto, con un largo que puede ir de los 80 a 100 centímetros, en cuyo extremo inferior se une, a través de pernos, a la bota o pie que produce el trabajo de quebrar el suelo endurecido de las capas inferiores, produciendo grietas que se distribuyen lateral y verticalmente alcanzando hasta la superficie. La cara anterior del brazo presenta filo de cuchilla, para reducir la resistencia que ofrece el suelo al avance del arado.



**Figura 3.** Arado subsolador tradicional, compuesto de un brazo de rotura montado en el “chasis” del equipo.

El subsolado, puede tener requerimientos muy altos de potencia del tractor, especialmente si se trata de suelos muy compactados o que la labor deba hacerse a gran profundidad. Estos requerimientos, se traducen en la necesidad de emplear

un tractor, con una potencia superior a los 80 hp al motor, si se trata de equipos con un brazo de rotura (Figura 3), pudiendo superar los 100 si trata de equipos con más de un subsolador o brazo de rotura.

### 2.1.2.2.1. Regulación del arado subsolador

**a. Nivelación del Arado.** Para conseguir un apropiado funcionamiento del arado subsolador o descompactador, este debe estar correctamente nivelado. Uno de los aspectos de mayor importancia para un buen funcionamiento del arado subsolador, es la posición de la unidad de rotura con respecto al nivel del suelo. Existen dos tipos de nivelación, una **transversal** y una **longitudinal**.

- En el sentido **transversal**, el chasis o estructura porta herramienta debe mantener un plano paralelo con el terreno. En los arados acoplados a

los tres puntos del tractor (integrales), esa nivelación se consigue accionando una manivela que modifica la posición del brazo lateral derecho del tractor. Esta nivelación transversal permite que las unidades de rotura penetren verticalmente en el suelo. La nivelación transversal se comprueba en la práctica, caminando detrás del tractor y subsolador trabajando, observando que el chasis esté absolutamente paralelo al suelo, no inclinado hacia la derecha, ni hacia la izquierda.

- En el sentido transversal, el chasis o estructura porta herramienta, debe mantener un plano paralelo con el terreno. En los arados acoplados a los tres puntos del tractor (integrales), esa nivelación se consigue accionando una manivela que modifica la posición del brazo lateral derecho del tractor. Esta nivelación transversal, permite que las unidades de rotura penetren verticalmente en el suelo. La nivelación transversal se comprueba, en la práctica, caminando detrás del tractor y subsolador mientras se encuentran ambos en funcionamiento, pero siempre atento a que el chasis esté absolutamente paralelo al suelo, y que a la vez no se encuentre inclinado hacia la derecha, ni hacia la izquierda”.
  - La nivelación en el sentido **longitudinal**, el chasis del subsolador garantiza que la unidad de rotura mantenga el ángulo de penetración diseñado por el fabricante (este ángulo es particular de cada diseño). En los subsoladores integrales (conectados a los brazos del tractor), esta regulación se logra modificando la longitud del brazo superior del sistema de levante hidráulico del tractor. En general, este tipo de nivelación se comprueba al caminar paralelamente al tractor e implemento al momento realizarse la labor de subsolado, observando que este último no vaya inclinado hacia atrás ni hacia delante (Ibáñez y Hetz, 1996).
- b. Profundidad de trabajo.** Para regular la profundidad de trabajo, es fundamental regular la profundidad de la unidad o unidades de rotura, en función de las características del perfil del suelo a trabajar (Ibáñez y Hetz, 1996) y de su grado de compactación. Esto porque, este equipo ha sido diseñado con el objetivo de romper capas compactadas en el subsuelo, además que es la "bota" o punta del arado la que produce grietas al pasar a través de esas capas.

- Si a través de una calicata se establece que existe presencia de una capa compactada, que se ubica desde la superficie hasta 60 centímetros profundidad, existiendo el mayor grado de compactación a una profundidad que va entre los 40 y 50 centímetros, la profundidad de trabajo recomendable sería el subsolar a una profundidad de 45 centímetros. Esto, en la práctica, se consigue midiendo el largo total del brazo del subsolador, supongamos 80 centímetros, el cual se resta a los 45 centímetros, por lo cual la diferencia entre ellos (35 centímetros) corresponde al largo del brazo del implemento que debe sobresalir desde el suelo, al momento de iniciar la labor de subsolado.

Para la labor de subsolados, es importante que la punta de la bota del subsolador, se ubique en la zona media del área compactada, con el objeto de provocar el estallamiento en la zona deseada.

En terreno, una forma de comprobar la efectividad de la profundidad de trabajo de la labor, es extraer los primeros 30 a 40 centímetros más superficiales, y posteriormente medir con una varilla graduada, después de una pasada del subsolador, la profundidad a la cual éste ha penetrado (**Foto 8**).



**Foto 8.** Forma práctica para evaluar en terreno la profundidad de trabajo del subsolador, utilizando una varilla graduada.

### 2.1.3. Equipos que cortan y mezclan el perfil del suelo

#### 2.1.3.1. Arado Rotativo

El arado rotativo, es un implemento usado desde principios del siglo XX. Es un implemento de rotura, que mezcla el perfil del suelo, realizando en una operación, el corte o inversión del prisma de suelo, propio del arado de vertedera o disco, y la pulverización de la rastra de discos, pero a una menor profundidad.

Este equipo no es más que una máquina, que en esencia es un eje de giro en posición horizontal, situado perpendicularmente a la dirección de avance del tractor, y provisto con cuchillas de distinto perfil. Está accionado por el eje toma de fuerza del tractor, por lo cual este tipo de arado, en una sola pasada realiza el rompimiento y mezcla del suelo, quedando éste en condiciones para la siembra (Urbano, 1992).

Sin embargo, lo anterior, el arado rotativo presenta algunos inconvenientes, como son el alto costo inicial, el requerimiento de potencia en el tractor, baja eficiencia en la operación de aradura al ser esta lenta, y que los suelos arados constantemente con este implemento van perdiendo su estructura, por el excesivo manipuleo, poniendo en peligro sus características estructurales (Ibáñez, 1985). En las explotaciones agropecuarias donde existe un arado rotativo, debe tenerse mucho cuidado en la operación, porque los daños por un mal empleo del implemento son de alto costo, al afectarse la estructura del suelo, dañarse el implemento, o el sistema de transmisión del tractor.

El arado rotativo es un implemento para la labranza primaria y mínima, cuyo trabajo consiste en cortar, remover y proyectar trozos de suelos y vegetación contra la cubierta o "carcaza" de la máquina, logrando así una fragmentación del terreno. Para ello, consta de un eje horizontal, que hace rotar un conjunto de cuchillas en forma de azadones (FMO, 1988). La rotación del conjunto de cuchillas, es transmitida por el eje toma de fuerza del tractor, y el grado de pulverización con el cual queda el suelo, depende de las condiciones de humedad del terreno, y de la relación entre la velocidad de avance y la velocidad de rotación de los azadones.

El tractor debe disponer de la potencia adecuada, para mantener la suficiente velocidad de avance e impedir la “pulverización” del suelo, cuestión que afectaría su estructura. Las velocidades normales de trabajo, para la mayoría de los arados rotativos, varía entre 4 a 9 km/hr., según sea las condiciones de suelo o resultados esperados (FMO, 1988).

Los arados rotativos son buenos para cortar y mezclar rastrojos o restos de poda. Algunos productores de frutales de carozo dan una pasada con este equipo en la temporada de otoño, después de la poda de los frutales, por la entre hilera del frutal establecido, con el objeto de picar los restos de poda e incorporarlos en el suelo. Después de haber incorporado grandes cantidades de restos de poda, generalmente se requieren aplicaciones adicionales de un fertilizante nitrogenado, para mantener la fertilidad del suelo y facilitar la velocidad de descomposición del rastrojo (FMO, 1988). Este nitrógeno es utilizado por los microorganismos, que descomponen los residuos, y con ello se evita la competencia por el nitrógeno disponible para las plantas frutales jóvenes.



**Foto 9.** Arado rotativo en labor de preparación de suelos para la incorporación de un fumigante, previo al replante de un frutal.

**Ventajas:**

- Si el suelo se encuentra en estado friable, prepara una cama ideal para la siembra de un cultivo.
- No se requieren otros implementos para terminar la preparación del suelo.

- Presentan una gran facilidad para triturar malezas y rastrojos.
- Puede conseguirse, el enterramiento de praderas, rastrojos y pajas secas, o el desmenuzamiento y enterramiento de cañas de maíz.
- Permiten mezclar fertilizantes orgánicos como inorgánicos en el perfil.
- Por su acción de corte del suelo, comunican al tractor una tracción adicional.
- Al igual que el arado cincel, no requiere de operadores expertos al presentar una gran maniobrabilidad.
- Controla estadíos de insectos, como larvas, dañinos para la agricultura.
- Proporciona tracción adicional al tractor, por el giro del eje horizontal y las cuchillas en el suelo.

#### **Limitaciones:**

- Multiplica malezas de reproducción vegetativa.
- Facilita la multiplicación de malezas por semilla. Escaso control sobre ellas.
- Destruye fauna beneficiosa para la agricultura, como lombrices.
- El costo de inversión, al igual que el costo de reparación del arado es alto.
- Su uso en terrenos con piedras, afecta el filo de las cuchillas, y por lo tanto el arado.
- La labor es ineficiente, al ser más lenta que si se usa otro tipo de arado.
- Se requieren tractores sobre 80 Hp para la labor de aradura.

#### **2.1.3.1. 1. Regulación del arado**

**a. Profundidad de operación.** Regular la profundidad del cultivador rotatorio, se consigue ajustando las ruedas guía del arado. Según sea el diseño de la máquina, las ruedas guías pueden controlarse ajustando las “abrazaderas” o palancas acodadas, cambiando los pernos o moviendo los cilindros hidráulicos remotos (FMO, 1988). El uso de un arado rotativo, permite alcanzar profundidades de aradura de 15 a 20 cm. Esto se consigue trabajando con la cuchilla adecuada, y con potencia suficiente en el eje toma de fuerza del tractor. Para labores más

superficiales, requiere de tractores de potencias por sobre los 80 Hp, pero para conseguir una aradura eficiente a profundidades mayores a los 15 cm se requieren tractores con potencias por sobre 100 Hp.

### 2.1.4. Criterios de selección del arado más adecuado para preparar el suelo

Incorporación de residuos vegetales, estiércol y fertilizantes	Presencia de malezas de reproducción vegetativa	Suelos con presencia de piedras	Romper compactaciones tipo pie de arado	Facilitar la penetración de agua en el perfil	Mantener el micro-relieve del terreno
Arado de vertedera	Arado cincel	Arado de discos	Arado cincel	Arado cincel	Arado cincel
Arado de discos	Arado de vertedera	Arado cincel de herramientas flexibles	Arado subsolador	Arado subsolador	Arado de vertedera
Arado rotativo	Arado subsolador				Arado subsolador

## 2.2. Labranza secundaria

El objetivo de la labranza secundaria, es preparar la zona de semillas, mediante el uso de diversos tipos de rastras y rodillos. El mullimiento del suelo, y el control de malezas, debe ser el suficiente para asegurar un buen establecimiento del cultivo.

### 2.2.1. Mullimiento del suelo

El mullimiento del suelo, debe ir de acuerdo con el tamaño de la semilla de la especie a establecer, por lo cual se debe evitar una labor excesiva. Es importante, para conseguir un íntimo contacto del suelo con la semilla y así permitir el intercambio de temperatura y humedad, necesarios para una buena germinación (Ibáñez, 1985).

En las labores secundarias es fundamental evitar los terrones, ya que dificultan una buena emergencia, provocando la pérdida de la planta. Los terrones no existen en forma natural en el suelo, son el resultado de una mala labor realizada por el hombre.

Lo anterior es muy importante, ya que incide directamente en los costos de producción, además de afectar el recurso suelo, porque un suelo "terronudo" obliga al agricultor a realizar un excesivo número de rastrajes. Es frecuente que el productor agrícola se preocupe de comenzar las labores de rastraje para mullir el suelo, solo una vez que han terminado de arar toda la superficie requerida para el establecimiento del cultivo. En consecuencia, decide comenzar cuando existe ya una gran cantidad de terrones, originados por los agentes deshidratantes, tales como el sol y el viento (Carrasco y Riquelme, 2008).

Para evitar la formación de terrones, se recomiendan las siguientes medidas:

- Arar y rastrear en el momento oportuno, en relación al porcentaje de humedad del suelo. Si la labor se realiza al estado friable, bastaría un solo rastraje para conseguir el mullimiento deseado.
- Usar rastrones de madera detrás de la rastra de discos para "planchar" el suelo, con el objeto de ofrecer una menor superficie de contacto al sol y viento.

### 2.2.2. Control de malezas

La eliminación de las malezas, es uno de los principales objetivos de la preparación de suelos, la cual es realizada fundamentalmente por las labores secundarias. El proceso de control que se utilice depende de varios factores: tipo de malezas presentes y desarrollo de ellas, clima imperante, disponibilidad de maquinaria, oportunidad de la labor, entre otros.

Para el control de malezas con la labor de aradura con arado de disco o vertedera, esta se inicia al invertir el suelo, es decir, con esa labor se van cubriendo y ahogando las malezas ya emergidas, además que se



profundizan semillas de ellas ubicadas superficialmente y en condiciones de germinar, quedando por lo tanto en estado latente. Sin embargo, con esta labor, se llevan a la superficie otras semillas que se encontraban a una profundidad no adecuada para germinar, pero que posteriormente pueden ser controladas con labores de rastrajes, si estos se manejan en forma eficiente, haciendo germinar las semillas que están ubicadas en la superficie, para desarraigarlas posteriormente.

### 2.2.3. Equipos para labores de rastrajes

#### 2.2.3.1. Rastra de discos

Este equipo tiene la gran ventaja de permitir un control de malezas después de cada temporada de producción, debido a que en la etapa de cosecha del cultivo anterior, existe una falta de preocupación por el control de ellas, acumulándose un volumen importante, que no sería eficientemente controlado por otro tipo de rastras (**Foto 10**), (Carrasco y Riquelme, 2008).



**Foto 10.** Rastra de discos de tipo “off-set”, equipo usado ampliamente para el manejo de suelos en frutales.

La rastra de discos, ampliamente utilizada por los productores, presenta tres inconvenientes fundamentales en la labor de preparación de suelo. El primero y más importante, es el de multiplicador malezas de reproducción vegetativa, su uso facilita la infestación al cortar trozos que dan origen a nuevas plantas. El segundo, es el de provocar desni-

velación superficial que se agrava aún más, con tractoristas inexpertos (Carrasco y Riquelme, 2008). El tercero, es el de provocar un “pie de arado” o zona de compactación en el suelo.

Experiencias realizadas por INIA han demostrado que la rastra de disco provoca una compactación subsuperficial del suelo, a profundidades que van entre los 15 y 25 cm, dependiendo de la textura del suelo y del peso de la rastra (Carrasco y Riquelme, 2008).

### 2.2.3.2. Rastra vibrocultivador

Este equipo es un implemento de múltiples usos en la explotación agrícola. Reemplaza con muchas ventajas a las rastras de clavos, de discos, rotativas, rodillos compactadores, etc. Su uso, no sólo reemplaza a todos estos implementos, sino que los supera en rendimiento de trabajo individual.

Este implemento que remueve el suelo sin invertirlo, está constituido por un bastidor que soporta flexibles en forma de “S”, en cuyo extremo se adosan púas de diferentes formas para utilizar en los distintos tipos de suelos y/o trabajos, obteniéndose un “vibrado” completo del suelo a la profundidad deseada (**Foto 11**).



**Foto 11.** Rastra vibrocultivador, equipo constituido por un “chasis” que soporta brazos flexibles en forma de “S”, ideales para el control de malezas perennes.

**Las ventajas del vibrocultivador son:**

- Permitir un buen control de malezas de reproducción vegetativa, como la chéptica (*Cynodon dactylon*) y Maicillo (*Sorghum halepense*), al destruir sus estolones y rizomas, exponiéndolos a las condiciones climáticas, por la acción de un rodillo compactador desmenuzador (Ormeño y Carrasco, 1999).
- La presencia de brazos flexibles tipo “S” con púas, permite romper el sellamiento superficial del suelo.
- Permite una buena nivelación por la acción de una pieza regulable, el cual lo poseen algunos equipos, que precede a la acción de los brazos “S” y por la acción de un rodillo compactador-desmenuzador. La función de estos accesorios es romper por impacto, los terrones y nivelar progresivamente el terreno.

Es importante considerar que en labores posteriores con vibrocultivador, se debe reducir lo más posible el uso del rodillo compactador desmenuzador, debido a que por la alta velocidad de la labor (8 a 10 km/hora) provoca un excesivo mullimiento del suelo, que a su vez se traduciría en problemas de erosión, por arrastre de sedimentos por el riego gravitacional.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. y Silva, P. 2003.** Efecto de la labranza en las propiedades del suelo. En: E. Acevedo y P.Silva. Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas N° 10. 118 p.
- Carrasco, J., García-Huidobro, J.; y Peralta, J.M., 1993.** Selección de equipos de labranza. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA) La Platina. Marzo-Abril, N° 75, p.3-17.
- Carrasco, J. y García Huidobro, J. 1998.** Los problemas de la labranza y los equipos. Revista Tierra Adentro N° 28. pp 24-28.
- Carrasco, J. 1998a.** El arado de vertederas. Equipos de labranza primaria. Revista Tierra Adentro N° 29. pp 44-47.
- Carrasco, J. 1998b.** El arado de discos. Equipos de Labranza primaria. Revista Tierra Adentro. N° 30. pp 41-44.

- Carrasco, J.; J.F. Pastén; J. Riquelme. 2008.** Manejo de suelos para plantación y replante. p. 45-69. En: Lemus, G. y J. Donoso (ed). "Establecimiento de Huertos frutales". Boletín INIA N° 173. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Rengo, Chile.
- Carrasco, J., y Riquelme, J., 2008.** Ras-tras: Consideraciones de uso para el manejo de suelos en frutales. En: Lemus, G. y Carrasco, J. Compendio técnico. Proyecto Nudo de frutales de carozo de exportación. Rengo, Chile, Intituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 175.
- Faiguenbaum, H., 2003.** Labranza. Capítulo I. En: Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Impresora y Editora Ograma S.A. Santiago, Chile, p. 760.
- Fontaine, G. 1987.** Preparación de suelos. Capítulo I. En: Faiguenbaum, H., Producción de Cultivos en Chile. Cereales-Leguminosas e Industriales. Santiago. Publicitaria Torrelodones. Chile. 332 p.
- F.M.O, 1988.** Fundamentos de funcionamiento de maquinaria. Cultivo. Publicaciones de servicio John Deere. Illinois. USA.
- Guerrero, A., 1984.** Cultivos herbáceos extensivos. 6ª Edición. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao, España. 831 p.
- Ibañez, M. 1985.** Curso internacional de mecanización agrícola para extensionistas. Preparación de suelos para la siembra. Universidad de Concepción. Depto de Ingeniería Agrícola. Chillán. 89 pp.
- Ibañez, M., E. Hetz. 1980.** Arados de vertederas. Boletín Técnico N° 9. Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile.
- Ibañez, M., y Hetz, E., 1996.** Arados cin-celes y subsoladores. Boletín de extensión N° 45. Depto de Mecanización y Energía. Facultad de Ingeniería Agrícola, Campus Chillán. Universidad de Concepción. Chillán. Chile. 43 pp.
- Montenegro, H y Malagon, D., 1990.** Propiedades físicas de los suelos. IGAC - Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico. Bogotá, Colombia. 813 pp.
- Ormeño, J.; y Carrasco, J., 1999.** El laboreo del suelo y su efecto sobre las malezas. Tierra Adentro N° 29. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Noviembre-Diciembre, p 40-43.
- Ortiz-Cañavate, J.; y Hernanz, J.L., 1989.** Técnica de la Mecanización Agraria. Ediciones Mundi Prensa, 3ª Edición. Madrid. España. 641 pp.
- Phillips, S. y Young, H., 1979.** Agricultura sin laboreo- labranza cero. Traducción castellana de la obra " No Tillage Farming. Editorial Hemisferio. Montevideo, Uruguay. 223 p.
- Riquelme, J. y Carrasco, J. 1991.** El arado cincel como conservador de suelos. Revista IPA La Platina N° 60. pp 16-18.
- Urbano Terrón P., 1992.** Tratado de Fitotecnia General. 2ª Edición. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao, España. 856 pp.