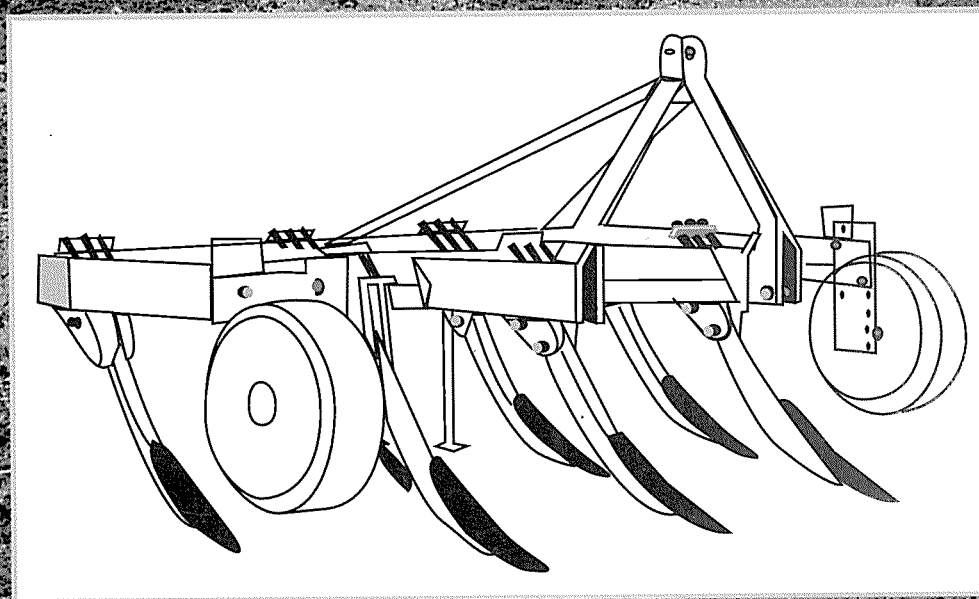


**USO DEL ARADO DE CINCEL
PARA LA PRODUCCION AGRICOLA
Y LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**



**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
(MAG)
DIVISION AGROPECUARIA**

**ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
(FAO)**



C O S T A R I C A

USO DEL ARADO DE CINCEL
PARA LA PRODUCCION AGRICOLA
Y LA CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG)
DIVISION AGROPECUARIA

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA
AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO)
PROYECTO MAG/FAO/HOLANDA GCP/COS/012/NET



San José, 1996



Coordinación y elaboración:

Marcos José Vieira

Análisis de datos económicos:

Jorge Mario Trujillo B.

Supervisión técnica y operativa:

Pieter Dercksen

Nils Solórzano

José R. Benites (FAO Roma)

Trabajo de campo y recolección de datos:

Alvaro Chaves - MAG/Región Central

Ana Cecilia Arias - FAO/Tierra Blanca de Cartago

Carlos Barboza - MAG/San Mateo

Gilberto Palacios - FAO/Región Pacífico Central

José Lewis - MAG/Tierra Blanca de Cartago

Juan Carlos Moya - MAG/Región Pacífico Central

Oscar Brenes - FAO/Región Pacífico Seco

Oscar Cid - MAG/Región Pacífico Seco

Edición:

Teresa Oñoro

Composición gráfica:

Ileana Ondoy Jiménez



Agradecimiento:

*A Alfredo Bruno y Diógenes Cubero,
por sus aportes y sugerencias.*



INDICE

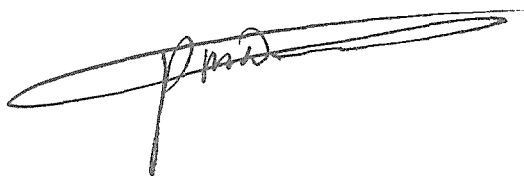
INTRODUCCION	7
1. EL ROL DE LA LABRANZA	9
2. LABRANZA CON EL ARADO DE CINCEL	12
2.1. Funciones del arado de cincel	12
2.2. El equipo	13
2.2.1 <i>Posición de los dientes</i>	13
2.2.2 <i>Distancia entre dientes</i>	13
2.2.3 <i>Tipos de dientes y de cinceles</i>	16
2.2.4 <i>Fuerza de tracción</i>	19
2.3. Condiciones de operación del equipo	19
2.3.1 <i>Humedad del suelo</i>	19
2.3.2 <i>Profundidad de trabajo</i>	21
2.3.3 <i>Regulación del equipo</i>	23
2.4. Control de malezas	23
3. EL ARADO DE CINCEL Y EL SUBSOLADOR	24
4. COMPARACION CON OTROS EQUIPOS DE LABRANZA	25
5. ALGUNAS EXPERIENCIAS CON EL CINCEL EN COSTA RICA	28
6. SITUACIONES POTENCIALES PARA EL USO DEL ARADO DE CINCEL EN COSTA RICA	32
BIBLIOGRAFIA	35
ANEXOS	37
EJEMPLOS DE ALGUNOS MODELOS DE EQUIPOS	37
GLOSARIO DE NOMBRES CIENTIFICOS.....	41

PRESENTACION

Esta publicación es un esfuerzo más del Proyecto MAG/FAO/HOLANDA, "Fomento y Aplicación de Prácticas de Conservación y Manejo de Tierras en Costa Rica", para suministrar a los profesionales y técnicos del país, material informativo sobre tecnologías para aumentar la productividad y conservar los recursos naturales.

Se trata de una publicación sencilla, con ilustraciones, cuyo principal objetivo es brindar información que permita a los extensionistas discutir alternativas con los agricultores, recomendar acciones que ellos puedan implementar y capacitarlos en el manejo de las opciones que seleccionen conjuntamente.

Esperamos que el material propuesto sea una contribución efectiva en este sentido.



*Pieter Dercksen
Asesor Técnico Principal*



*Nils Solórzano V.
Coordinador Técnico Nacional*

INTRODUCCION

La labranza es una de las labores de rutina en la mayoría de los sistemas de uso y manejo de la tierra para fines agrícolas, ya se trate de los sistemas de labranza tradicionales, con roturación del suelo, o de los considerados modernos, que asocian el uso de métodos mecánicos para trabajar el perfil y el control químico de malezas.

Muchos aspectos relevantes del sistema de producción, entre ellos la productividad de los cultivos y la conservación del suelo y el agua, resultan afectados en forma significativa por la labranza, que provoca cambios en las propiedades, características y capacidades tanto del perfil del suelo como de la superficie del terreno.

Entre los diferentes sistemas de labranza de conservación conocidos en la actualidad, los que utilizan el arado de cincel como equipo de roturación primaria del suelo ocupan una posición importante en diversas zonas productoras de granos, como la pampa argentina, las mesetas sureñas de Brasil, el cinturón del maíz norteamericano, etc.

En Costa Rica, el uso del arado de cincel en las zonas planas es aún incipiente. No obstante, en los sistemas de producción de maíz y frijol en áreas de ladera, algunos pequeños agricultores modifican los arados de tracción animal con punteras para que hagan un trabajo semejante al del cincel tractorizado.

El objetivo de este folleto es rescatar, discutir y promover el uso del arado de cincel en el país, para ayudar a los agricultores y los extensionistas a cumplir con el objetivo de una agricultura productiva y conservacionista.

1. EL ROL DE LA LABRANZA

De acuerdo con sus características y objetivos, se pueden identificar por lo menos cuatro diferentes grupos de trabajos de labranza (Krauze *et al.*, 1984):

- i. Labranza liviana para el manejo de rastrojos de malezas, abonos verdes o cultivos anteriores. Se trata, básicamente, de operaciones de limpieza del terreno entre dos períodos de cultivo (chapia, quema con herbicidas), manejo de rastrojos (corte y distribución) y otras operaciones superficiales para mantener el agua en el suelo;
- ii. Labranza primaria. Es la más importante y se realiza antes de la siembra de algún cultivo; cumple diferentes objetivos dentro del sistema de producción. A continuación se describen los más frecuentes e importantes (Krauze *et al.*, 1984; Casao Jr. *et al.*, 1990; Derpsch *et al.*, 1991; Gutiérrez, 1992):
 - a) *preparar la superficie para la siembra de modo que posibilite la adecuada distribución y germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas;*
 - b) *controlar las malezas en el terreno;*
 - c) *incorporar los rastrojos, fertilizantes y enmiendas al perfil del suelo;*
 - d) *crear las condiciones para el buen desarrollo de las plantas (raíces y parte aérea), modificando las relaciones entre sólidos y poros del perfil para tener un mejor balance entre aire, agua, nutrientes, temperatura, etc;*
 - e) *influir sobre la infiltración de agua en el perfil y controlar la erosión.*
- iii. Labranza secundaria. Es más liviana y superficial que la labranza primaria; se realiza con el objetivo de afinar el suelo y dejarlo en condiciones adecuadas para la siembra, ya sea manual o mecánica;
- iv. Labranzas para el manejo del cultivo. Son las operaciones que se realizan con los cultivos ya instalados: chapias, aporcadas, limpiezas rasas, rotura de costras superficiales, etc.

Si bien en ciertas condiciones la labranza puede tener otros roles u objetivos más específicos (cultivos con exigencias especiales, zonas semiáridas y áridas, zonas con erosión eólica, etc.), los objetivos descritos están entre los que con más frecuencia llevan al agricultor a seleccionar y utilizar un determinado sistema de labranza.

En las zonas tropicales subhúmedas y húmedas, donde la erosividad de la lluvia es alta y los suelos son generalmente pobres y/o erodables, todavía se comete el error de seleccionar el sistema de labranza teniendo como objetivos prioritarios preparar una superficie que permita una siembra fácil y rápida, una adecuada germinación y un buen control de malezas, descuidando los demás.

Al atender sólo o prioritariamente dichos objetivos en los sistemas de producción, se adoptan métodos de labranza que conllevan ciertos procesos de deterioro, tales como:

- a) *pulverización de la capa trabajada y compactación de la capa inmediatamente inferior;*
- b) *reducción de los grados de cobertura vegetal;*
- c) *reducción de la infiltración, con el consecuente aumento de la escorrentía;*
- d) *erosión;*
- e) *mal desarrollo de las raíces, y por lo tanto, aprovechamiento deficiente del agua y los fertilizantes.*

Debido a esto, los sistemas de producción van perdiendo paulatinamente su productividad y aumentan los costos de producción, en la medida en que los procesos de deterioro se establecen y se hacen más severos, aunque esta productividad pueda sostenerse a corto plazo.

La labranza ocupa un lugar importante en el sistema de producción porque de ella dependen una serie de características y aspectos ligados con las capacidades del suelo, que contribuyen a determinar tanto la producción como la conservación. A continuación se describen algunas de estas características y capacidades:

- a) *la cobertura del terreno por los rastrojos del cultivo anterior o de las malezas;*
- b) *el estado de la estructura del suelo, tanto en la capa superficial arable como en la capa subyacente;*
- c) *el complejo entre los sólidos y los poros, los arreglos, la presencia y los patrones de continuidad de canales y galerías y la resistencia del complejo (arquitectura del suelo);*
- d) *la distribución y disponibilidad de nutrientes en el perfil;*
- e) *el contenido, el estado y la distribución de la materia orgánica;*
- f) *la actividad biológica en el perfil, tanto la benéfica como la patogénica.*

Por lo tanto se puede afirmar que algunos factores relevantes en el manejo del sistema de producción (la susceptibilidad a la erosión, la infiltración, la retención y el almacenamiento de agua, la pérdida de agua por drenaje y evaporación, la temperatura del suelo, la actividad biológica, el desarrollo y la distribución del sistema radicular, la disponibilidad de nutrientes y la nutrición de las plantas) resultan afectados por el sistema de labranza.

De ahí que todas las acciones que se implementen en los sistemas de producción con el objetivo de obtener una producción rentable y a la vez, conservar los recursos (sobre todo el suelo y el agua), requieren la selección correcta de un sistema de labranza que lo posibilite.

2. LABRANZA CON EL ARADO DE CINCEL

El arado de cincel es un equipo de labranza primaria que forma parte de muchos de los sistemas de labranza de conservación que se utilizan en el mundo. La labranza de conservación, tal como observan Naderman & Vieira (1992), no es un método de labranza en particular, sino una meta u objetivo, que tiene en cuenta algunas variables, tales como: grado de cobertura con rastrojos, rugosidad de la superficie del terreno, reducción del número de pases con maquinaria, selección de equipos con herramientas de movilización menos dañinas para el suelo, aumento de la proporción de lluvia captada y almacenada en el perfil, prevención de la erosión, etc.

A diferencia de otros equipos de labranza primaria, como el arado de vertedera, el arado de discos, la rastra rompedora de discos y el rotavator (Anexo 1), el arado de cincel rotura y afloja el suelo sin volcarlo, dejando parte de la vegetación sobre la superficie. Está muy bien adaptado para aflojar suelos duros y compactados, a la vez que resulta apropiado para la conservación de suelos y agua (McKyes, 1985). Por lo tanto, el arado de cincel puede sustituir con ventajas a los otros equipos de labranza primaria ya mencionados.

2.1. Funciones del arado de cincel

Como equipo de labranza primaria del suelo, el arado de cincel cumple con los siguientes trabajos:

- a) *Afloja el suelo, posibilitando un afinamiento fácil y rápido con una rastra liviana. Dependiendo del cultivo y de la forma de siembra, facilita otras labores como construcción de eras, alomillados y surcos, ahoyado y aporca, etc.*
- b) *Controla las malezas del terreno, aunque hay ciertas limitaciones en este sentido (véase ítem 2.4);*
- c) *Rompe las capas compactadas en el perfil (pisos de rastras, arados o rotavator);*
- d) *Al aflojar el suelo sin volcarlo, crea condiciones favorables para el desarrollo de las plantas (raíces y parte aérea), sobre todo en relación con la estructura del suelo, la aireación, la infiltración y la temperatura;*
- e) *Como además hay un mayor grado de cobertura del terreno, favorece el control de la erosión.*

- f) *Permite aflojar el suelo sin traer a la superficie las capas subyacentes, normalmente más pobres en materia orgánica y con características más difíciles de manejar (textura, plasticidad, adherencia, etc.).*

2.2. El equipo

Hay arados de cincel para tracción mecánica con tractor o animal. En la FIGURA 01 se presenta un modelo de arado de cincel para tracción con tractor. Por lo general el equipo cuenta con un chasis de dos o tres cuerpos, en donde se montan los dientes alternados entre los cuerpos.

En la FIGURA 02 se presenta un modelo de arado de cincel para tracción animal. En este caso, el equipo se compone de un solo cuerpo o diente; prácticamente se trata del cincel montado sobre el chasis del arado. Cabe señalar que la mayoría de los pequeños agricultores pueden adaptar sus arados de vertedera para tracción animal y convertirlos en arados de cincel (FIGURA 03).

2.2.1 Posición de los dientes

En los equipos para tracción con tractor, compuestos de varios dientes, éstos deben montarse en el chasis alternándolos entre los diferentes cuerpos, o sea que un diente nunca debe montarse junto a otro, en el mismo cuerpo. Por ejemplo, en el caso de la FIGURA 04, el diente 1, montado en el cuerpo posterior del chasis, trabaja al lado del diente 2, montado en el cuerpo delantero; el diente 3 está montado sobre el cuerpo central. La finalidad de esta colocación de los dientes es:

- a) *favorecer la distribución del peso y de las fuerzas durante la operación, para equilibrar mejor el equipo;*
- b) *permitir que el rastrojo y la vegetación "circulen" mejor a través del equipo y se reduzcan los problemas de atascamiento.*

Cuando se aumenta o reduce el número de dientes en el chasis, debe tenerse en cuenta esta distribución.

2.2.2 Distancia entre dientes

La distancia entre dientes es un factor importante cuando se trabaja con el arado de cincel. Aunque en la mayoría de los equipos los chasis no ofrecen una gran flexibilidad para modificar las distancias entre dientes, es importante revisar algunos aspectos en ese sentido.

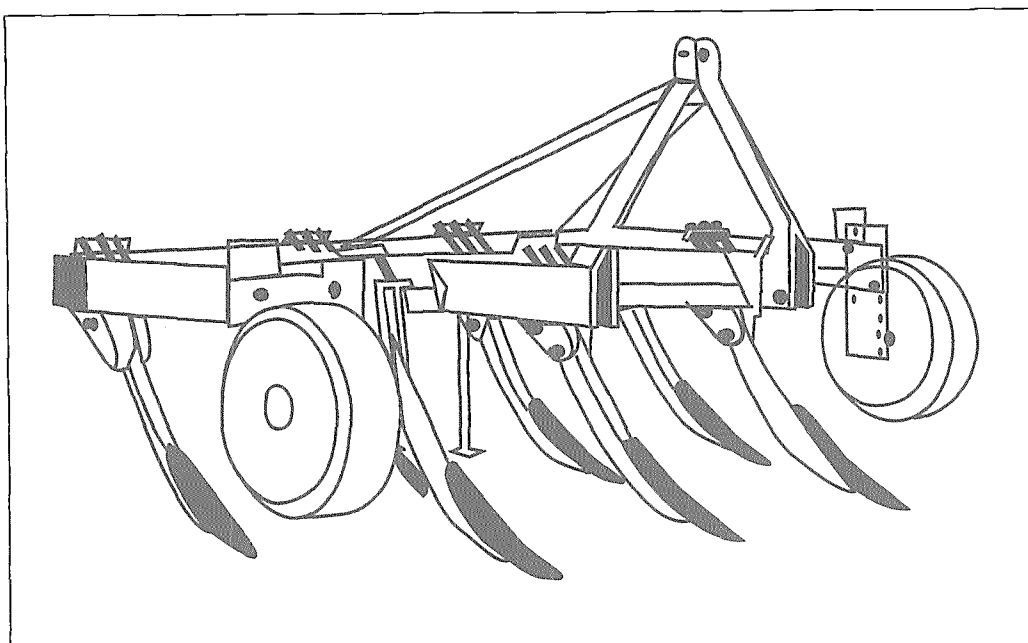


FIGURA 01: Arado de cincel para tractor, con siete dientes, en un chasis de dos cuerpos.

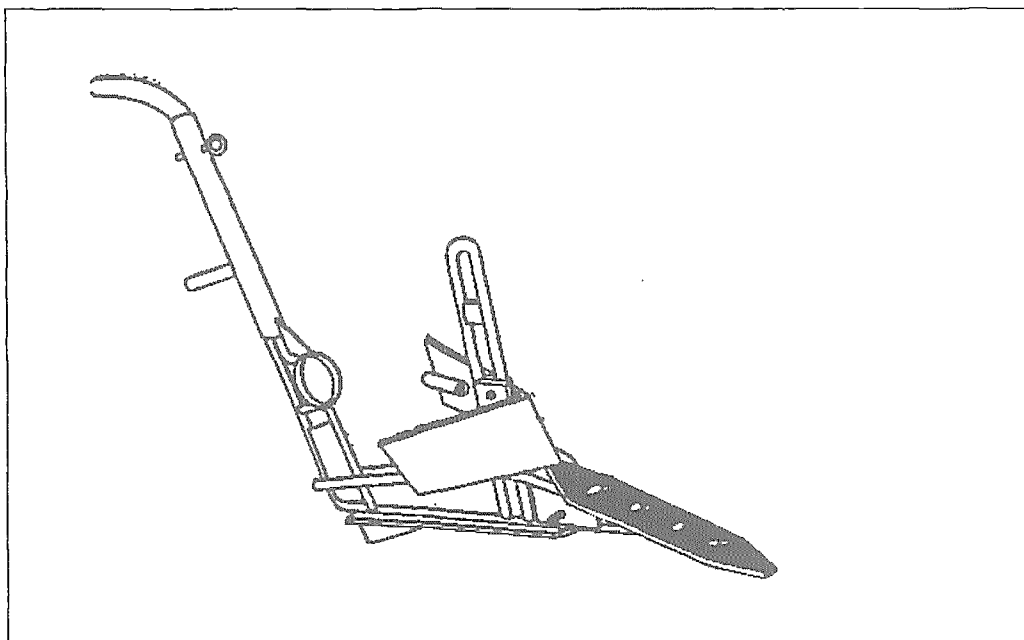


FIGURA 02: Arado de cincel para tracción animal, modelo PROMECH-Honduras.

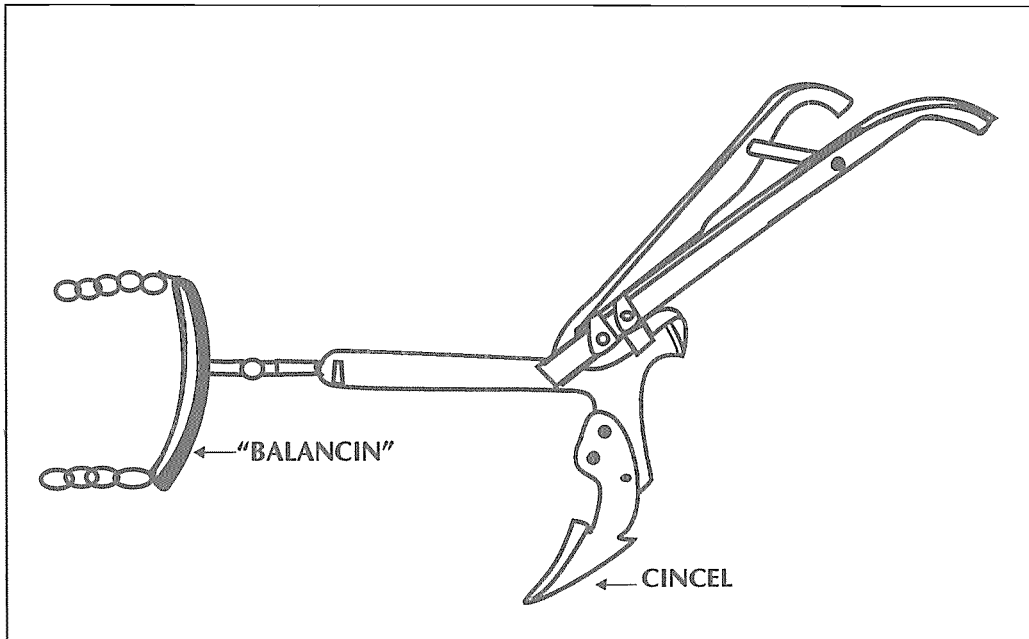


FIGURA 03: Arado de vertedera para tracción animal transformado en arado de cincel.

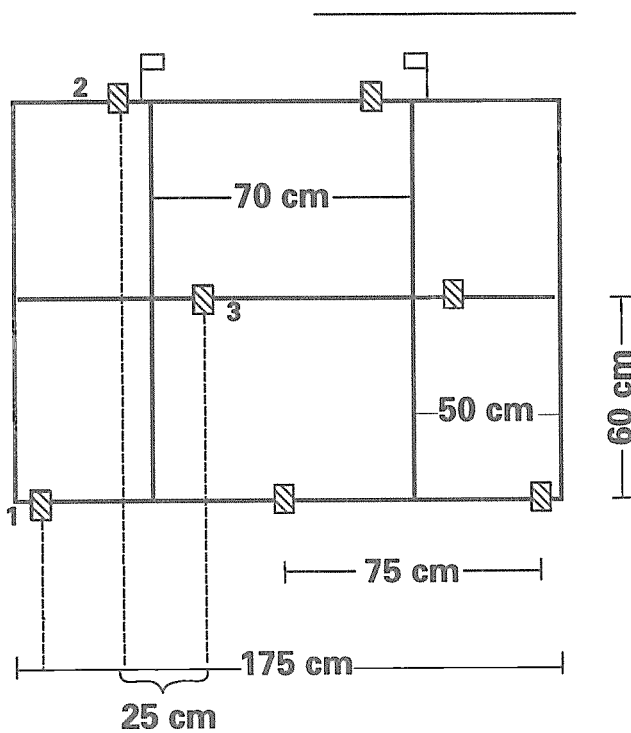


FIGURA 04: Chasis de un arado de cincel, con los dientes dispuestos en forma alternada, a 25 cm de distancia entre ellos.

Cuando uno de los objetivos del trabajo de labranza es aflojar el suelo y controlar las malezas para obtener una buena superficie de siembra, la distancia entre dientes debe ser de unos 25 cm y como máximo 30 cm. Para aflojar el suelo y destruir las capas compactadas, la distancia entre los dientes depende del tipo de suelo (cada suelo tiene un patrón de ruptura diferente), del tipo de cincel (las fuerzas que se aplican sobre el suelo dependen de este factor) y de la humedad del terreno durante el trabajo (el comportamiento de las fuerzas de cohesión y adhesión determinan el patrón de ruptura o de amoldamiento del suelo).

2.2.3 Tipos de dientes y de cinceles

En la FIGURA 05 se presentan los tipos de dientes utilizados con más frecuencia en los arados de cincel; básicamente hay tres tipos de dientes:

- a) *dientes rígidos (modelos a-b-c-d-e): no tienen ningún tipo de movimiento propio, se acoplan al chasis mediante tornillos y el sistema de seguridad está compuesto por un pasador fusible;*
- b) *dientes semirígidos (modelos f-g): son rígidos pero el sistema de seguridad y de acoplamiento al chasis lo configuran resortes, lo que permite cierta vibración causada por el desplazamiento del tractor y la resistencia del suelo;*
- c) *dientes flexibles (modelo h): tienen forma de resorte, se fabrican con un acero especial y vibran con el desplazamiento.*

Si se comparan los tres sistemas, los dientes rígidos equipados con pasadores-fusibles de seguridad son más apropiados para terrenos arcillosos y resistentes, pues penetran mejor en el suelo y exigen menos energía por volumen movilizado. Sin embargo, este sistema suele ser menos eficiente cuando el suelo presenta obstáculos como raíces y piedras grandes, que oponen una fuerte resistencia al desplazamiento. En estos casos el pasador se rompe, lo que implica contar con el repuesto, las herramientas y el tiempo para reemplazarlo.

Los dientes semirígidos con resortes suelen ser más apropiados para los terrenos con obstáculos, ya que su funcionamiento se basa en el movimiento de retracción y distensión del resorte cuando encuentra un obstáculo. En estas condiciones, los dientes se desplazan hacia atrás, saltan el obstáculo y vuelven a penetrar en el suelo, lo que facilita el manejo. Además, los dientes semirígidos tienden a deshacer más los terrones. Sin embargo, este sistema suele tener más dificultades para penetrar en el suelo después de superar el obstáculo y exige más energía para la tracción (Hoogmoed, 1982 y Casao Jr. et al., 1990).

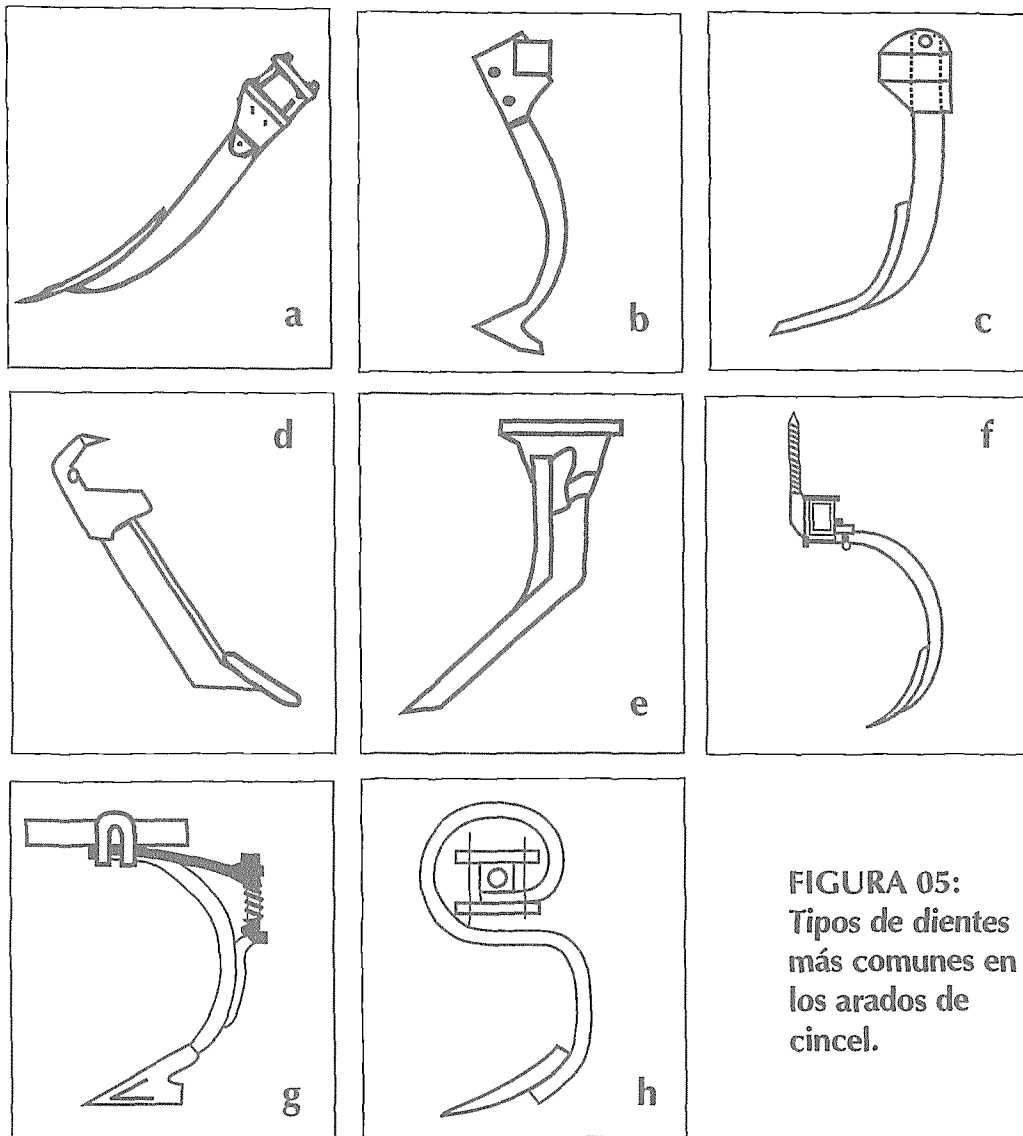


FIGURA 05:
Tipos de dientes
más comunes en
los arados de
cincel.

Entre el sistema de pasadores y el de resortes es preferible el primero, porque es más eficiente a largo plazo, ya que con el tiempo, el terreno se va "limpiando" de obstáculos.

Los dientes flexibles son apropiados para suelos más livianos y trabajos más superficiales. En los trópicos su uso es reducido y hay muy poca disponibilidad en el mercado.

El cincel es la parte activa del equipo, la que rompe el suelo. Se fabrica con un acero especial y puede cambiarse cuando está roto o desgastado. Hay muchos tipos de cincel; en la FIGURA 06 se muestran algunos de ellos.

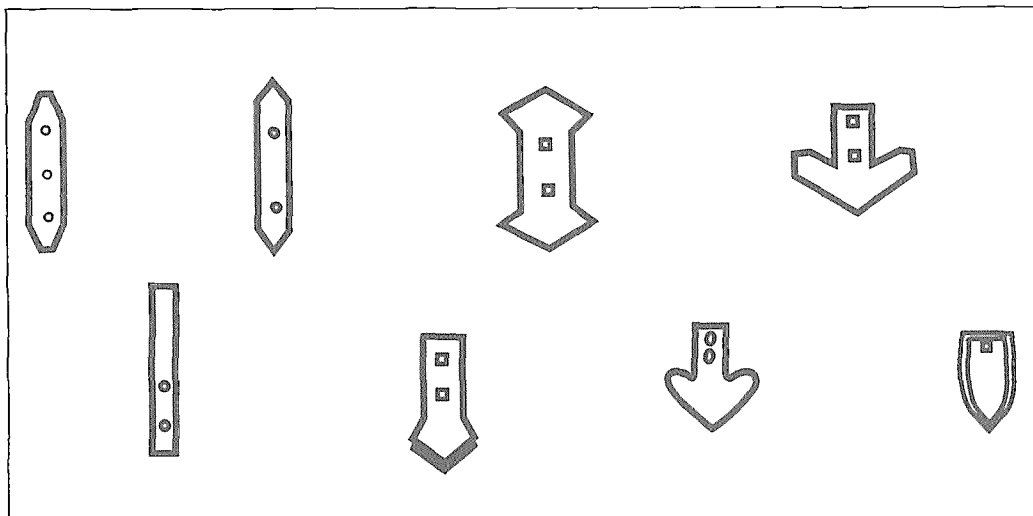


FIGURA 06: Tipos de cincel más utilizados en los diferentes modelos de arados.

Los cinceles angostos y rectos son los más apropiados para romper el suelo compactado y para dejar el terreno con mayor cobertura; son los que consumen menos energía. Los cinceles anchos y/o con forma de alas, son apropiados para una roturación más superficial y para controlar con más eficiencia las malezas. Por otra parte, suelen dejar el suelo menos cubierto.

Un factor muy importante en la selección del arado de cincel es el ángulo de penetración del cincel en el suelo.

Los modelos con un ángulo de penetración inferior a 90° suelen ser más eficientes para penetrar el suelo con menos consumo de energía. Casao Jr. et al., (1990) consideran el ángulo comprendido entre los 15 y 20° como el mejor para la penetración (FIGURA 07). Krauze et al., (1984) recomiendan un ángulo de 30° .

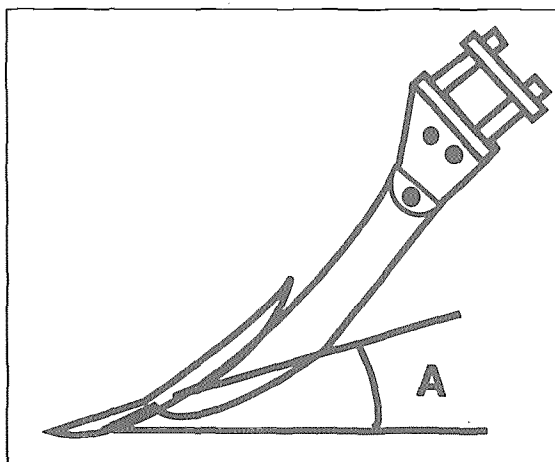


FIGURA 07: Ángulo de penetración del cincel en el suelo.

2.2.4 Fuerza de tracción

Los requerimientos de fuerza para la tracción del arado de cincel varían mucho de acuerdo con el tipo de arado, el tipo y la humedad del suelo, la compactación, la profundidad de trabajo, etc. Casao Jr. *et al.*, (1990) han determinado los valores de resistencia promedio en suelos muy arcillosos y cohesionados, para dientes rígidos (14,1 kgf/cm/diente) y para dientes semi-rígidos con resortes (16,8 kgf/cm/diente). En condiciones semejantes, Hoogmoed (1982) determinó un requerimiento de potencia promedio de 11,0 CF¹/diente, para cuatro tipos de arados de cincel. Los fabricantes de equipo tienen sus propios estudios de requerimientos de fuerza de tracción y en general recomiendan entre 10-12 CF/diente, para trabajos alrededor de los 25 cm de profundidad. Se puede considerar, como promedio, una necesidad de potencia de 10-12 CF/diente para cinceles angostos, trabajando a 25 cm de profundidad, en suelo cohesionado.

Al seleccionar el equipo es importante considerar la disponibilidad de un sobrante de potencia para que, circunstancialmente, se pueda trabajar en condiciones extremas, como suelo más resistente, mayor profundidad, terrenos con pendiente, más dientes en el chasis, etc. En esta forma también se reducen las probabilidades de trabajar en el límite de la máquina y la posibilidad de patinaje, aspectos siempre negativos para la calidad, la eficiencia y el rendimiento del trabajo.

2.3. Condiciones de operación del equipo

2.3.1 Humedad del suelo

La humedad y la consistencia del suelo son factores básicos para la utilización del arado de cincel o de cualquier otro equipo de labranza. Sin embargo, en este caso hay que considerar algunos aspectos.

Si se utiliza el arado de cincel para preparar una superficie de siembra y para el control de malezas, la humedad del suelo debe ser tal que la consistencia sea de friable a firme. En este caso, la distancia entre los dientes no debe ser superior a los 30 cm y de ser posible, se deben utilizar los cinceles más anchos.

¹ CF: Caballos de Fuerza o HorsePower

Si además de la labranza primaria se deben romper capas compactadas, la humedad del suelo debe ser tal que la consistencia sea firme o dura, es decir, que el suelo presente cohesión y por lo tanto, esté "quebradizo".

Los cinceles trabajan en forma tal que ejercen una fuerza que rompe el suelo hacia adelante y hacia los lados, desde la punta inferior del cincel hasta la superficie del terreno, distribuyéndose en forma de un triángulo imperfecto (Krauze *et al.*, 1984; McKyes, 1985), tal como se aprecia en la FIGURA 08a y 08b. Si durante este trabajo el suelo está húmedo o mojado, las fuerzas de adhesión disipan la fuerza ejercida por el diente, haciendo que el ángulo A (FIGURA 08b) aumente y el triángulo quede más angosto en la parte superior (FIGURA 08c).

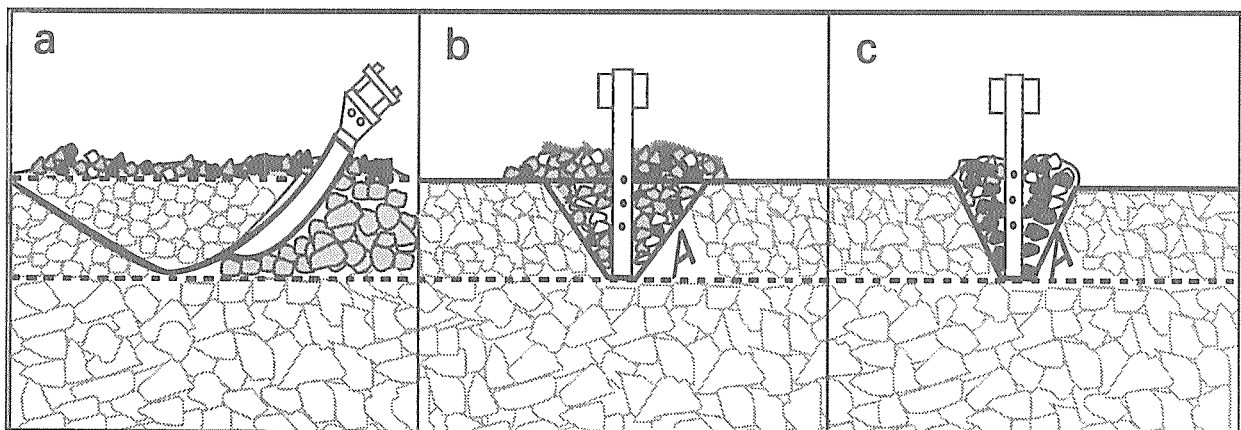


FIGURA 08: Esquema de la roturación del suelo por el cincel.

En este caso, parte del suelo no se rompe y quedan algunas partes trabajadas y otras no trabajadas, que forman lo que se conoce como "medias naranjas" o "salchichas" (FIGURA 09).

Se concluye que en este caso no se cumple el objetivo de romper completamente las capas compactadas del perfil. Además, si el suelo posee un grado de humedad suficientemente alto como para presentar cierta plasticidad, la estructura puede resultar más dañada en las zonas próximas al desplazamiento de los dientes (FIGURA 09), con lo que se desaprovechan las bondades del equipo y se reducen las posibilidades de obtener efectos positivos.

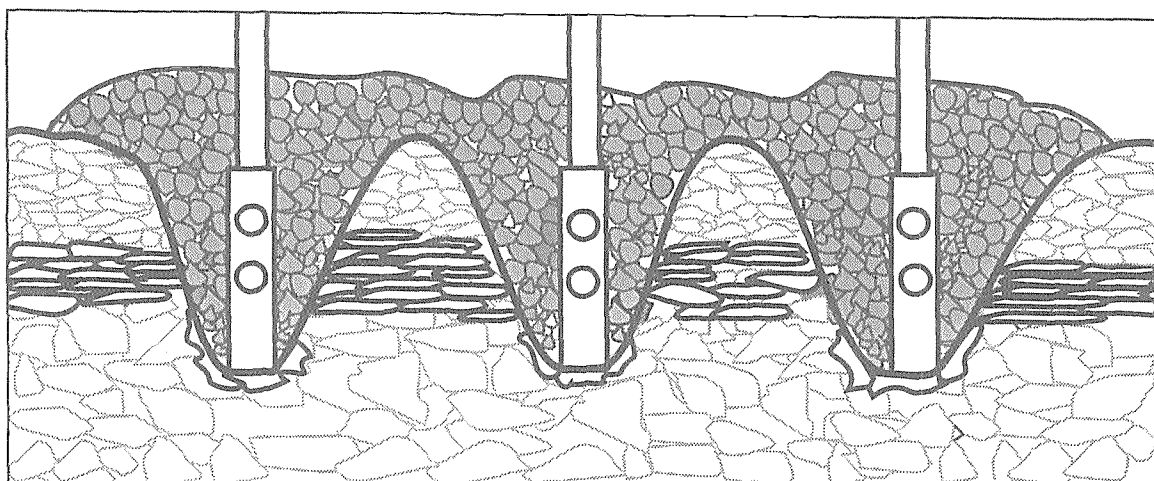


FIGURA 09: Esquema de la roturación del suelo cuando la humedad es alta y el suelo presenta un patrón de consistencia entre húmedo y mojado.

Es importante señalar que la humedad del suelo debe evaluarse en la capa más profunda en que va a trabajar el equipo y no en la superficie. Muchas veces, el suelo presenta la humedad ideal para el trabajo en la capa superficial y a 20-25 cm de profundidad todavía está muy húmedo y plástico. En estas condiciones, aumenta el riesgo de provocar daños en la estructura del suelo.

2.3.2 Profundidad de trabajo

Hay una regla general sobre la profundidad del trabajo de labranza que debe gobernar cualquier recomendación: **no se debe roturar el suelo más allá de la necesidad identificada**. El concepto de "cuanto más profundo mejor" es totalmente equivocado. Esto es particularmente importante en el caso del arado de cincel, que puede profundizar más que los tradicionales 20-25 cm que alcanzan los arados de vertedera o de disco, los 15-20 cm de la rastra rompedora de disco y los 10-12 cm del rotavator. Esta capacidad suele llevar a la gente a labrar profundamente el suelo cuando dispone del arado de cincel.

En este sentido, es importante señalar lo siguiente:

- a) *La labranza debe ser considerada como una agresión al equilibrio del suelo, pues modifica una serie de factores; romper ese equilibrio más allá de lo necesario es un riesgo caro e innecesario;*

- b) *El consumo de energía en el proceso de labranza es elevado y cuando se aumenta la profundidad de trabajo, el mismo aumenta exponencialmente.*

Para un trabajo de labranza normal con arado de cincel, la profundidad recomendada para la mayoría de los cultivos está entre 20-25 cm. Si es necesario romper una capa compactada en el perfil, se debe identificar su profundidad inferior y ubicar la punta del cincel unos 3-5 cm por debajo de esta medida (FIGURA 10). La distancia entre dientes debe considerar el ángulo de ruptura (A) que se ha mostrado en la FIGURA 08.

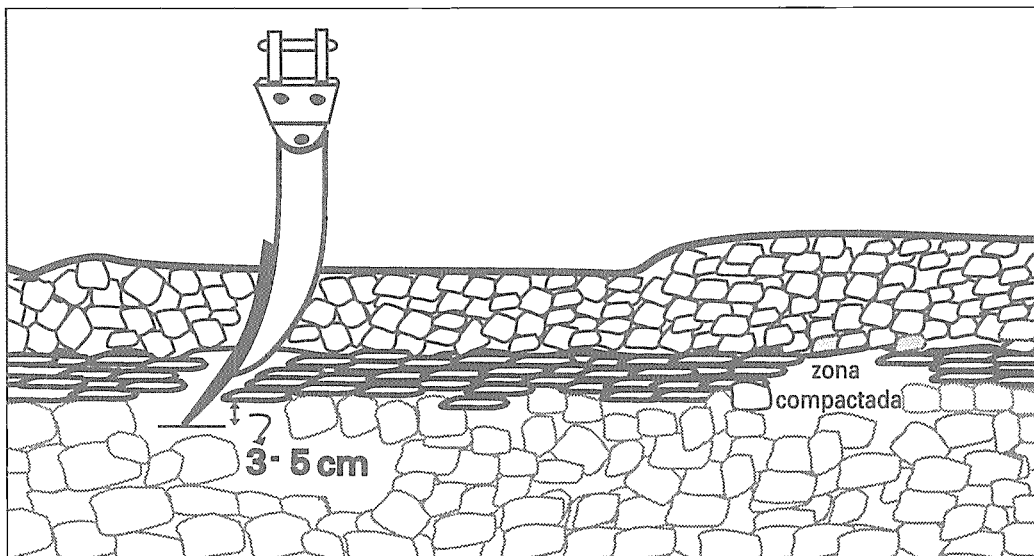


FIGURA 10: Posición de los cinceles en relación con la capa de suelo compactada.

Es común equivocarse al medir la profundidad de trabajo del equipo, sobre todo si se hace en el área ya trabajada o con base en la distancia medida en el diente, donde el ángulo de penetración no es de 90°. La forma más fácil de medir la profundidad de trabajo es tomando la distancia del chasis al suelo en la posición horizontal de descanso (valor AE en la FIGURA 11a), que es fija para el equipo.

Cuando el equipo empieza a trabajar, se mide la misma distancia del chasis al suelo que no ha sido roturado, en la parte delantera del equipo (valor AS de la FIGURA 11b). La diferencia entre AE y AS es la profundidad de trabajo del equipo (PT).

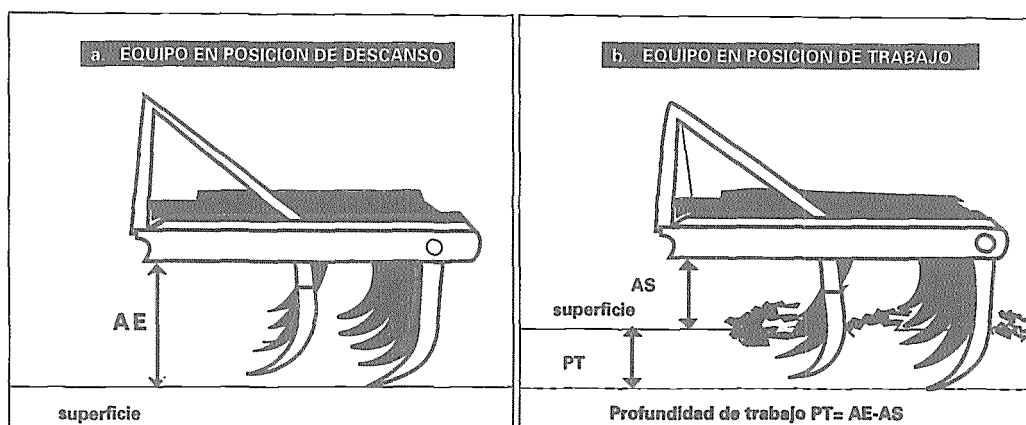


FIGURA 11: Medición de la profundidad de labranza con arado de cincel.

2.3.3 Regulación del equipo

Como cualquier otro equipo de labranza, el arado de cincel debe estar perfectamente alineado con el centro de tracción del tractor o del animal. Debe haber un buen nivel entre la parte delantera y la trasera, así como entre el lado derecho y el izquierdo, para garantizar la misma profundidad de trabajo en todos los dientes. Casi todos los modelos de arados de cincel cuentan con un sencillo sistema de dos ruedas regulables para graduar la profundidad de trabajo; obviamente, ambas deben trabajar con la misma graduación.

En el caso de los arados de tracción animal, es importante utilizar el "balancín" en el sistema de acople entre los aperos de los animales y el equipo. El "balancín" (véase FIGURA 03) funciona como un amortiguador, al suavizar las variaciones en la dirección de la fuerza de tracción sobre el equipo ocasionadas por el movimiento de los animales al caminar en condición de esfuerzo.

2.4. Control de malezas

El arado de cincel controla las malezas en forma diferente a como lo hacen los otros equipos de discos o el rotavator, que cortan las plantas de raíz y las entierran. El arado de cincel actúa aflojando y rompiendo el suelo alrededor del sistema radicular y las plantas se mueren por deshidratación. Debido a esto, por lo general es menos eficiente que los otros equipos para el control de malezas.

La eficiencia del arado de cincel para controlar malezas aumenta cuando el trabajo se hace en suelo cohesionado y en días soleados, porque bajo estas condiciones, el sistema radicular pierde el contacto con el suelo y las plantas se deshidratan con más facilidad.

3. EL ARADO DE CINCEL Y EL SUBSOLADOR

A menudo se confunde el arado de cincel con el subsolador, a pesar de que ambos tienen diferentes características y funciones. Inclusive algunas fábricas de equipo llaman equivocadamente arados subsoladores a los arados de cincel.

A continuación se comparan ambos equipos así como la labranza con cincel y la práctica de subsolación, a fin de establecer las diferencias entre ambas:

- a) *En cuanto al objetivo de las prácticas, la subsolación se hace con la finalidad de aflojar el suelo en profundidad y romper capas duras en el perfil, ya sea pisos de arados, rastras y rotavators, duripans, etc. Por lo general después de la subsolación aún se necesita una labranza primaria del suelo. El arado de cincel, por el contrario, se utiliza como equipo de labranza primaria, sustituyendo otros tipos de equipo, como arado de discos, de vertedera, rastra rompedora, rotavator, etc., aunque también cumpla con la función de romper y/o aflojar las capas duras del perfil.*
- b) *Los subsoladores son equipos más robustos que los arados de cincel, ya que deben romper capas de suelos muy cohesionadas y profundas. El arado de cincel es un equipo más liviano, con dientes normalmente más delgados y más pequeños.*
- c) *Los arados de cincel permiten regular la distancia entre dientes; los subsoladores generalmente tienen los dientes fijos.*

Esta comparación entre equipos permite concluir que el arado de cincel puede actuar como un subsolador cuando opera a mucha profundidad, pero el subsolador no puede desempeñarse como un arado de cincel porque no puede realizar la labranza primaria del suelo. En la FIGURA 12 se presenta un subsolador de pequeño porte con el detalle del diente, que permite apreciar su robustez. Se puede observar que el tipo de acoplamiento y la forma del chasis no permiten regular la distancia entre dientes.

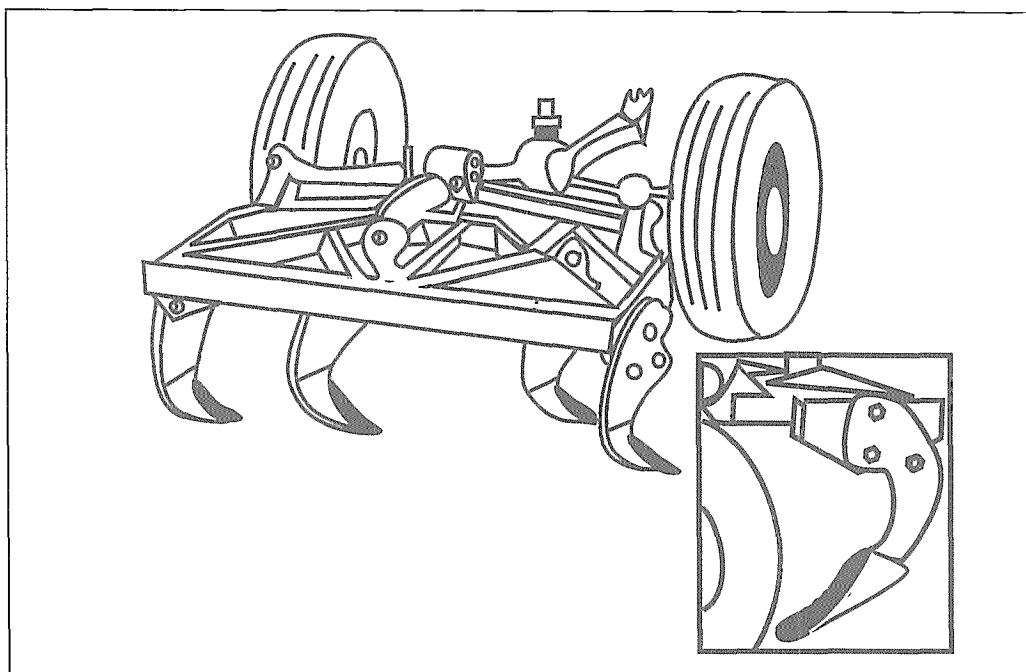


FIGURA 12: Modelo de subsolador y detalle del diente, robusto y fijo.

4. COMPARACION CON OTROS EQUIPOS DE LABRANZA

A partir de los principales objetivos de la labranza se pueden establecer algunas comparaciones entre el arado de cingel y otros equipos de labranza utilizados en el país. Obviamente no se trata de una comparación en términos estrictos ni específicos, sino en términos del comportamiento promedio de los equipos en situaciones generales, con base en la literatura citada anteriormente. En la TABLA 01 se presentan los resultados de un ejercicio de este tipo.

Conviene destacar que el comportamiento de los diversos sistemas de labranza puede variar según el modelo de cada equipo, la regulación, las condiciones específicas del terreno, la práctica del operador, etc.

TABLA 01: Comparación general entre equipos de labranza, en relación a sus capacidades para cumplir ...

SERVICIO/EQUIPO	ARADO DE CINCEL	ARADO DE DISCOS
Rompimiento primario del suelo	Afloja el suelo sin volcarlo y pulverizarlo; trabaja hasta 30-35cm; presenta problemas donde haya raíces y piedras grandes.	Afloja el suelo hasta 20-25cm, volcándolo parcialmente; pulveriza la capa superficial; brinca sobre piedras y raíces.
Formación de terrones en la superficie	Forma pocos terrones en relación al arado de discos y el de vertedera; no se requiere la rastra de afinamiento en ciertas condiciones.	Forma terrones en la superficie, sobre todo si el suelo está compactado o cohesionado; casi siempre requiere rastras de afinamiento.
Pulverización del suelo y formación de capas compactadas	Pulveriza poco el suelo; utilizado en la humedad adecuada, rompe las capas compactadas del suelo.	Pulveriza el suelo; favorece la formación de capa compactada en la zona subyacente a la capa trabajada.
Control de malezas	Presenta eficiencia mediana para el control de hojas anchas, siendo poco eficiente en el caso de gramíneas estoloníferas y cespitosas perennes (véase detalles en el ítem 2.4).	Es eficiente para controlar las malezas; las corta por las raíces y las entierra.
Incorporación de enmiendas y fertilizantes en el perfil	No es eficiente, porque no vuelca la capa de suelo trabajada.	Es eficiente, porque vuelca la capa de suelo y mezcla el material.
Situación de cobertura del terreno luego de la labranza	Entierra los rastrojos apenas parcialmente; posibilita que el terreno quede aún con buena cobertura protectora.	Entierra casi totalmente los rastrojos, dejando el suelo prácticamente desnudo.
Infiltración del agua en el suelo	Mayor infiltración en relación a los arados de discos y de vertedera, rastra rompedora y el rotavator; menor que cero labranza.	Mayor infiltración en relación a la rastra rompedora y el rotavator; semejante al arado de vertedera; menor que el arado de cincel y cero labranza.
Control de erosión	Solamente es menos eficiente que cero labranza.	Menos eficiente que el arado de cincel y cero labranza; más eficiente que la rastra rompedora y el rotavator.
Rendimiento de trabajo	Presenta mayor rendimiento en relación a los arados de discos y de vertederas; semejante a la rastra rompedora.	Presenta bajo rendimiento en relación a los demás; es más rápido que el arado de vertederas.

... con algunos de los objetivos de esta labor.

ARADO DE VERTEDERA	RASTRA ROMPEDORA	ROTAVATOR	CERO LABRANZA
Afloja el suelo hasta 20-25cm y vuelca la capa arable; pulveriza poco la capa superficial; presenta problemas donde haya raíces y piedras.	Afloja el suelo hasta 12-18 cm; pulveriza y mezcla la capa movilizada; trabaja bien en terrenos con raíces y piedras pequeñas.	Afloja el suelo hasta 12-15 cm; pulveriza demasiado el suelo y mezcla totalmente la capa movilizada.	El suelo es movilizado apenas en la zona de siembra.
Forma terrones en la superficie, principalmente si el suelo está compactado o cohesionado; casi siempre requiere rastras de afinamiento.	Forma pocos terrones en la superficie; no requiere rastras de afinamiento en muchas situaciones de siembra.	Casi no forma terrones, el suelo se queda muy pulverizado. No se requiere la rastra de afinamiento.	No forma terrones.
Pulveriza el suelo en menor intensidad que el arado de discos; la compactación también tiende a ser menor.	Pulveriza el suelo más que los arados; forma capas compactadas en la zona subyacente a la capa trabajada; suele ser más perjudicial para el suelo y el crecimiento radicular que el arado de discos.	Pulveriza el suelo aún más que la rastra rompedora; favorece la formación de capas compactadas en el perfil.	No pulveriza el suelo; bajo condiciones malas de manejo puede compactar el suelo superficialmente.
Es eficiente para controlar las malezas volcándolas hacia el subsuelo.	Es eficiente para controlar las malezas, principalmente en campos infestados.	Es eficiente para controlar las malezas; no trabaja bien en terrenos muy infestados.	Depende del tipo, edad y cantidad de malezas presentes en el terreno y de la modalidad de control: mecánico, químico o ambos.
Es eficiente para enterrar el material, lo mezcla menos que el arado de discos.	Mezcla el material con el suelo de la capa trabajada, opera a poca profundidad.	Mezcla el material con el suelo de manera eficiente.	No hay incorporación de materiales.
Entierra casi totalmente los rastrojos, dejando el suelo prácticamente desnudo.	Mezcla los rastrojos con el suelo trabajado, deja el terreno más cubierto que los arados de disco y vertedera, menos que el de cincel.	Mezcla y entierra los rastrojos; el suelo queda prácticamente desnudo.	Todo el rastrojo queda en la superficie del terreno.
Mayor infiltración en relación a la rastra rompedora y el rotavator; semejante al arado de discos; menor que el arado de cincel y cero labranza.	Semejante al rotavator; menor que todos los demás.	Semejante a la rastra rompedora; menor que todos los demás.	Mayor que en todos los demás, si presenta buena cobertura de rastrojos.
Menos eficiente que el arado de cincel y cero labranza; más eficiente que la rastra rompedora y el rotavator.	Poco más eficiente que el rotavator; menos eficiente que todos los demás.	Favorece el proceso de erosión.	Con buena cobertura, es el sistema más eficiente.
Presenta bajo rendimiento en relación a los demás.	Presenta un rendimiento de trabajo un poco mejor que el arado de cincel.	El rendimiento de trabajo es alto, sobre todo porque rompe y afina el suelo en la misma operación.	El rendimiento de trabajo depende del tipo de manejo de las malezas; generalmente el rendimiento es el más alto.

5. ALGUNAS EXPERIENCIAS CON EL CINCEL EN COSTA RICA

En Costa Rica no hay mucha experiencia acerca del uso del arado de cincel en forma sistemática. Hernández (1993) estudió el comportamiento de este tipo de equipo en un Inceptisol (*Fluventic ustropept*) de la llanura de Guanacaste, utilizando un cultivo de maíz. El arado de cincel fue el tratamiento que, entre la rastra rompedora de discos y la siembra directa (labranza cero) realizada mecánicamente y con espeque, mostró mejor potencial, tanto en términos de rendimiento como de ingreso neto.

A pesar de que el estudio fue de corta duración, los resultados son prometedores y concuerdan con el comportamiento reportado por la literatura para este tipo de labranza en condiciones similares de suelo y clima. En la TABLA 02 se presentan algunos de los resultados alcanzados.

TABLA 02: Rendimientos de maíz, costos y beneficios económicos para cuatro sistemas de labranza en un suelo del tipo *Fluventic ustropept* en Guanacaste, Costa Rica (adaptado de Hernández, 1993).

Tratamiento	Rendimientos (kg/ha)	Costo (¢/ha)	Beneficio neto (¢/ha)
Siembra directa con espeque	5145,8	83113	67916
Siembra directa mecánica	4312,5	59533	67039
Arado de cincel	6236,1	70368	112662
Rastra pesada (rompedora)	4965,2	67539	78190

En el cantón de Hojancha, en Guanacaste, se está desarrollando otra experiencia. Allí, varios pequeños agricultores están utilizando el sistema de "labranza rayada" para la siembra del maíz. Este sistema - autóctono - consiste en roturar el suelo con un arado de cincel de tracción animal o con un arado de vertedera, sólo en las líneas de siembra, dejando las calles cubiertas con el rastrojo. Con esta práctica se reduce el costo de labranza en casi el 50% promedio (TABLA 03); además, se aumenta la infiltración de agua y se reduce la erosión (Vieira *et al.*, 1995).

TABLA 03: Rendimientos de trabajo y costos de labranza con tracción animal (yunta de bueyes) en área total y roturando sólo las líneas de siembra ("labranza rayada") en algunas fincas de San Isidro y Alto Socorro de Hojancha (adaptado de Vieira et al., 1995).

Tipo de labranza	Pendiente* (%)	Tiempo** (hr/ha)	C o s t o		Desplazamiento**** (m/ha)
			¢/ha	¢/m***	
Vertedera (Area Total)	4	57,1	34286	0,81	42500
	12	62,5	37500	0,88	42500
Cincel o vertedera roturado en la línea (distancia de roturación)					
50 cm	12	20,6	12360	0,62	20000
60 cm	10-15	23,4	14100	0,85	16500
70 cm	35-40	50,0	30075	2,07	14500
80 cm	10	22,1	13275	1,06	12500
80 cm	8-15	29,5	17700	1,42	12500

(*) en cada finca varían las condiciones del terreno, los bueyes, los boyeros, etc;

(**) el total de horas gastadas (x4) = 2 bueyes + 1 boyero + 1 arador;

(***) costo del conjunto (2 bueyes + 2 hombres) para arar 1m lineal;

(****) distancia aproximada que se desplaza el conjunto para trabajar 1 ha de terreno.

En la FIGURA 13 se aprecia un área sembrada con maíz usando este sistema; más del 70% de la superficie del suelo está cubierta y protegida por los rastrojos.



FIGURA 13: Maíz sembrado con el sistema de “labranza rayada”, con buena cobertura protectora del suelo.

En Tierra Blanca de Cartago se está desarrollando otra experiencia con el arado de cincel. Algunos agricultores lo están utilizando para la preparación del suelo para los cultivos de papa y cebolla, buscando sobre todo aumentar la infiltración de agua en los sitios en donde la estructura del suelo está muy deteriorada por el uso continuo del rotavator. Además de mejorar la infiltración de agua y ayudar en el control de la erosión hídrica, el uso del arado de cincel reduce los costos de la labranza (TABLA 04).

En la región de San Mateo y Orotina también se ha utilizado el arado de cincel en la labranza primaria del suelo para diversos cultivos, entre ellos, maíz y sandía. Para sandía se ha implementado la labranza con cincel sólo en las líneas de siembra (labranza en fajas en contorno), dejando la calle con la cobertura de rastrojo para proteger el suelo (FIGURA 14). Este sistema es ventajoso en términos de costos, si se le compara con el uso tradicional de arado de discos o rastras de discos en toda el área.

TABLA 04: Comparación de costos de los sistemas de labranza tradicional y modificado para cebolla, en Tierra Blanca de Cartago (adaptado de Trujillo, 1996).

Tipo de labranza	Tiempo (hr/ha)	Costos	
		¢/hora	¢/ha
Sistema tradicional promedio			
• arada con arado de discos	4,0	3000	12000
• afinamiento con rotavator	3,0	3000	9000
• eras hechas a mano	72,0	150	10800
Total			31800
Sistema modificado			
• arada con arado de cincel	2,0	3000	6000
• afinamiento con rastra rotativa	2,5	3000	7500
• eras hechas a mano	72,0	150	10800
Total			24300



FIGURA 14: Area labrada en fajas con arado de cincel para la siembra de sandía, en Labrador de San Mateo.

6. SITUACIONES POTENCIALES PARA EL USO DEL ARADO DE CINGEL EN COSTA RICA

Si se tienen en cuenta las características de los principales sistemas de producción agropecuaria del país, las condiciones de los suelos y paisajes y las características de la labranza con cincel, se pueden señalar algunas situaciones en las que este equipo de labranza tendría más potencial de uso:

- a) *Suelos que poseen un horizonte A delgado y un horizonte B con características no deseables, como baja fertilidad, baja materia orgánica, textura muy arcillosa, alta cohesión cuando está seco, alta plasticidad y adherencia cuando está mojado, etc. En estas circunstancias no conviene traer el suelo deficiente hacia la superficie. Muchos de los Ultisoles, Alfisoles y algunos Inceptisoles del país se encuadran en esta descripción.*
- b) *Suelos con estructura muy deteriorada por el uso continuo e intensivo de equipos como las rastras y el rotavator, cuyos efectos principales son la pulverización superficial y la compactación subyacente a la capa arable (FIGURA 15).*
- c) *Cultivos de raíces y tubérculos en áreas con pendientes inferiores al 15%.*
- d) *Áreas de granos básicos, con tracción animal en laderas y tracción tractorizada en sitios de topografía suave.*
- e) *Cultivos cuyos sistemas radiculares no explotan toda el área de siembra, como sandía, pipián y ayote; con ellos puede usarse la labranza en fajas en la línea de siembra (véase FIGURA 14).*
- f) *Áreas destinadas a frutales arbóreos como mango, aguacate, marañón, etc., también con labranza en fajas en la línea de siembra.*

Considerando todas estas situaciones en las cuales, el arado de cincel podría cumplir un buen papel en el agro costarricense, y con base en la pequeña experiencia que ya hay en el país, se sugiere desarrollar más trabajos de investigación y adaptación tecnológica sobre el uso de este equipo, como un esfuerzo más en la búsqueda de alternativas que permitan alcanzar el objetivo de una agricultura productiva y conservacionista.



FIGURA 15: Suelo labrado con rotavator, muy afectado por la erosión, pulverizado en la superficie y con problemas de compactación en la capa subyacente (ver detalle), en Tierra Blanca de Cartago.

BIBLIOGRAFIA

- CASAO JR., R.; A.G. ARAUJO; G.H. MERTEN; J.C. HENKLAIN & R.G. MONICE FILHO. (1990). Preparo do solo e elementos de planejamento da mecanização agrícola. IAPAR, Londrina, 111p. (Material del curso de mecanización agrícola - no publicado).
- DERPSCH, R.; C.H. ROTH; N. SIDIRAS & U. KÖPKE. (1991). Controle da erosão no Paraná/Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. GTZ/IAPAR, Eschborn, 272 p.
- GUTIERREZ, J.R. (1992). Objetivos de la labranza. In: Manual de sistemas de labranza para América Latina. INTA/FAO, Roma, Cap.2, p.5-6. (Boletín de suelos de la FAO N°66).
- HERNANDEZ M.,X.M. (1993). Efecto de cuatro sistemas de labranza sobre algunas propiedades edáficas para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). UCR, San Pedro de Montes de Oca, 75 p. (Tesis de Maestría).
- HOOGMOED, W.B. (1982). Resultados da avaliação de escarificadores no Paraná/Brasil. Convenio IAPAR/GTZ, Londrina, 72p. (Informe de trabajo -no publicado).
- KRAUZE, R; F. LORENZ & W.B. HOOGMOED. (1984). Soil tillage in the tropics and subtropics. GTZ, Eschborn, 320 p.
- MCKYES, E. (1985). Soil cutting and tillage. Elsevier, New York, 217p. Developments in Agricultural Engineering N°7.
- NADERMAN, G. & M.J. VIEIRA (1992). Labranza de conservación. In: Manual de sistemas de labranza para América Latina. INTA/FAO, Roma, Cap. 6, p. 31-56. (Boletín de suelos de la FAO N° 66).
- TRUJILLO, J.M. (1996). Resultados obtenidos para el Area-Piloto de Tierra Blanca de Cartago: Informe socioeconómico. Proyecto MAG/FAO GCP/COS/012/NET, San José, 12p. (En borrador).
- VIEIRA, M.J.; O. BRENES R.; O. CID B.; A. CAMPOS & J.B. MENDEZ. (1995). Labranza "rayada" para maíz en áreas de ladera: opción para producir y conservar. Proyecto MAG/FAO GCP/COS/012/NET, San José, 2p. Hoja Divulgativa N° 3.

ANEXO 01: EJEMPLOS DE ALGUNOS MODELOS DE EQUIPOS DISCUTIDOS EN ESTE DOCUMENTO

Con la finalidad de orientar a los extensionistas en la selección de equipos de labranza, a continuación se presentan algunos tipos y modelos de equipos.

1. Modelos de arados de cincel

Hay diferentes modelos de arados de cincel, además de los presentados anteriormente. En la FIGURA 16 se observan dos arados de cincel con dientes semi-rígidos. En la FIGURA 17 se aprecia otro modelo de arado de cincel equipado con discos de corte de rastrojos ubicados delante de los dientes y una pequeña rastra desterronadora en la parte posterior; este es un equipo muy apropiado para trabajar en áreas con malezas o rastrojos.

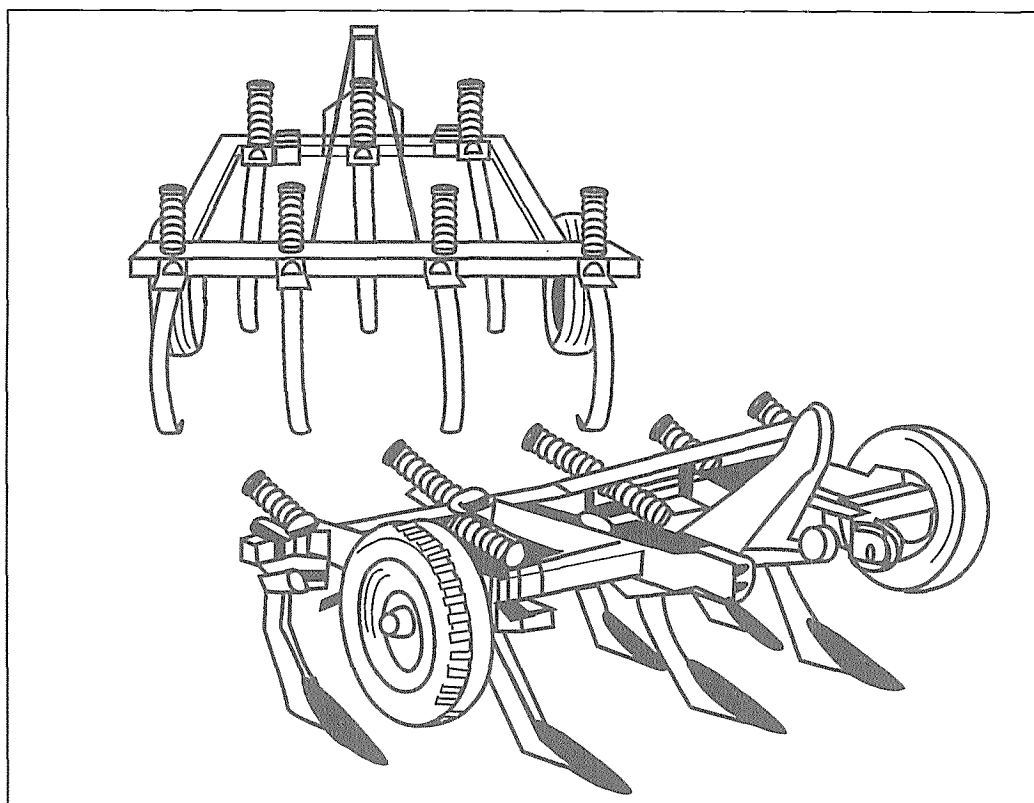


FIGURA 16: Modelos de arados de cincel con dientes semirígidos

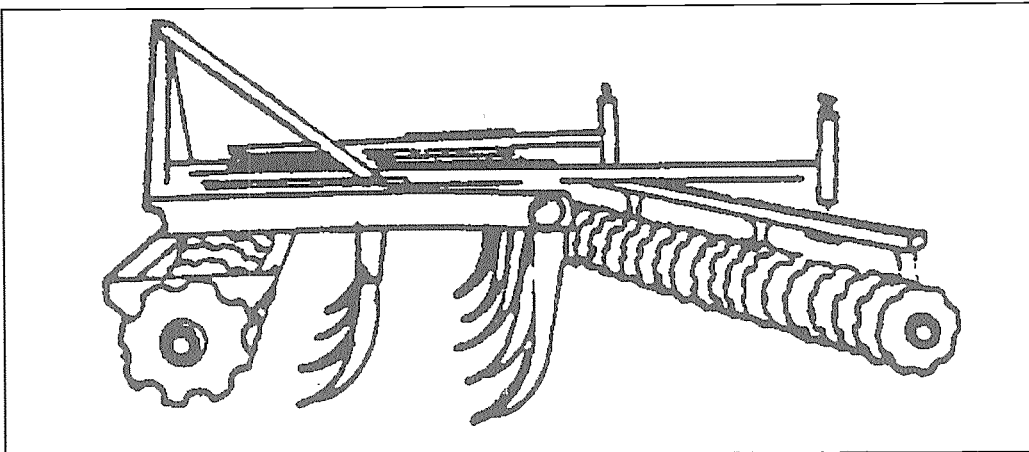


FIGURA 17: Modelo de arado de cincel más apropiado para trabajar en áreas con cobertura de malezas y rastrojos.

2. Modelos de arados de discos

Se presentan dos modelos de este tipo de arado, uno con discos fijos (FIGURA 18) y otro con discos reversibles (FIGURA 19). Los discos reversibles presentan algunas ventajas con respecto a los fijos, sobre todo en áreas pequeñas. Si el arado es de discos reversibles, el tractor puede ir y volver trabajando, lo que permite mayor flexibilidad, ahorro de tiempo y más facilidad para trabajar en contorno. Con el arado de discos fijos no se puede ir y venir trabajando, hay que dar la vuelta para retomar el surco de labranza siempre en la misma dirección o labrar en cuadro, lo que significa trabajar pendiente abajo en dos lados del cuadrado.

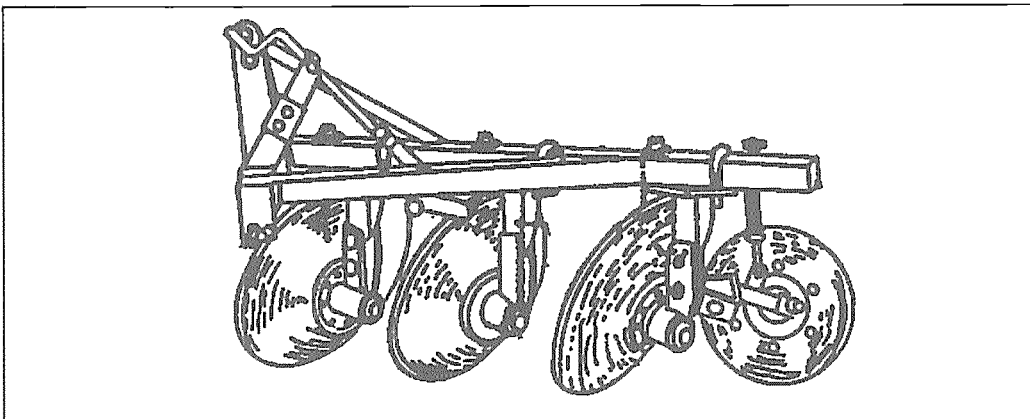


FIGURA 18: Modelo de arado de discos fijos.

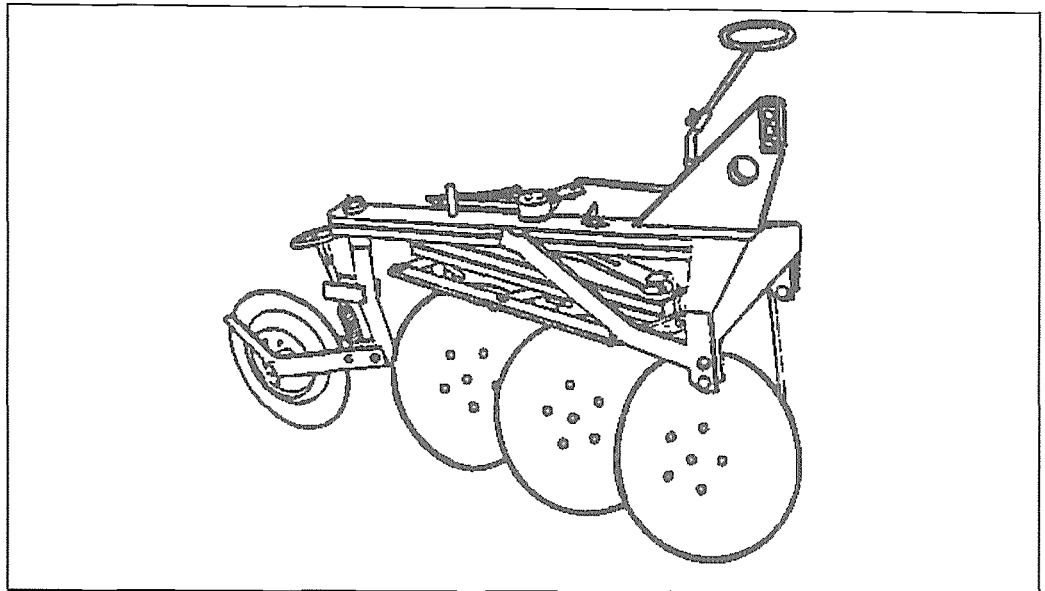


FIGURA 19: Modelo de arado de discos reversibles con una palanca para reversión.

3. Otros equipos

En las FIGURAS 20, 21 y 22 se presenta un modelo del arado de vertedera, de la rastra rompedora de discos y del rotavator, respectivamente

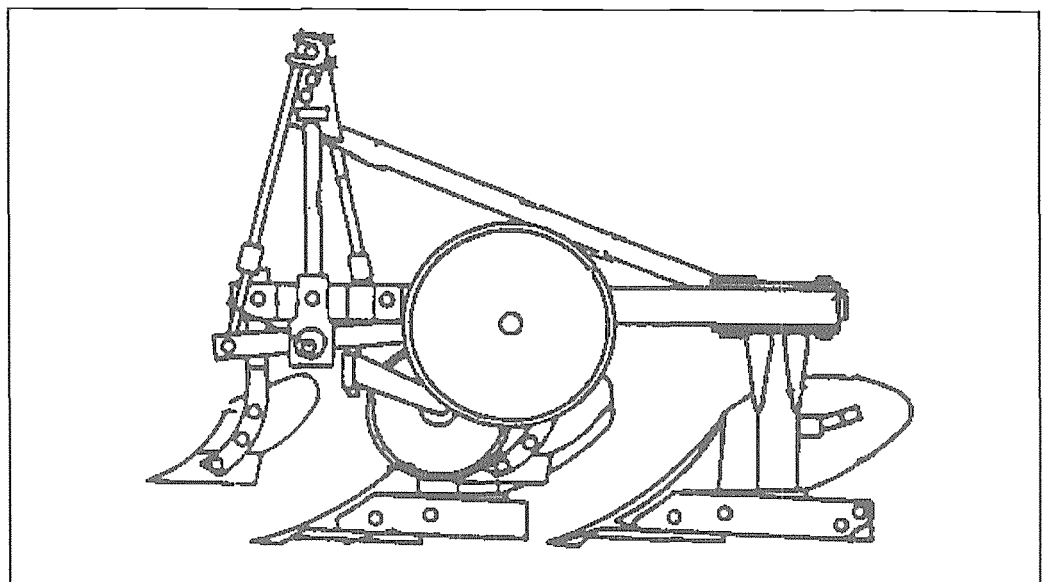


FIGURA 20: Modelo de arado de vertedera.

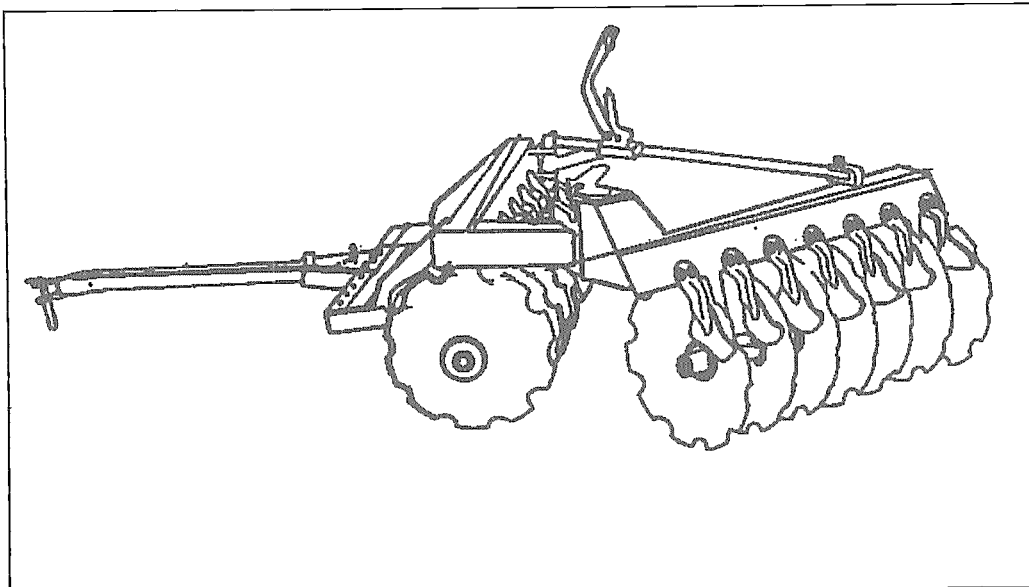


FIGURA 21: Modelo de rastra rompedora de discos.

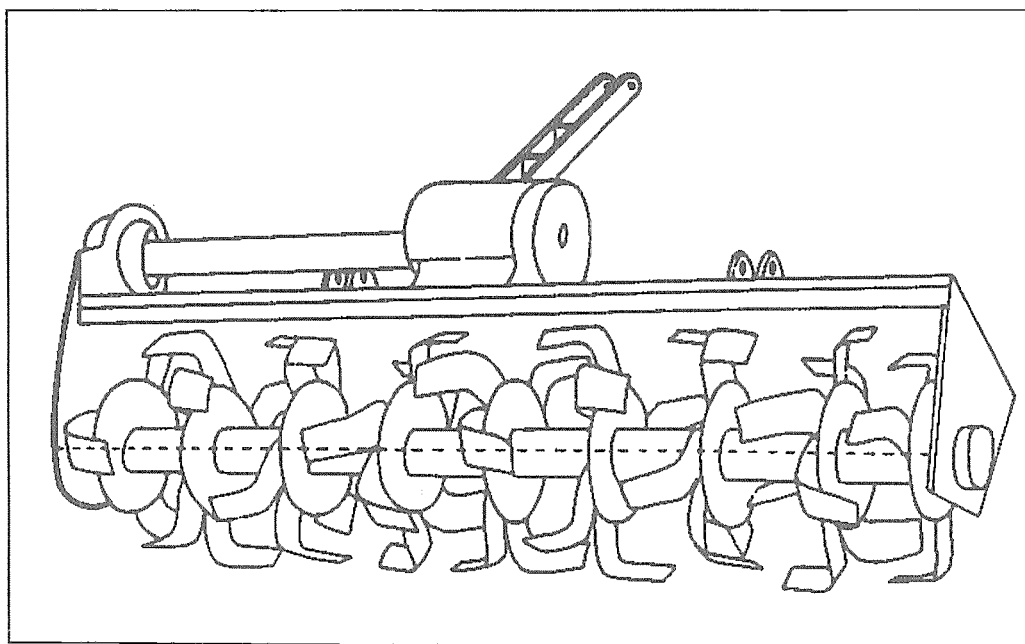


FIGURA 22: Modelo de rotavator.

GLOSARIO DE NOMBRES CIENTIFICOS

Ayote: *Cucurbita pepo*

Cebolla: *Allium cepa*

Frijol: *Phaseolus vulgaris*

Maíz: *Zea mays*

Papa: *Solanum tuberosum*

Pipián: *Cucurbita sp.*

Sandía: *Citrullus vulgaris*

Este libro se terminó de imprimir
en Master Litho S.A
en el mes de diciembre de 1996
Su edición consta de 1000 ejemplares