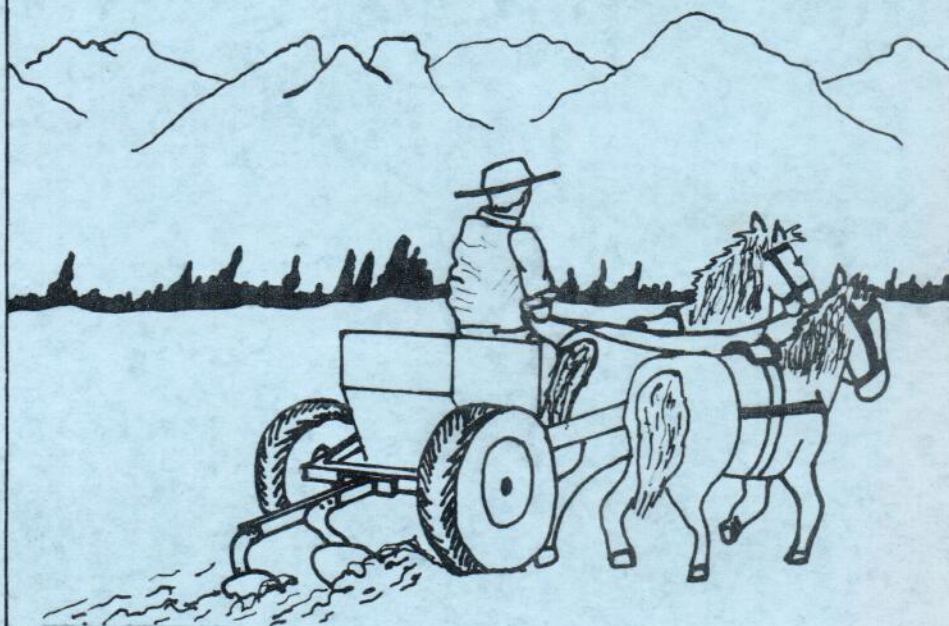




UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
DIRECCION DE EXTENSION

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

FUNDAMENTOS DE MECANIZACION
AGRICOLA CON TRACCION ANIMAL



Autores:
Jose Fdo. Reyes A.
Ing. Civil Metalurgico
Edmundo Hetz H.
Ing. Agronomo Ph.D.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

Boletin de Extensión N°27

Mayo 1988

Chillán

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

FUNDAMENTOS DE MECANIZACION AGRICOLA
CON TRACCION ANIMAL

José Fernando Reyes Aroca
Ing. Civil Metalúrgico M.Sc.

Chillán, mayo de 1988.

INDICE

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
I. INTRODUCCION	1
II. EQUIPOS DE PREPARACION DE SUELOS	4
A. Labranza primaria	4
B. Labranza secundaria	7
III. EQUIPOS PARA LA SIEMBRA	17
A. Siembra de grano grueso	17
B. Siembra de grano fino	17
IV. ESTRUCTURAS PORTAHERRAMIENTAS DE PROPOSITO MULTIPLE	20
A. Barra portaherramientas	20
B. Chassis tipo Ariana	21
C. Policultor	21
V. EQUIPOS PARA LA COSECHA	24
A. Cosecha de forrajes	24
B. Cosecha de granos	24
C. Cosecha de tubérculos	27
VI. EQUIPOS DE TRANSPORTE	28
VII. ANTECEDENTES TECNICOS Y ECONOMICOS DE LA MECANI- ZACION CON TRACCCION ANIMAL	31
A. Parámetros técnicos	31
B. Análisis de Costos	35
VIII. BIBLIOGRAFIA	41
IX. ANEXOS	42

I. INTRODUCCION

El uso de la energía de los animales domésticos ha tenido un profundo efecto en la historia de las civilizaciones e incluso, en el Sureste de Asia, en el Oriente Medio y en ciertos países bordeando el Mediterráneo, el uso de animales de tiro continúa siendo predominante en el cultivo del suelo.

En la mayoría de los casos los equipos de tiro animal fueron introducidos entre las dos guerras mundiales, en un intento por extender y popularizar esta tecnología. En países como Guinea, Mali, Nigeria y ciertas áreas de Africa del Este y Madagascar, las operaciones inicialmente se realizaron con bueyes; en otros casos, como Senegal por ejemplo, se usaron inicialmente los burros para tirar las primeras sembradoras, antes de la introducción del caballo.

Los primeros implementos introducidos variaron de acuerdo a la región y tipo de cultivo. En primera instancia, el objetivo fue reducir algunas dificultades específicas con ciertos tipos de labor, tales como velocidad insuficiente de trabajo o excesiva demanda de esfuerzo manual, en resumen, se trataba de introducir mayor potencia para la realización de las operaciones agrícolas. Rápidamente varios fabricantes desarrollaron herramientas mejor adaptadas a las condiciones de trabajo, a los requerimientos y capacidades de los agricultores, como así también a la potencia tractiva disponible. Los países a los cuales este desarrollo tardó en llegar, por lo tanto, tuvieron la buena suerte de incorporar los equipos mejor adaptados a sus condiciones locales.

El cultivo del arroz fue uno de los rubros que se benefició con la introducción del tiro animal, principalmente en Guinea y Madagascar. Los implementos usados allí fueron, casi exclusivamente, varios tipos

de arados y cultivadores. Lo mismo se aplica a la región Oriental de Africa, a pesar de la diversidad de equipos disponibles.

Para el cultivo del maní se introdujo una gran variedad de implementos. En general se hicieron esfuerzos iniciales por diversificar los equipos en uso, sin embargo, hasta hace poco tiempo, la sembradora fue el único implemento aceptado por los agricultores, mientras que en el Norte de Nigeria, el arado surcador sigue siendo el único equipo de tiro animal utilizado.

El algodón, por otra parte, fue poco afectado por la extensión de este proceso de mecanización hasta fines de la segunda guerra mundial. Desde entonces y, particularmente en los últimos años, los países de habla francesa han promovido la mecanización con tiro animal de este cultivo. Para tal efecto se ha introducido un amplio rango de implementos cuyas características varían de una región a otra, esto incluye equipos de labranza primaria y secundaria y equipos de transporte.

El continente americano también ha recibido la poderosa influencia de esta tecnología que ha sido empleada en sus diferentes niveles por la mayoría de los países de esta área, desde los primeros arados fabricados de madera hasta los implementos de diseño mejorado actualmente en uso, principalmente en México y Brasil, que han recibido una notoria influencia de los equipos desarrollados en Francia e Inglaterra.

En el caso de los países centroamericanos, la implementación para tiro animal se ha aplicado fundamentalmente a la tracción con bueyes, mientras que en el caso de Brasil existe una participación importante del caballo de tiro.

En general, actualmente se observan dos aspectos predominantes en la adopción de esta tecnología por los países en vías de desarrollo:

- * Desarrollo y difusión de equipos de diseño apropiado en áreas donde existían algunos implementos ya en uso, con lo cual se ha extendido la mecanización con tracción animal a la mayor parte de las labores de cultivo.
- * Entrenamiento intensivo y mecanización sistemática de ciertas operaciones agrícolas con la asistencia de Agencias externas que no siempre cuentan con la experiencia especializada en el tipo de producción agrícola local.

El conjunto global de experiencias previas, incluyendo éxitos y fracasos, ha proporcionado un valioso conocimiento de los problemas asociados al cultivo con tracción animal mediante la implementación actualmente disponible, apropiadamente adaptada a las condiciones locales y en general, con la excepción de algunas dificultades encontradas en ciertos países, se puede decir que la fase experimental está superada y que la orientación que se requiere ahora es hacia una acción efectiva y económicamente viable.

II. EQUIPOS DE PREPARACION DE SUELOS

A. LABRANZA PRIMARIA

Entre los equipos diseñados para trabajar el suelo antes de la siembra, el implemento esencial es el arado, no sólo debido al tipo de trabajo que realiza, sino que también, debido a que un sinnúmero de equipos pueden ser utilizados solamente después de la aradura; tal es el caso de los implementos de trabajo superficial que utilizan clavos y rodillos, además de otros elementos de labranza secundaria como cinceles y discos.

Existen varios tipos de arados que difieren en cuanto a diseño y características de sus regulaciones, su peso y los materiales usados en su fabricación. El diseño más convencional corresponde al arado tipo europeo que posee vertedera y punta independiente. De acuerdo a los aspectos anteriormente citados, podemos distinguir los tipos siguientes:

1. Arado sin estabilidad. Tiene 6 a 8 pulgadas (15 a 20 cm) de ancho nominal de trabajo y su peso raramente excede de 25 Kg (Figura 1). A pesar de lo liviano y, por ende, bajo costo, este modelo posee el efecto de hacer difícil para el operador el control de profundidad especialmente en aquellos casos en que el suelo presenta variaciones de textura, lo cual demanda un considerable esfuerzo del operador para mantener el implemento a una profundidad uniforme.

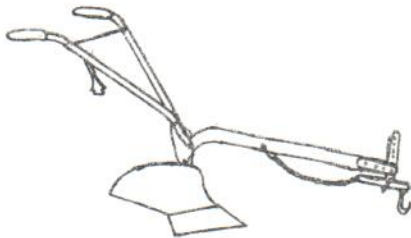


Figura 1. Arado sin estabilidad.

2. Arado con estabilidad longitudinal. Este es un arado con rueda de apoyo, que es el modelo más difundido, ya que combina la simplicidad de su construcción con la sencillez de ajuste y operación. El ancho nominal de trabajo de este implemento en sus distintas versiones, fluctúa entre 6 y 11 pulgadas (15 a 28 cm), pudiendo ser de vertedera simple o vertedera reversible (Figura 2). El control de profundidad y orientación del arado se logra variando la distancia del eje de la rueda frontal respecto del bastidor.

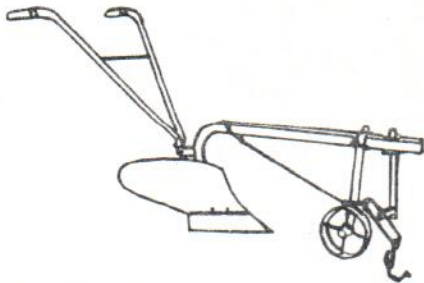


Figura 2a.

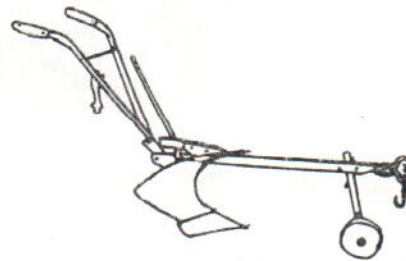


Figura 2b.

Figura 2. Arado con estabilidad longitudinal

2a. Vertedera simple

2b. Vertedera reversible

3. Arado con estabilidad lateral y longitudinal. En este tipo de implemento, la estabilidad lateral se consigue mediante el empleo de doble rueda frontal, manteniéndose el resto de las características del arado con estabilidad longitudinal anteriormente descrito. Debe hacerse una distinción entre arados de doble rueda en los cuales el bastidor es fijo y las ruedas son de altura y ancho variable, respecto a aquellos en los cuales el bastidor se puede rotar variándose así la inclinación de la vertedera, en tal caso, la estabilidad lateral es solamente relativa.

Existen pocos modelos de estas características que en general son más difíciles de regular que los arados de rueda sencilla y además son más difíciles de maniobrar en terrenos con obstáculos, razones por las cuales su aplicación es escasa en la actualidad.

4. Arado Surcador. Este implemento sigue exactamente las mismas normas descritas para los tipos de arado de vertedera anteriormente analizados, excepto que el elemento de labranza está conformado por dos vertederas simétricas convergentes (Figura 3). Por lo tanto, es en efecto, un doble arado que corta el suelo y lo invierte simultáneamente a derecha e izquierda, configurando un surco. La regulación de profundidad sigue las mismas reglas de un arado simple, con la diferencia que en este implemento, la regulación lateral no es necesaria ya que las componentes laterales de las fuerzas de resistencia del suelo sobre ambas vertederas, se cancelan mutuamente. La profundidad del surco depende del ancho del arado y del ángulo de convergencia de las vertederas que determina la cantidad de suelo invertido.

El esfuerzo tractivo en labranza directa con este implemento es mayor que para un arado convencional, razón por la cual en esta modalidad se emplea el tiro de bovinos. Existe también la posibilidad de utilizarlo en dos pasadas para profundizar en forma

progresiva, no obstante el ajuste de profundidad se hace muy complicado. En nuestro medio, este implemento presenta un gran potencial de uso para el trazado de surcos de riego sobre suelo trabajado.

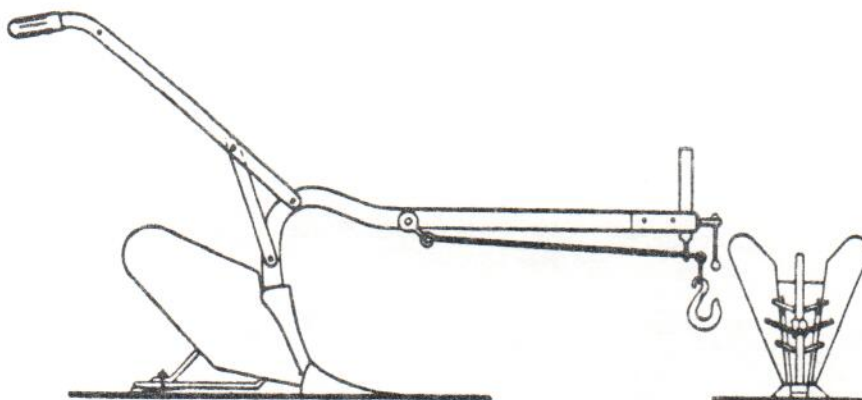


Figura 3. Arado surcador.

B. LABRANZA SECUNDARIA

Comprende aquellos implementos diseñados para operar como complementación de la aradura en labores de preparación de suelo para la siembra, control de malezas y, en algunos casos, como sustituto del arado.

1. Rastra de discos. Aunque se trata de un equipo de tremenda utilidad en la preparación de suelos en nuestro país, su uso con tiro animal aun merece ciertas reservas debido a que debe ser empleado a altas velocidades para conseguir un trabajo efectivo, lo cual es generalmente una limitante seria, ya que su elevado peso demanda un gran esfuerzo de tracción. Por estas razones, solamente la versión más liviana de este implemento es aplicable a nuestro análisis. Esta consiste en dos ejes que forman una V

abierta hacia la parte frontal, sobre cada uno de los cuales descansan 3 a 6 discos cóncavos montados verticalmente sobre rodamientos o bujes que les permiten la rotación (Figura 4). Estos discos tienen un diámetro de 50 cm y una separación de 15 a 20 cm. El grado de disgregación del suelo con este implemento dependerá de la velocidad de trabajo y del ángulo de ataque entre semi-ejes, el cual es posible regular de acuerdo a las necesidades del terreno.

2. Cultivadores. Comprende una amplia gama de implementos con dientes rígidos o flexibles en cuyo extremo inferior se alcanzan una serie de puntas de variadas formas y tamaños de acuerdo a la función deseada. Estos implementos difieren entre sí en cuanto al tipo de diente y al tipo de punta.

a) Clasificación de acuerdo al tipo de punta.

Puntas escarificadoras. Se construyen dando forma de herramienta cultivadora a la parte inferior del diente, son delgadas y de forma cóncava (50 a 55 mm de ancho) lo cual les permite penetrar el suelo con un ángulo de entrada de 30° a 60° . El escarificador permite la aireación y remoción profunda del suelo (Figura 5).

Puntas cultivadoras. Son elementos de cultivo de montaje sobre el extremo inferior frontal del diente. Son angostos, alargados y generalmente reversibles, tal como se ilustra en la Figura 6.

Escardillas. Son elementos de forma triangular con dos aletas laterales de forma cóncava. La penetración del suelo en este caso es muy superficial y con un ángulo de ataque pequeño ya que el objetivo es desarraigar las malezas y soltar el suelo en

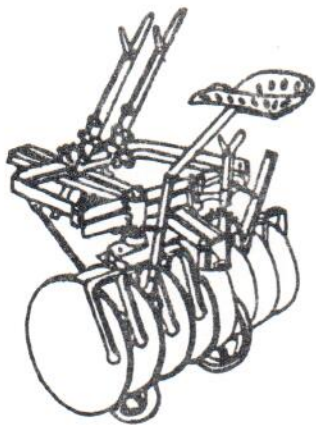


Figura 4. Rastra de discos.

Figura 5. Puntas escarificadoras.

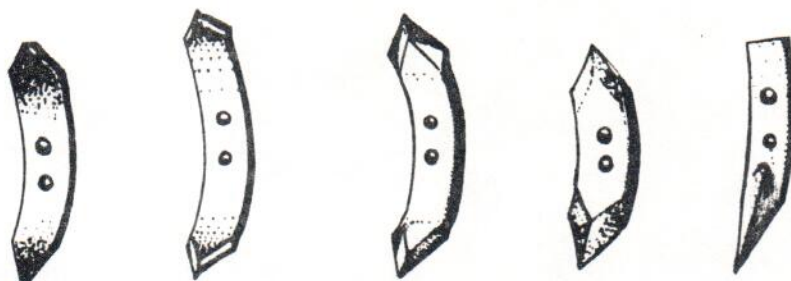
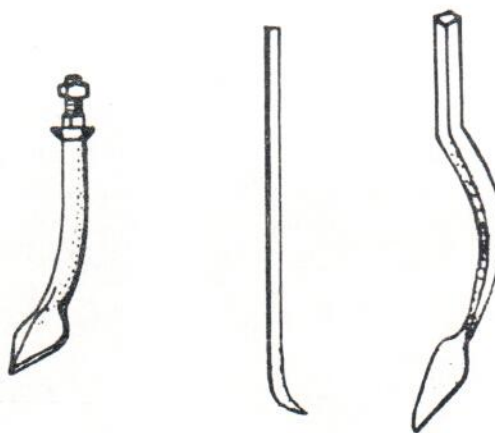


Figura 6. Puntas cultivadoras.

la zona superior (Figura 7).

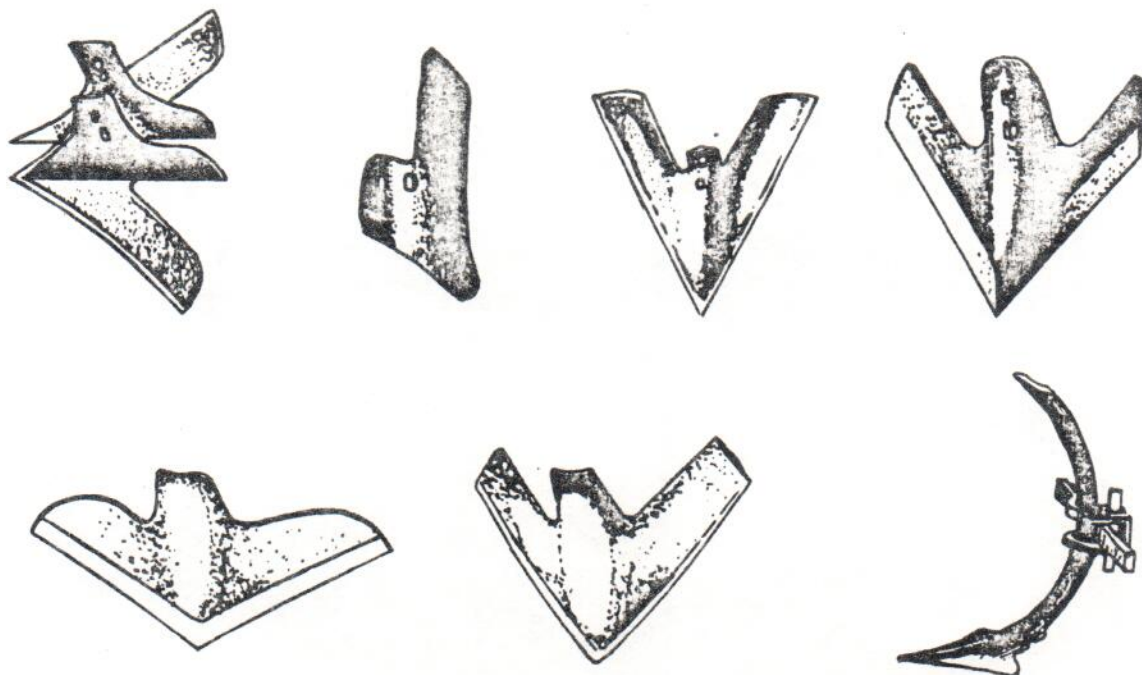


Figura 7. Distintos diseños de escardillas.

b) Clasificación de acuerdo al tipo de dientes.

Dientes rígidos. Los distintos diseños de este componente se ilustran en la Figura 8. Los dientes rígidos son poco comunes en implementos de tiro animal, pero de gran utilidad para destruir compactaciones en los cultivos. Se montan en forma vertical y generalmente no poseen ningún sistema de seguridad contra obstáculos.

Dientes rígidos pivotantes. Tal como se muestra en la Figura 9, estos elementos se montan verticalmente apoyándose en un pivote del bastidor del implemento y se cargan con un resorte de seguridad, sistema que les permite girar retrayéndose ante

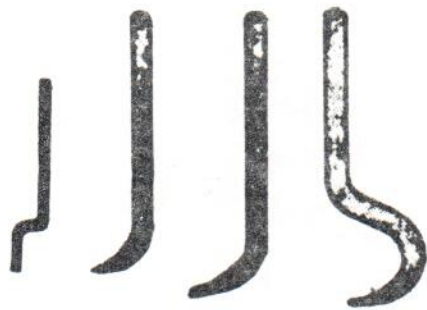


Figura 8. Dientes rígidos.

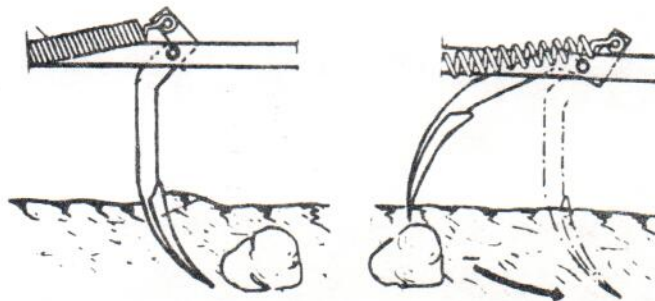


Figura 9. Dientes rígidos pivotantes.

ante la presencia de obstáculos en el suelo.

Dientes flexibles. Existen dientes flexibles con distintos grados de elasticidad. El tipo más común es el diente plano que consiste en una hoja de acero curvada, cuya parte superior en algunos casos es reforzada. Otro diseño de diente flexible, de limitada aplicación al tiro animal, es el diente espiral, de perfil cuadrado. Los distintos formatos se ilustran en la Figura 10.



Figura 10a.



Figura 10b.



Figura 10c.

Figura 10. Dientes flexibles.

- 10a. diente plano
- 10b. diente plano reforzado
- 10c. diente espiral

La gama de cultivadores hasta aquí descritos se utilizan sobre marcos, chasis o bastidores, mediante uniones fijas, o mediante abrazaderas ajustables que permiten variar la ubicación lateral del diente y la profundidad de la punta. En el caso de implementos cultivadores para trabajar un solo corredor entre hileras, las uniones generalmente son del tipo de abrazaderas que permiten el reemplazo de herramientas y la variación del ancho de trabajo. La regulación de profundidad se consigue con ruedas ajustables (Figura 11), existiendo algunos equipos de gran versatilidad que permiten el ajuste del ancho de trabajo sobre la marcha, una de cuyas versiones se muestra en la Figura 12. Sin embargo, la tendencia mayoritaria actual, es la utilización de marcos porta-herramientas, generalmente de mayor ancho de trabajo, dotados de ruedas fijas o regulables, a los cuales es posible montar distintas combinaciones de dientes y puntas mediante abrazaderas para posibilitar la selección del ancho y profundidad de trabajo.

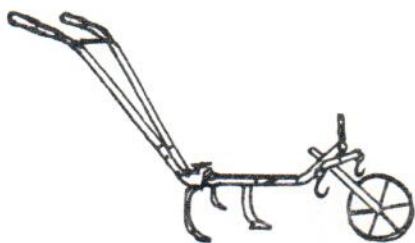


Figura 11. Cultivador tipo accidental.

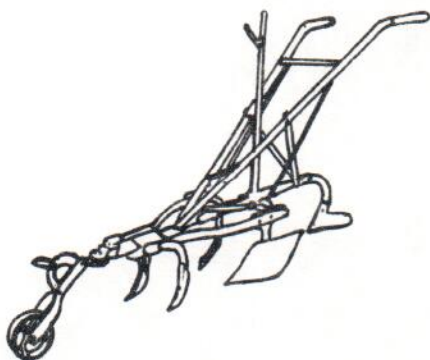


Figura 12. Cultivador de ancho ajustable.

3. Rastras de clavos. Estos implementos, en sus distintas versiones, están destinados a labores de mullimiento de la cama de siembra por la acción de clavos rígidos o flexibles que permiten la remoción superficial del suelo. Entre los prototipos disponibles se encuentra la rastra de clavos rígidos tipo zig-zag (Figura 13) y rastra de clavos flexibles (Figura 14) que tiene también una gran aplicación en el control mecánico de malezas post-emergencia. Especial mención requieren algunos modelos fabricados en madera tipo peineta que consisten de un cuerpo principal de sección rectangular o circular de alrededor de 1.10 m de ancho, con dientes de madera o metal cuyo largo normalmente es de 30 cm, tal como se ilustra en la Figura 15. La remoción de los clavos en estos implementos permite concluir la preparación de la cama de siembra micronivelando y sellando la superficie para minimizar la pérdida de humedad del suelo.

4. Rodillos compactadores. La función de estos implementos es el sellado y compactación superficial de la cama de siembra, con el objeto de crear las condiciones adecuadas para una buena germinación de la simiente. Los distintos diseños difieren en cuanto a las características del área de contacto entre implemento y suelo, selección que debe hacerse en base a la condición específica de cada cultivo y condiciones del suelo. Es así como existen rodillos lisos (Figuras 16), anillados (Figura 17) y dentados (Figura 18).

La combinación de clavos y rodillos en un solo equipo es una alternativa de gran utilidad para el tiro animal, existiendo en la actualidad un número limitado de prototipos en uso, ya que demandan un esfuerzo de tracción considerablemente mayor que el uso de ambos implementos en forma independiente.

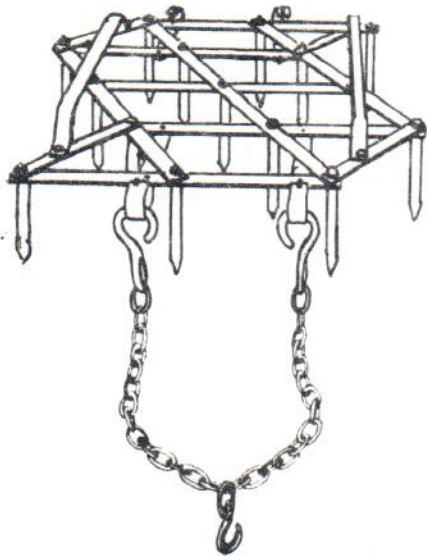


Figura 13. Rastra de clavos rígidos tipo zig-zag.

Figura 14. Rastra de clavos flexibles.

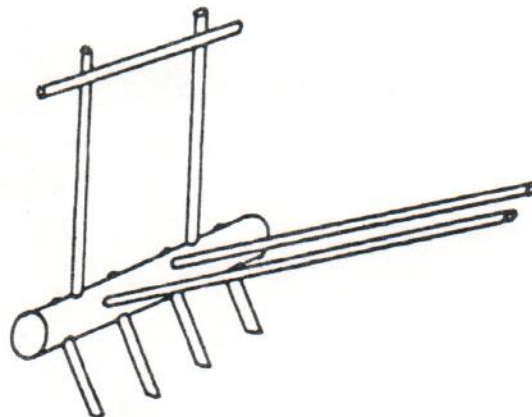
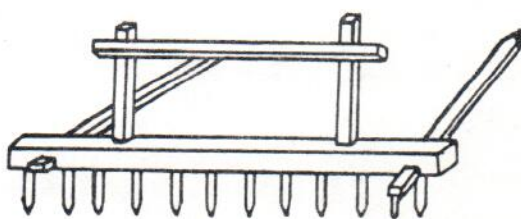
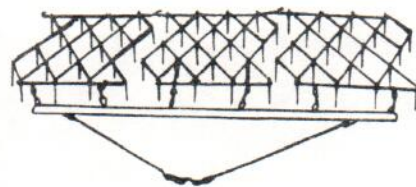


Figura 15. Dos modelos de rastra tipo peineta.

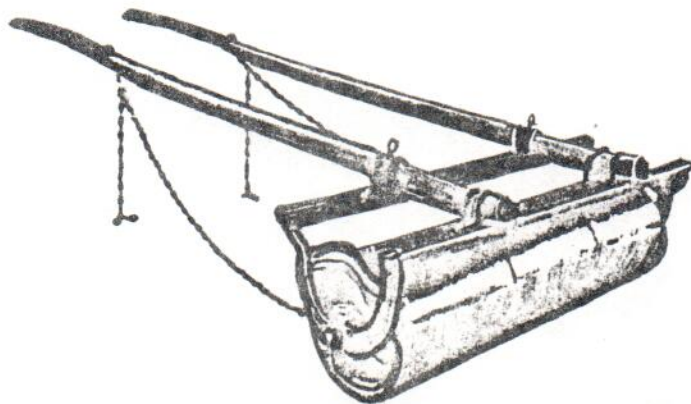


Figura 16. Rodillo compactador liso.

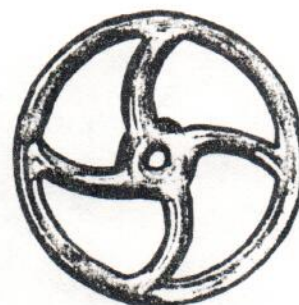
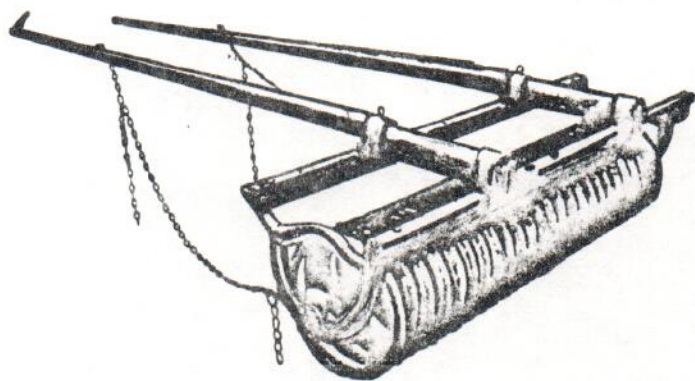


Figura 17. Rodillo compactador anillado.

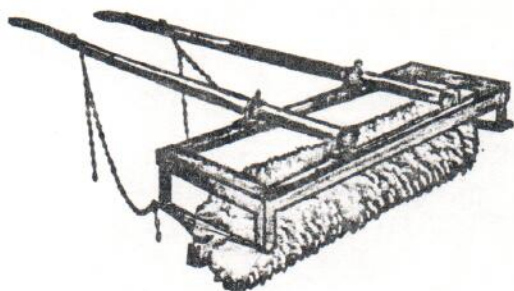


Figura 18. Rodillo compactador dentado.

III. EQUIPOS PARA LA SIEMBRA

En razón a que la calidad de esta operación es de primordial importancia en los resultados de cualquier cultivo, la selección de estas máquinas debe estar orientada a aquellos prototipos que ofrezcan el mejor potencial en términos de calidad de labor. Esto implica la optimización en la ubicación y dosificación de semilla y fertilizante.

A. SIEMBRA DE GRANO GRUESO

Entre la gama de equipos disponibles para la siembra de cultivos como maíz, porotos, girasol, maní, etc., el denominador común lo constituye un equipo capaz de dosificar el número adecuado de semillas sobre la hilera, junto a una correcta deposición del abono. Esta unidad de siembra, como la que se ilustra en la Figura 19, posee dosificadores y abridores de surco independientes tanto para la semilla, como para el fertilizante. La siembra de distintos granos se consigue mediante el uso de distintos platos alveolados que difieren en el tamaño del calibre y número de alveolos. El dosificador de fertilizante clásico en este equipo está constituido por un rodete impulsor de eje vertical y una compuerta de regulación de flujo de descarga. Ambos sistemas son accionados desde una rueda compactadora trasera, mediante ruedas dentadas y cadenas.

B. SIEMBRA DE GRANO FINO

Para la siembra de raps, variedades pequeñas de frejol, cereales y pasturas, principalmente, la máquina apropiada es una de las

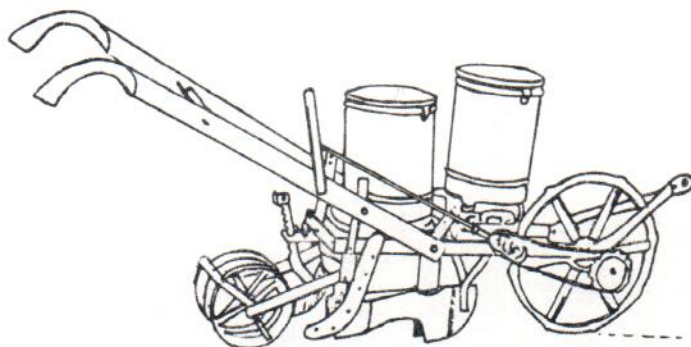


Figura 19. Unidad sembradora abonadora de grano grueso.

versiones tradicionales como la que se muestra en la Figura 20. Estos prototipos poseen depósitos y dosificadores de chorro continuo independientes para semilla y fertilizante, como abridores de surco del tipo disco o patín, diseñados para la siembra de 6 a 9 hileras. Los dosificadores generalmente son de tipo impulsor de eje horizontal desplazable para regulación de flujo de descarga.

Los marcos portaimplementos son una alternativa atractiva para el montaje de unidades sembradoras, tanto de grano grueso como grano fino, ya que permiten atender con un mínimo de aparataje toda la gama de necesidades de equipos de siembra.

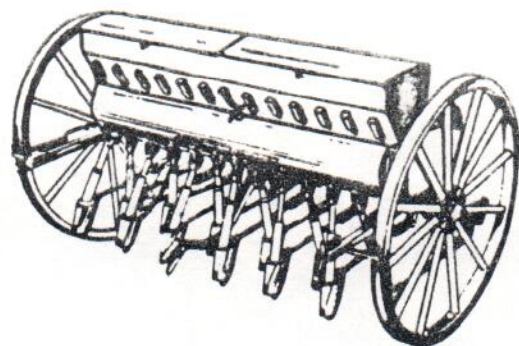


Figura 20. Máquina sembradora abonadora de grano fino.

IV. ESTRUCTURAS PORTAHERRAMIENTAS DE PROPOSITO MULTIPLE

Debido a consideraciones de carácter económico, para el pequeño agricultor no siempre es factible adquirir toda la gama de implementos necesarios para el manejo de sus cultivos, razón que ha motivado el desarrollo, principalmente en Europa, de algunos modelos de chasis portaherramientas, capaces de operar con toda la variedad de elementos de preparación de suelos, cultivo y siembra, concentrados en una sola unidad, permitiendo así minimizar la inversión en equipamiento, ya que este principio permite la realización de las distintas operaciones en forma sucesiva, incluso hasta el transporte de insumos. Este equipo se compone de dos partes : la estructura portaherramientas que es la misma para cualquier propósito, y los implementos que pueden reemplazarse de acuerdo al trabajo específico a realizar.

Existe una clara distinción entre estructuras multipropósito con rueda de regulación de profundidad y de estabilización, respecto de aquellas equipadas con ruedas de transporte. Las primeras son considerablemente más livianas, su tiro es solamente mediante cadenas y permiten ser levantadas por el operador ante la presencia de obstáculos, con relativa facilidad. Las segundas, especialmente aquellas equipadas con asiento para el operador, son pesadas, su tiro es mediante pértigos y cadenas, siendo aptas preferentemente para la operación en terrenos libres de obstáculos, anteriormente trabajados.

A. BARRA PORTAHERRAMIENTAS

Consiste en un chasis de perfiles de sección rectangular, unidos en forma de T, sobre cuyo extremo frontal se monta una rueda de

regulación de profundidad y de estabilidad longitudinal, tal como se muestra en la Figura 21. Posee además dos manceras de inclinación variable para facilitar el control y la estabilidad por parte del operador. Este prototipo que puede llegar a pesar 20 Kg, ha sido diseñado especialmente para animales de tiro liviano, razón por la cual, permite el acoplamiento de arados de vertedera y surcadores de hasta 8 pulgadas (20 cm), además de toda la gama de dientes y puntas cultivadoras.

B. CHASSIS TIPO ARIANA

Se trata de una estructura diseñada para tiro liviano y semipesado, de forma rectangular, con dos ruedas o patines frontales de altura regulable, para la estabilización tanto longitudinal como lateral y dos manceras de inclinación variable para el manejo cómodo del operador. La estructura está concebida para el montaje de arados de vertedera y surcadores de hasta 10 pulgadas (25 cm) y en general incluye una barra de acoplamiento trasero que permite ampliar el ancho de trabajo con toda la gama de cultivadores disponibles, tal como se muestra en la Figura 22.

C. POLICULTOR

Las estructuras diseñadas bajo esta categoría, son aptas para animales de tiro pesado, como asimismo los implementos de labranza desarrollados para ellas. En la mayoría de los casos, el ancho de trocha de las ruedas de transporte es ajustable en el rango de 0.6 a 2 metros y la barra de montaje trasero de altura regulable es articulada, permitiendo el levante o bajada mediante una palanca ubicada cerca del asiento del operador y al alcance de éste. El conjunto de implementos disponibles para este equipo comprende arados de vertedera y arados surcadores de hasta 11 pulgadas de ancho (28 cm), rastra de 6 discos de 40 cm, cultivado-



Figura 21. Barra portaherramientas.

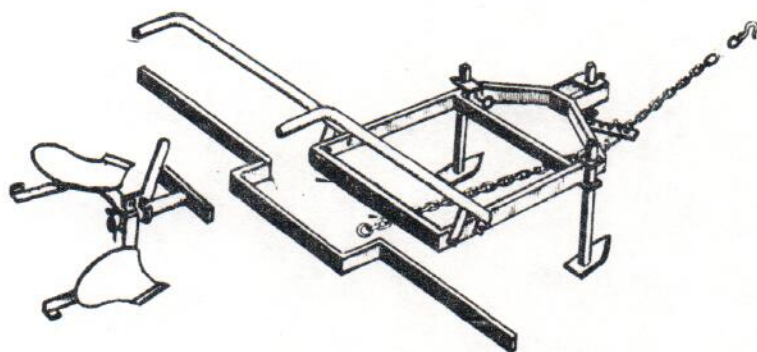


Figura 22. Chasis portaherramientas tipo Ariana

res de variados tipos, pala microniveladora, unidades sembradoras de grano grueso y grano fino, plataforma para el transporte de insumos e incluso pulverizadores de barra y segadoras de pasturas que generalmente son accionadas por motores estacionarios de combustión interna. Un modelo clásico de este equipo se ilustra en la Figura 23.

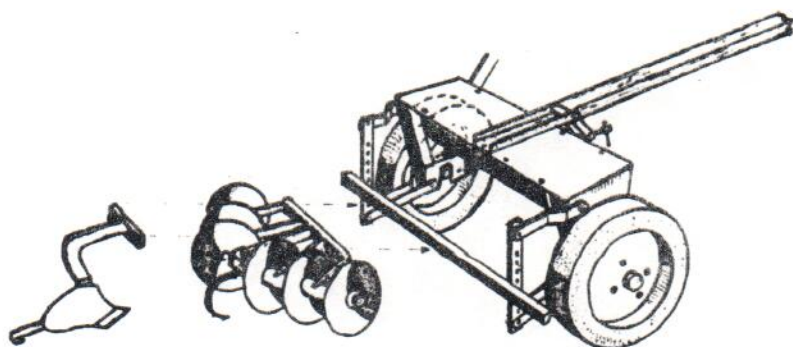


Figura 23. Policultor.

V. EQUIPOS PARA LA COSECHA

Entre los equipos de cosecha de tecnología adecuada a las condiciones del país, existen algunos modelos recomendables de introducir, avalados por la experiencia de ellos extraída durante varias décadas. Las características básicas mostradas por estos equipos se describen en los párrafos siguientes:

A. COSECHA DE FORRAJES

Para el segado de pasturas, la barra segadora alternativa mostrada en la Figura 24, es un equipo de gran confiabilidad. Puede ser accionada mediante un mecanismo de corona y piñón a través de una de las ruedas de transporte o, en algunos casos, mediante un motor estacionario de combustión interna cuando se emplea sobre un chasis multipropósito. Está dotada de pértigos para el acoplamiento del caballo y de un asiento para el operador. Otro equipo de gran utilidad es el rastrillo hilerador transversal de golpes, mostrado en la Figura 25 que posee las mismas características que el equipo anteriormente descrito en términos de ubicación del operador, configuración de ruedas de transporte y enganche del animal.

B. COSECHA DE GRANOS

La incorporación de esta tecnología a escala de pequeños propietarios es discutible por la envergadura de la inversión y las necesidades de infraestructura para mantenimiento y reparación, de manera que este tópico en particular requiere de un análisis técnico-económico de mayor profundidad. Los modelos disponibles para este fin, pesan entre 400 y 800 Kg y utilizan la tracción

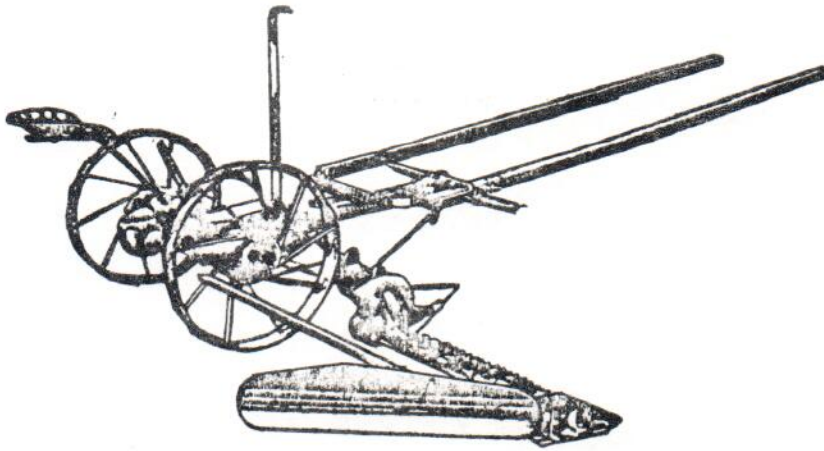


Figura 24. Segadora alternativa.

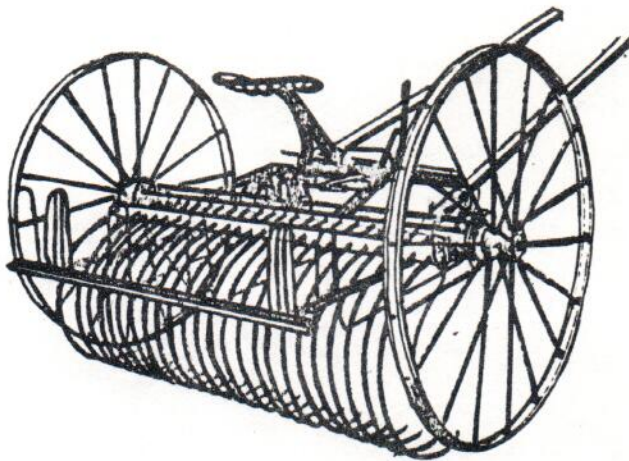
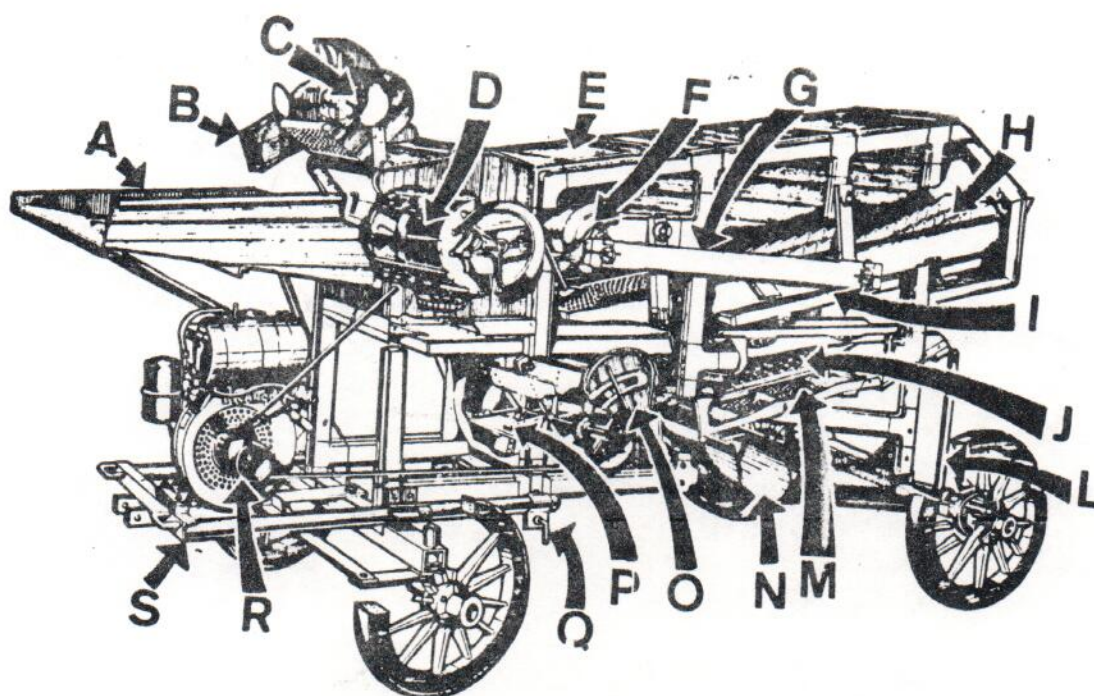


Figura 25. Rastrillo hilerador de golpes.

animal solamente para el transporte de la máquina ya que la operación es estacionaria, mediante un motor de combustión interna. La potencia requerida por estos equipos fluctúa entre 10 y 15 Hp, siendo capaces de cosechar entre 800 y 4.000 Kg/hora, dependiendo del tamaño y potencia de la máquina y del tipo de grano. Los detalles constructivos de uno de estos prototipos se ilustran en la Figura 26.



- | | |
|------------------------|-------------------------------------|
| A. Mesa | B. Entrada del elevador de grano |
| C. Aspirador de polvo | D. Cilindro desgranador |
| E. Tapa de inspección | F. Cilindro despajador |
| G. Brazo de movimiento | H. Sacapaja |
| I. Bandeja | J. Tamiz de uña |
| L. Palanca de freno | M. Tamiz de tara |
| N. Salida del grano | O. Regulador de aire del ventilador |
| P. Ventilador | Q. Manilla fijadora del chasis |
| R. Polea del motor | S. Chasis del motor |

Figura 26. Cosechadora de granos.

C. COSECHA DE TUBERCULOS Y RAICES

Los implementos de tiro animal son escasamente usados para la cosecha subterránea, debido a que los equipos adaptados con este fin son pesados y difíciles de tirar, además, las formas de los tubérculos y la presencia de tallos superficiales normalmente dificultan la operación. Por estas razones, uno de los pocos implementos levantadores de tubérculos es el cosechador de papas, como el que se muestra en la Figura 27, que consiste en un cuerpo triangular cóncavo con prolongaciones dentadas hacia la parte posterior, con el fin de separar la tierra. Es usual el empleo de cuerpos de arados surcadores tradicionales con este mismo fin, lo cual incrementa notablemente el esfuerzo tractivo necesario para su operación.

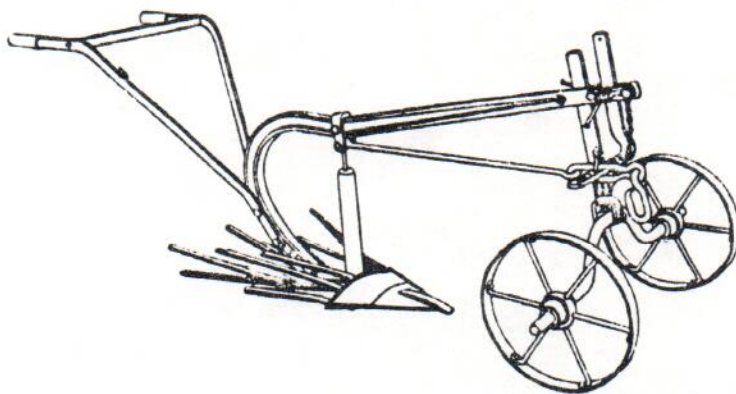


Figura 27. Cosechador de papas.

VI. EQUIPOS DE TRANSPORTE

Los equipos de tiro animal con fines de transporte son una alternativa adecuada no tan solo a nivel de pequeños productores, sino que también representan excelentes perspectivas para reducir los costos por concepto de transporte interpredial a los medianos empresarios agrícolas que usualmente destinan equipos motorizados sobredimensionados en potencia con estos fines.

Respecto del pequeño propietario, aunque el carro de transporte agrícola de tiro animal representa un elemento matriz para asistir a otros equipos en un gran número de labores agrícolas, no siempre es posible amortizar su costo, debido a que es un equipo que no contribuye directamente a incrementar los rendimientos de los diferentes cultivos, como por ejemplo es el caso del arado, cuyo costo fluctúa entre un tercio y un quinto del valor del carro de transporte y su incidencia en los resultados productivos del cultivo resulta evidente. Una de las formas de enfocar la solución de esta limitante económica, es la utilización del chasis del policultor como estructura base sobre la cual es posible montar una plataforma de transporte. El carro así ensamblado, tal como se muestra en la Figura 28, carece de mecanismos de amortiguación y está equipado con neumáticos cuyo tamaño de llanta puede llegar a 21 pulgadas (53 cm).

Las otras alternativas apropiadas, presentan variadas características al diseño, capacidad, materiales de construcción y costo. El diseño mas rudimentario es el tipo de carro de volteo mostrado en la Figura 29, con chasis de madera, montado sobre un eje de sección cuadrada de 35 ó 40 mm, para cargas útiles de 500 y 1.000 Kg, respectivamente. Las ruedas son construidas de pletinas de acero con diámetros que van de 50 a 120 cm, anchos que van de 8 a 15 cm y cuyos descansos son del tipo buje y graserá.

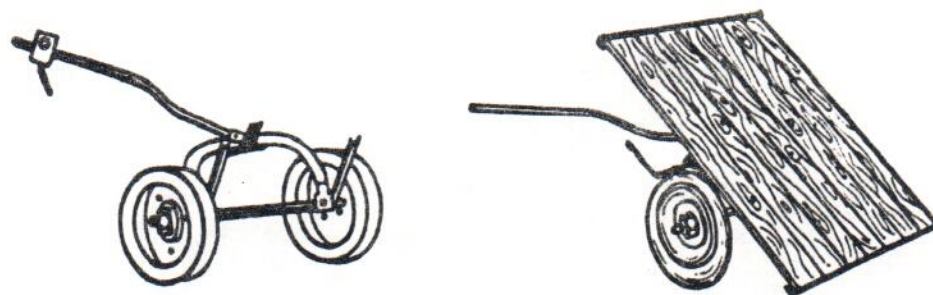


Figura 28. Chassis policultor con plataforma de transporte.

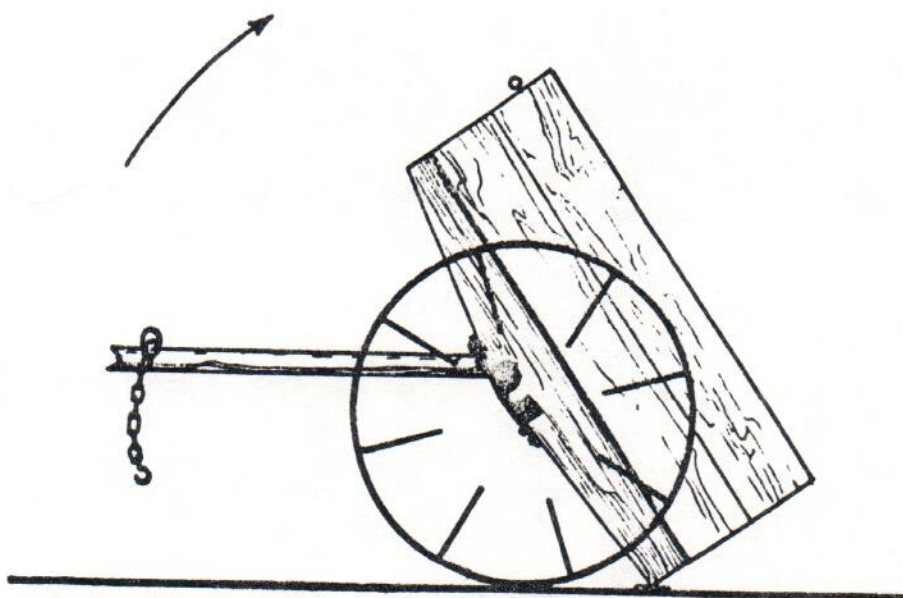


Figura 29. Carro de volteo con chasis de madera.

Un nivel de tecnología más avanzado, está representado por el prototipo mostrado en la Figura 30 que incorpora resortes planos para la amortiguación, chasis de perfiles de acero y neumáticos de diámetro similar a los del policultor, montados sobre rodamientos de rodillos.

En términos generales, los variados modelos de carros descritos pesan entre 100 a 200 Kg, su ancho varía entre 140 y 160 cm y su largo fluctúa entre 100 y 140 cm, con capacidades de carga útil de hasta 1.000 Kg

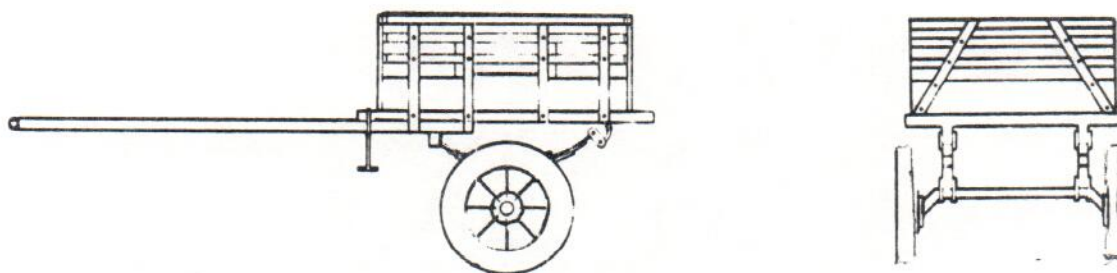


Figura 30. Carro multipropósito de tecnología mejorada.

VII. ANTECEDENTES TECNICOS Y ECONOMICOS DE LA MECANIZACION CON TRACCION ANIMAL

A. PARAMETROS TECNICOS

1. **Capacidad efectiva de trabajo.** La capacidad efectiva de trabajo es el área efectivamente trabajada en la unidad de tiempo con un equipo agrícola. Se expresa como :

$$CE = E_f \times CT \quad (\text{ha/h})$$

donde :

E_f : Eficiencia de campo (decimal)

CT : Capacidad teórica de trabajo (ha/h)

Eficiencia de campo es la fracción de tiempo realmente trabajado y se expresa como :

$$E_f = \frac{T_e}{T_t} \quad (\text{decimal})$$

Donde :

T_e : Tiempo efectivamente trabajado (h)

T_t : Tiempo total em pleado (h)

La capacidad teórica de trabajo se puede estimar mediante la si-

guiente relación :

$$CT = \frac{A \times V}{10} \text{ (ha/h)}$$

donde :

A : Ancho de trabajo del equipo (m)

V : Velocidad de trabajo (Km/h)

2. Capacidad de trabajo de equinos. Estudios experimentales han demostrado que a medida que disminuye la fuerza de tracción media, la capacidad de trabajo diario del animal aumenta hasta un valor óptimo de horas de trabajo, decreciendo nuevamente para jornadas de trabajo más prolongadas. La tabla siguiente entrega datos recopilados, para un equino de 500 Kg de peso trabajando a una velocidad uniforme de 3.96 Km/h.

Tiempo de trabajo (h)	Fuerza media de tracción (Kgf)	Trabajo diario (Kgm)	Potencia desarrollada (c.v.)
4	113	1.790.000	1.65
6	94	2.225.000	1.37
8	75	2.365.000	1.09
10	56	2.232.000	0.82
12	38	1.810.000	0.56

En base a trabajos semejantes se han propuesto los siguientes métodos para estimar capacidad de trabajo de equinos:

a) Capacidad de trabajo en función del peso.

Un caballo es capaz de desarrollar una fuerza de tiro equivalente a 1/8 - 1/10 de su peso, por un lapso de tiempo tal, que el trabajo producido en Kgm diarios, sea igual a 3200-3600 veces

su peso .

Ejemplo: Consideremos un caballo de 500 Kg de peso.

$$\begin{aligned}
 \text{Esfuerzo promedio} &= 500 \times 1/9 = 55.5 \text{ Kgf} \\
 \text{Trabajo diario} &= 500 \times 3.400 = 1.7000.000 \text{ Kgm/día} \\
 \text{Distancia recorrida} &= \frac{1.700.000}{55.5} = 30.630 \text{ m} \\
 \\
 \text{Tiempo trabajado} & \\
 \text{a 3.96 Km/h} &= \frac{30.630}{3.960} = 7.7 \text{ h}
 \end{aligned}$$

b) Capacidad de trabajo en función de las dimensiones.

Una forma de estimar la aptitud de tiro de equinos es el Índice Anamorfósico, el cual se define como :

$$I = \frac{C^2}{A}$$

Donde :

A : Altura de cruz (m)

C : Perímetro torácico (m)

Si este índice es mayor que 2.116, el caballo revela aptitud de tiro y si es menor que 2.116, el animal es apto para desarrollar velocidad. De acuerdo al mismo criterio, si se considera que el espacio recorrido en cada paso por el animal es aproximadamente 3/4 de la altura de cruz y el esfuerzo tractivo medio capaz de desarrollar, es igual a 30 veces el valor del índice anamorfósico, el trabajo realizado en cada paso será :

$$T = 30 \frac{C^2}{A} \quad (3/4) A \quad o$$

$$T = 22.5 C^2 \quad (\text{Kgm/paso})$$

Ejemplo : Consideremos un caballo percherón de 720 Kgf, con una altura de cruz de 1.7 m y 2.1 m de perímetro torácico.

$$\text{Esfuerzo tractivo} = 30 \times \frac{2.1^2}{1.7} = 78 \text{ Kgf}$$

$$T = 30 \times \frac{2.1^2}{1.7} \times \frac{3}{4} \times 1.7 = 99 \text{ Kgm/paso}$$

$$\text{Trabajo diario} = 720 \times 3.600 = 2.592.000 \text{ Kgm/día}$$

$$\text{Distancia recorrida} = \frac{2.592.000}{78} = 33.231 \text{ m}$$

Si suponemos una velocidad de un paso por segundo :

$$\text{Velocidad} = 3.600 \times \frac{3}{4} \times 1.7 = 4.59 \text{ Km/h}$$

$$\text{Tiempo trabajado a 4.59 Km/h} = \frac{33.231}{4.590} = 7.2 \text{ h}$$

3. Velocidad de trabajo. Para caballos se ha constatado que el máximo trabajo útil se obtiene a velocidades medias del orden de 3.2 Km/h. En base a algunos estudios experimentales, se ha elaborado la siguiente tabla :

Velocidad Km/h	Pérdidas %
2.0	31
3.2	0
4.0	1
6.0	6
8.0	17
10.0	32
12.0	49
14.0	67
16.0	82

B. ANALISIS DE COSTOS

En el laboreo con tracción animal deben distinguirse cuatro componentes del costo total :

1. Implemento
2. Animales
3. Aperos
4. Operador

Cada item indicado, a su vez contiene costos fijos y/o variables cuyo detalle se analiza :

1. Costo Horario del Implemento (H_1)

- a) Costos fijos

* Intereses (I_1)

$$I_1 = \frac{C_1 \times I}{t} \quad \text{o} \quad I_1 = \frac{C_1 ((1+i)^{12} - 1)}{t}$$

Donde :

C_1 = Costo inicial del implemento (\$)

I = Interés anual (decimal)

i = Interés mensual (decimal)

t = Horas de uso anual del implemento (h)

* Depreciación (D_1)

$$D_1 = \frac{C_1 \times 0.9}{T}$$

Donde :

T = vida útil del implemento (h)

La fórmula propuesta, considera tasa de depreciación constante y valor residual del implemento igual al 10% de su valor inicial.

b) Costos variables* Reparaciones (R_1)

$$R_1 = \frac{C_1}{T}$$

luego : $H_1 = I_1 + D_1 + R_1$ (\$/h)

2. Costo horario del animal (H_2)**a) Costos fijos**

* Intereses (I_2)

$$I_2 = \frac{C_2 \times I}{t} \qquad I_2 = \frac{C_2 ((1+i)^{12} - 1)}{t}$$

Donde :

C_2 = costo inicial del animal (\$)

t = horas de uso anual del animal (h)

(Generalmente se usa un valor comprendido entre 700 y 1.600 horas)

* Depreciación (D_2)

$$D_2 = \frac{C_2 \times 0.8}{T}$$

Donde :

T = horas de uso totales del animal durante su vida útil (h) (ejemplo típico: 12 años x 800 h/año = 9.600 h).

La fórmula propuesta considera una vida útil de 12 años, tasa de depreciación constante y valor residual de 20%.

* Alojamiento (A_2)

$$A_2 = \frac{C_2 \times 0.02}{t}$$

Donde :

t = horas de uso anual del animal (h)

b) Costos variables

* Pasturas (P_2)

$$P_2 = \frac{W \times 0.03}{h} \times C_p$$

Donde :

W = peso del animal (Kg)

C_p = costo del kilogramo de heno (\$)

h = horas de uso al día del animal (h) (generalmente 4 a 8 horas.).

* Concentrado o grano (G_2)

$$G_2 = \frac{W \times 0.007}{h} \times c_g$$

Donde :

c_g = valor del kilogramo de concentrado (\$)

* Gastos médicos (M_2)

$$M_2 = \frac{C_2 \times 0.20}{t}$$

Donde :

t : horas de uso anual del animal (h)

$$\text{Luego : } H_2 = I_2 + D_2 + A_2 + P_2 + G_2 + M_2 \quad (\$/h)$$

3. Costo horario de aperos (H_3)

a) Costos fijos

* Intereses (I_3)

$$I_3 = \frac{C_3 \times i}{t} \quad \text{o} \quad I_3 = \frac{C_3 ((1+i)^{12} - 1)}{t}$$

Donde :

C_3 = costo inicial de aperos (\$)

t = horas de uso anual del animal (h)

* Depreciación (D_3)

$$D_3 = \frac{C_3}{T}$$

Donde :

T = Vida útil de los aperos (h)

(Como valor típico se usa 5.000 horas)

La expresión propuesta considera una tasa de depreciación constante y valor residual nulo.

b) Costos variables

* Reparaciones (R_3)

$$R_3 = \frac{C_3 \times 0.20}{T}$$

Luego : $H_3 = I_3 + D_3 + R_3$ (\$/h)

4. Costo horario de operador (H_4)

Este valor va a depender de factores geográficos y estacionales.

Finalmente, el costo total horario va a estar dado por:

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 \text{ (\$/h)}$$

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BOYD JOHN. Tools for agriculture. Intermediate Technology Publication Ltd. London, 1976.
2. CARRASCO J., JORGE. Evaluación de la tracción animal en la provincia de Ñuble. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. 1987.
3. HOPFEN, H.L. Aperos de labranza para las regiones áridas y tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1970.
4. SAAD ODILON. Selecao do equipamento agrícola. Livraria Nobel S.A. Sao Paulo. 1978.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Capacidad de trabajo de equipos agrícolas con tracción de caballos.

Equipo	Número animales	Ancho trabajo (m)	Veloc. (km/hr)	C T (ha/hr)	Efic. (%)	C E (ha/hr)	ha/día	hr/ha
Arado (1 punta)	1	0.20	4.0	0.080	70	0.056	0.34	17.9
Arado (1 punta)	2	0.40	3.8	0.152	70	0.106	0.64	9.4
Rastra discos	2	1.30	4.3	0.559	70	0.391	2.35	2.6
Rastra clavos	1	1.30	4.2	0.546	70	0.382	2.29	2.6
Rastra Comb.	2	1.30	4.5	0.585	70	0.420	2.46	2.4
Rastrón de madera	1	1.50	5.0	0.750	70	0.525	3.15	1.9
Mejgador	2	1.50	4.5	0.675	70	0.473	2.83	2.10
Sembradora grano fino	1	1.40	4.5	0.630	65	0.410	2.46	2.40
Sembradora grano grueso	1	1.50	4.5	0.675	70	0.473	2.83	2.10
Pulverizadora	1	6.0	4.5	2.700	70	1.890	11.3	0.5
Cultivadora	1	1.50	4.5	0.675	70	0.473	2.83	2.10
Segadora de pasto	2	1.50	4.2	0.630	70	0.441	2.65	2.3

ANEXO 2. Capacidad de trabajo de equipos agrícolas con tracción de bueyes.

Equipo	Número animales	Ancho trabajo (m)	Veloc. (Km/hr)	C T (ha/hr)	Efic. (%)	C E (ha/hr)	ha/día	hr/ha
Arado (1 punta)	2	0.20	2.2	0.044	70	0.031	0.18	32.5
Arado (2 puntas)	2	0.40	1.8	0.072	70	0.050	0.30	19.8
Rastra discos	2	1.30	2.7	0.351	70	0.246	1.47	4.1
Rastra clavos	2	1.30	2.6	0.338	70	0.237	1.42	4.2
Rastrón de madera	2	1.50	2.9	0.435	70	0.305	1.83	3.3
Melgador	2	1.50	2.7	0.405	70	0.284	1.70	3.5
Sembradora grano fino	2	1.40	2.8	0.392	65	0.255	1.53	3.9
Sembradora grano grueso	2	1.50	2.8	0.420	70	0.294	1.76	3.4
Cultivadora	2	1.50	2.6	0.390	70	0.273	1.64	3.7
Segadora pasto	2	1.50	2.5	0.375	70	0.263	1.57	3.8

ANEXO 3. Capacidad efectiva de trabajo en aradura con buenes y caballos para suelo plano con tres tipos de textura en horas por hectárea.

Labor	CABALLOS						BUEYES		
	Nº Animales	Tipo de Suelo			Nº Animales	Tipo de suelo			
		Liviano	Medio	Pesado		Liviano	Medio	Pesado	
Aradura Monocultor (1 punta)	1	16,5	17.9	22	2	30	32.5	36	
Aradura Policultor (2 puntas)	2	7	9.4	13	2	17	19.8	23	
Cruza Monocultor (1 punta)	1	9	10.4	15	2	24	26.7	30	
Cruza Policultor (2 puntas)	2	6	7.0	11	2	14	16.2	19	

ANEXO 4. Vida Útil estimada, Superficie trabajada y Horas de uso anual para equipos de tiro animal.

Equipos	hr/año	ha/año	Vida Util Estimada	
			Años	Horas
Arado Monocultor (C) (1 punta)	350	19.6	15-18	5.250-6.300
Arado Policultor (C) (2 puntas)	350	37.2	15-18	5.250-6.300
Arado Monocultor (B) (1 punta)	350	10.8	15-18	5.250-6.300
Arado Policultor (B) (2 puntas)	350	17.7	15-18	5.250-6.300
Rastra de discos (C)	200	115.4	15-18	4.500-5.400
Rastra de discos (B)	300	73.2	15-18	4.500-5.400
Rastra de clavos (C)	300	115.4	15-18	4.500-5.400
Rastra de clavos (B)	300	71.4	15-18	4.500-5.400
Rastra combinada (C)	300	125.0	15-18	4.500-5.400
Rastrón de madera (C)	300	125.0	16-22	5.400-6.600
Rastrón de madera (B)	300	90.9	18-22	5.400-6.600
Melgador (C)	100	47.6	25-30	2.500-3.000
Melgador (B)	100	28.6	25-30	2.500-3.000
Sembrad. grano fino (C)	200	83.3	8-10	1.600-2.000
Sembrad. grano fino (B)	200	51.3	8-10	1.600-2.000
Sembrad. grano grueso (C)	200	95.2	8-10	1.600-2.000
Sembr. grano grueso (B)	200	58.6	8-10	1.600-2.000
Pulverizadora (C)	120	240.0	12-15	1.400-1.800
Cultivadora (C)	300	142.9	18-22	5.400-6.600
Cultivadora (B)	300	81.1	18-22	5.400-6.600
Segadora pasto (C)	150	65.2	8-10	1.200-1.500
Segadora pasto (B)	150	39.5	8-10	1.200-1.500

(C) = caballos

(B) = bueyes

