

AgroEquipos, número 5

Octubre 2003

MAQUINARIA PARA LA RECOLECCION DE REMOLACHA

Constantino Valero, Jaime Ortiz-Cañavate
Dpto. Ingeniería Rural, UPM

Las operaciones básicas necesarias para la recolección de la remolacha son las siguientes:

- Descoronado
- Arranque
- Hilerado
- Recogida
- Limpieza
- Carga
- Transporte

Estas operaciones pueden realizarse con máquinas independientes para cada una de ellas, o agruparse más o menos sobre un mismo equipo. Según esto, pueden distinguirse dos sistemas de mecanización:

- *Recolección mediante equipos descompuestos*; con este sistema cada máquina realiza una o dos operaciones.
- *Cosechadora de remolacha*; este sistema da lugar a una mecanización combinada en la que la cosechadora realiza las diversas operaciones en una sola pasada. La forma de actuar es en trabajo continuo sobre la misma línea, o en trabajo en paralelo, descoronando una hilera y arrancando alguna de las anteriores. Existen cosechadoras de remolacha autopropulsadas que recolectan simultáneamente dos, tres e incluso seis líneas.

Descoronadoras

Las descoronadoras tienen por objeto eliminar todas las hojas de la remolacha, así como la corona o parte superior de la misma, que por su escasa riqueza en azúcar no es aprovechable por las fábricas azucareras. El descoronado ideal es un corte horizontal a nivel de la zona de nacimiento de las primeras hojas; un corte demasiado alto supone un descuento al realizar la entrega en fábrica, mientras que un corte demasiado bajo supone una pérdida directa de peso.

En la mayoría de los sistemas de recogida de remolacha, primero se descorona con la raíz enterrada y luego se arranca. La primera dificultad para dar el corte proviene del hecho de que las remolachas no se desarrollan todas a la misma altura, lo que obliga al empleo de cuchillas desplazables en sentido vertical, merced a la acción de “palpadores”. Estos pueden ser de patín, rotativo accionado, o rotativo libre.

El *palpador de patín* consiste en dos dedos oblicuos que apoyan sobre la remolacha, sobre las hojas de la corona, fijando la altura de corte de la cuchilla. Esta puede ser fija o giratoria. Generalmente, la cuchilla es de tipo fijo, estando situada horizontalmente con un ángulo de inclinación alrededor de 45°, aunque también puede ser giratoria, y en este caso está formada por un disco dentado de unos 20 cm de diámetro, inclinado respecto a la dirección de avance. La posición de disco viene calibrada por el palpador, el cual es regulado por un muelle a presión. Los cuellos son arrojados a un lado por un pulsador colocado en la parte superior del disco.

El palpador de patín es la solución más sencilla y económica, pero la remolacha, al no quedar sujeta, puede doblarse, dando lugar a un corte oblicuo o incorrecto.

El *palpador rotativo accionado* consiste en un cilindro dentado de 30 cm de diámetro, dispuesto encima de la cuchilla y girando en sentido de la marcha a una velocidad ligeramente superior a la de avance. El palpador sirve de guía en sentido vertical a la cuchilla y al mismo tiempo sujeta la remolacha durante el corte, lo que proporciona un trabajo de mayor calidad. Al igual que en el palpador de patín, la cuchilla puede ser fija o giratoria.

El accionamiento del palpador se realiza mediante la toma de fuerza del tractor o a través de las ruedas de la máquina.

El *palpador rotativo libre* es una versión simplificada del anterior, en el sentido de que éste gira libremente sobre su eje, debido a la reacción de la planta, sin ningún accionamiento.

Algunas descoronadoras van provistas de ruedas de látigos de goma que giran a gran velocidad y que limpian los restos de hojas, sin perjuicio para la remolacha. El trabajo resulta más perfecto cuando son dos ruedas las que giran en sentido contrario.

Cuando las plantas se hallan de forma poco uniforme en el terreno, la actuación de las descoronadoras se dificulta, por lo que en algunas descoronadoras actuales de gran rendimiento (3-6 hileras) se adopta la operación combinada de *deshojadora-descoronadora* (fig. 19.7). Esta máquina está compuesta por un rotor de latiguillos (1) que arranca las hojas y las envía sobre un tornillo sin fin (2), el cual las hilera lateralmente o, en algunas máquinas, las carga directamente sobre un remolque. La operación de descoronado se realiza mediante un palpador rotativo y cuchilla (3), y finalmente la máquina suele llevar un rotor barredor de dedos flexibles (4) que arranca y barre las hojas que se escapan en el deshojado.

Arrancadoras

Su trabajo consiste en extraer las raíces del suelo, limpiándolas de tierra y dejándolas hileradas sobre el terreno. Esta operación debe realizarse sin romper las puntas de las remolachas, procurando que queden enteras. Estas máquinas arrancadoras, además de los sistemas de arranque, poseen normalmente un sistema de limpieza (cadena, rejilla o tambor centrífugo) y un sistema de hilerado, de agrupamiento o de carga.

Existen varios tipos de elementos arrancadores:

1) *Arrancador de púas* (fig. 19.8-a). Está constituido por una horquilla robusta con las dos púas situadas a distinta altura para obligar a la remolacha arrancada a caer en el lado elegido. Las púas están inclinadas hacia abajo unos 30° y se juntan ligeramente por su parte posterior. La separación de las púas y los ángulos de incidencia y ataque pueden regularse, con objeto de adaptarse mejor a las condiciones del suelo y al grosor de las raíces. El arrancador de púas es sencillo, penetra bien en el suelo y arrastra poca tierra al extraer la remolacha; por el contrario, ejerce una gran presión en la remolacha y puede romperla fácilmente.

2) *Arrancador de rejas* (fig. 19.8-b). Está formado por dos pletinas con dos rejas curvadas paralelas y convergentes por su parte de atrás. Las rejas al entrar en el suelo, comprimen la remolacha, extrayéndola y proyectándola hacia atrás. Un deflector fijo en uno de los soportes de las vertederas tira las remolachas a un lado para que no vuelvan a caer en el surco abierto. El trabajo del arrancador de rejas es más suave que el arrancador de púas y se emplea especialmente en terrenos fuertes y secos. Si el terreno está húmedo, deja las raíces con una gran cantidad de tierra. Las rejas ofrecen mayor superficie de contacto con las raíces que los sistemas de horquilla, con lo que la fuerza por unidad de superficie es más pequeña y además de una forma progresiva; todo esto hace que se produzca menores daños.

Actualmente, muchas de las máquinas que incorporan estos elementos arrancadores, tanto en los de púas como los de rejas, poseen un movimiento vibratorio que permite obtener una mayor penetración en suelos y sacar la raíz entera sin pérdidas por “descolado”.

3) *Arrancador de discos rotativos* (fig. 19.9). Está formado por dos discos montados sobre dos ejes oblicuos, con una ligera inclinación (los discos están ligeramente abiertos hacia delante y hacia arriba). Estos tipos de discos pueden ser de muy diversas formas en su contorno. Los más utilizados son los *discos estrellados* (fig. 19.9-a) y los *discos lisos* o ligeramente dentados (fig. 19.9-b). Su rotación es libre, levantando al principio la raíz verticalmente hacia arriba y proyectándola después hacia atrás. Este sistema es muy apropiado para suelos con gran humedad.

Además de los equipos de descoronado y arranque que hemos descrito anteriormente, existen algunos que realizan las dos labores conjuntamente y a la inversa, primero arranque y luego descoronado, y que, aunque menos frecuentes en España, pueden encontrarse en algunas máquinas. Vamos a describir a continuación dos de ellos:

4) *Arrancadora-descoronadora de bandas transportadoras* (fig. 19.10). Está compuesta esencialmente por dos bandas transportadoras (3) que giran en sentidos opuestos y sujetan la remolacha por las hojas, mientras una reja (2) las arranca del suelo. Posteriormente, un par de discos giratorios producen el descoronado a la altura deseada, recogiendo de esta forma las remolachas por un lado y las hojas y coronas por otro. Se utiliza sobre todo para remolacha forrajera.

5) *Arrancadora-descoronadora de rodillos de púas* (fig. 19.11). Este tipo de máquina levanta la remolacha, la cual ha sido previamente desprendida del suelo por unas rejas arrancadoras, pinchándola con las púas de un gran cilindro y levantándola hasta donde están situadas dos cuchillas rotativas que la descoronarán.

El empleo de estas dos últimas máquinas combinadas y la inversión de los procesos (primero arranque y luego descoronado) es una buena práctica para terrenos embarrados, donde un descoronado *in situ* no daría buen resultado.

19.3 Hileradoras y cargadoras

Una vez que se han arrancado las raíces es necesario hilerarlas antes de realizar su carga. Para ello se emplean *máquinas hileradoras* que pueden ser de dos tipos (fig. 19.12):

- a) Hileradora de rastrillos de discos o soles de dientes robustos.
- b) Hileradora de tambores rotativos.

En general, la calidad de trabajo es similar para los dos tipos de máquinas, no obstante ha de procurarse que durante el hilerado las raíces rueden lo menos posible sobre el suelo a fin de evitar por un lado que se adhiera demasiada cantidad de tierra en su superficie y por otro que sean excesivamente golpeadas o dañadas.

La siguiente operación de recogida y carga la realizan las *máquinas recogedoras-cargadoras* (fig. 19.13) que se encargan de recoger las raíces previamente agrupadas por la máquinas hileradoras y a lo largo de sus cadenas elevadoras van provistas de movimiento de oscilación para realizar la limpia de la remolacha y por último elevarla hasta el remolque o camión.

19.4 Cosechadoras de remolacha

Estas máquinas realizan en una pasada todas las operaciones de recolección: descoronado, arranque, limpia y carga. En algunos casos son arrastradas (fig. 19.14) y accionadas por la toma de fuerza del tractor y actúan sobre dos líneas (1 + 1) al mismo tiempo (recogen una línea mientras descoronan la siguiente (fig. 19.2-b)). El sistema de trabajo en tándem (fig. 19.2-a) (descoronando y arrancando la misma línea) es menos frecuente. Son máquinas voluminosas y de bastante peso, el cual oscila en vacío entre 1000 y 2000 kg, teniendo la tolva una capacidad comprendida entre 500 y 1000 kg de remolacha.

Actualmente se están generalizando las máquinas cosechadoras autopropulsadas (fig. 19.15). Son máquinas de grandes dimensiones que actúan sobre dos, tres y hasta seis hileras. Tienen un gran peso, que llega incluso a superar los 8000 kg, y con una tolva de descarga hidráulica de capacidad muy variable: de 3 a 25 m³ (v. Tabla 19.1). El accionamiento suele ser hidrostático y en algunas de ellas los motores hidráulicos van reemplazando a las transmisiones mecánicas.

Las cosechadoras de remolacha, por la disposición de sus órganos, son muy parecidas a las cosechadoras de patatas, aunque más robustas. Para el *descoronado* y el *arranque* emplean algunos de los sistemas descritos anteriormente en los equipos descompuestos. La *limpia* se realiza mediante cribas de cadenas sacudidoras, ruedas centrífugas, tambores rotativos, bandas transportadoras, rodillos estrellados o rodillos de púas. Entre todos estos sistemas vamos a hacer mención únicamente a aquellos que son más empleados actualmente en España.

Las *cadena transportadoras* realizan la limpieza a lo largo de toda la máquina, ya que están constituidas por barras metálicas sobre las que ruedan las raíces. Además de estas cadenas algunas máquinas incorporan unos *tambores rotativos* de varillas ligeramente inclinadas por donde las raíces avanzan empujadas por un tornillo sin fin helicoidal de redondos de acero. Las cosechadoras de remolacha realizan normalmente la limpia mediante una *rueda centrífuga o turbina* (fig.19.16) que lanza las remolachas contra la pared cribadora periférica, eliminando de esta forma la tierra; este sistema se emplea tanto en equipos combinados (arrancadora-hileradora, arrancadora-cargadora o recogedora-cargadora) como en cosechadoras integrales. Las condiciones más apropiadas de empleo son para terrenos secos, en los que no se formen muchos terrones. Para terrenos húmedos se suelen emplear unas *bandas transportadoras sin fin* que giran en sentidos contrarios y están accionadas a distintas velocidades, transportando la remolacha y realizando la limpia de tierra y barro.

En la figura 19.17 se ve la proyección en planta de una cosechadora de remolacha de seis hileras en la que se aprecian cinco turbinas de limpieza.

En algunas regiones de Andalucía, y en general en terrenos muy secos y fuertes, al arrancar las raíces se producen gran cantidad de terrones que son muy difíciles de separar por ninguno de los sistemas anteriormente descritos. Para estos casos se ha empleado experimentalmente una descoronadora-arrancadora que deja las remolachas hileradas en el terreno, y a continuación pasa una recogedora-cargadora de rodillos de púas (fig. 19.18). Esta máquina está formada por uno o dos cilindros de grandes dimensiones y provistos de púas pequeñas. Los rodillos pasan sobre la hilera de remolacha y terrones y pinchan las remolachas, elevándolas, y dejan en el suelo los terrones. La remolacha se queda sujeta en las púas hasta que unos peines limpiadores la sueltan sobre una banda transportadora que la carga directamente en el remolque.

Normalmente, las cosechadoras incorporan una *tolva basculante* para el almacenamiento de raíces, y en algunos casos, especialmente para las explotaciones agropecuarias, disponen también de un segundo depósito para hojas y coronas. Cuando la cosechadora no dispone de tolva propia, carga directamente al remolque o camión las remolachas, mediante una banda transportadora de barras inclinadas. En este caso, las hojas o coronas si no son desmenuzadas e incorporadas al suelo como materia orgánica, son descargadas de un modo continuo en hileras longitudinales y luego varias filas son hileradas en una sola mediante rastrillos de discos estrellados. Estos rastrillos son similares a los empleados en el forraje, pero con dedos más robustos.

Para un buen funcionamiento de las cosechadoras se necesita una siembra de precisión y un perfecto paralelismo de las líneas. Actualmente se están introduciendo *sistemas electrónicos* para la regulación de la dirección y la profundidad. Estos sistemas, formados a base de palpadores y relés automáticos, se convierten en auténticos buscadores de raíces desplazadas de la alineación, por lo que los resultados de las cosechadoras respecto a la calidad de trabajo son cada día mejores.

Como complemento de algunas cosechadoras se emplean equipos auxiliares de carga que, en general, están compuestos por una cuchara bivalva de varillas montada en un brazo articulado y plataforma multidireccional. Este tipo de cuchara, generalmente acoplada al tractor, tiene un gran rendimiento para carga de remolques o camiones a partir de montones de remolacha.

También para la carga en camión de la remolacha depositada previamente en el terreno, existen unas grandes máquinas cargadoras autopropulsadas (fig. 19.19) con un cabezal de carga de 8 – 10 m de ancho que ataca el montón de remolacha y la limpia y eleva hasta la tolva del camión con una capacidad de trabajo del orden de 1 t/min.

19.5 Criterios para la elección del equipo de recolección

La elección entre un equipo descompuesto o una cosechadora integral deberá efectuarse en función de la superficie de explotación y las condiciones particulares de la finca. Vamos a dar a continuación, a título orientativo, algunas de las características de estos dos sistemas de recolección mecánica que pueden ayudar a la elección del equipo.

Sistemas descompuestos:

- Bajo coste de adquisición.
- Gran variedad de equipos y rendimientos. Pueden encontrarse máquinas desde una hasta seis hileras de trabajo.
- Gran perfección en cada una de las operaciones, ya que cada máquina está pensada y diseñada para una determinada operación.
- Fácil manejo, con pocas regulaciones.
- Utilizan simultáneamente varias unidades de tracción.
- Posibilidad de utilización en parcelas pequeñas.

Cosechadoras integrales:

- Gran rendimiento de trabajo, especialmente en las cosechadoras autopropulsadas de tres y seis hileras.
- Elevado coste de adquisición.
- Recogen directamente la remolacha, con lo que ésta no sufre pérdidas por acción de los factores climáticos.
- Necesitan una gran superficie de trabajo y parcelas de grandes dimensiones para alcanzar una buena rentabilidad.

19.6 Regulaciones y capacidad de trabajo

Dadas las numerosas variantes que existen en cada uno de los mecanismos de recolección de remolacha, vamos a dar a continuación algunos de los efectos que cada regulación produce:

1) *Posición del palpador en una descoronadora.* La distancia vertical entre el palpador y la cuchilla suele ser regulable y determina la intensidad del descoronado, variable según el tamaño de la remolacha y la importancia de las hojas. En algunas cosechadoras modernas se controla mediante sensores electrohidráulicos o mediante dos cilindros hidráulicos con ruedas neumáticas de apoyo.

2) *Presión del palpador sobre las coronas.* Esta presión, regulable normalmente por un resorte de presión, debe ser la adecuada, ya que una presión demasiado ligera puede hacer que el dispositivo rebote a cada variación del nivel experimentado por el palpador; por el contrario, si la presión es demasiado grande, el palpador puede tumbar la remolacha antes de elevarse.

3) *Ajuste entre líneas.* Tanto los sistemas descompuestos como las cosechadoras, si son de más de una hilera, deben disponer de esta regulación, ya que la distancia entre hileras puede variar entre 40 y 75 cm, según plantación.

4) *Profundidad de arranque.* Una profundidad insuficiente entraña la rotura de gran número de raíces, mientras que una profundidad excesiva levanta demasiada tierra, deja el terreno muy removido y necesita mayor potencia. En cosechadoras de más de una línea, cada dispositivo de arranque es oscilante e independiente de los demás y se controlan hidráulicamente mediante sensores. En máquinas más sencillas el control se realiza por la posición vertical de las ruedas o de los patines de apoyo de la máquina.

Otras regulaciones, como la velocidad de las cadenas transportadoras y la de los palpadores rotativos accionados, puede normalmente variarse por cambios de piñones.

Las *capacidades del trabajo* son muy variadas según las diversas máquinas; a título orientativo se señalan en la Tabla 19.1 algunos valores medios de potencia necesaria y capacidad de trabajo para equipos descompuestos y cosechadoras de remolacha.

Tabla 19.1 Valores medios para equipos descompuestos y cosechadoras de remolacha.

Máquinas	Velocidad de trabajo (km/h)	Potencia necesaria kW (CV)	Capacidad de trabajo	la	Capacidad de tolva (m ³)
Descoronadora*	4 – 8	10 – 15 (15 – 20)	1,5 – 2	ha/día	-
Arrancadora*	3 – 6	10 – 15 (15 – 20)	1,5 – 2	“	-
Descoronadora – arrancadora	4 – 6	20 – 30 (30 – 40)	1,5 – 2	“	-
Cosechadora arrastradora de 1 + 1 líneas	3 – 5	35 – 45 (45 – 60)	1 – 2	“	3 – 4
Cosechadora arrastradora de 2 líneas	5 – 7	65 – 90 (85- 160)	4 – 5	“	5 – 7
Cosechadora autopropulsada de 2 – 3 líneas	6 – 7	75 – 150 (100 – 200)	5 – 6	“	6 – 12
Recogedora-cargadora	5 – 7	35 – 40 (45-52)	6 – 8	“	-
Cosechadora autopropulsada de 6 líneas	6 – 7	300-310 (410-420)	10-12	“	24-25
Limpiadora-cargadora					

(de montón)	-	190-200 (260-270)	1 t/min	Directamente de montón a camión
Pala cargadora	-	35 -45 (45- 60)	0,1-0,2 t/min	“

*: Los datos expresados son para cada línea de trabajo

Dada la limitación de tiempo de empleo de las máquinas de recolección de remolacha (unos veinticinco días por campaña, según indicábamos al comienzo de este capítulo), el rendimiento máximo por campaña de una cosechadora de remolacha de una línea (1 + 1) es de 30-50 ha. Para los equipos descompuestos depende esencialmente del número de tractores de que dispone la explotación y, por tanto, del número de operaciones que puedan realizarse al mismo tiempo.

19.7 Recolección mecánica de remolacha forrajera

La siembra, marco de plantación y cuidados de cultivo de la remolacha forrajera son muy similares a los de la azucarera, aunque las producciones son más elevadas, con unas 80-100 t/ha de raíces y 5-12 t/ha de hojas. El desarrollo de la remolacha forrajera es mucho más superficial, llegando algunas variedades a penetrar en el terreno únicamente el 25-30 por 100 de su longitud. Puede aplicarse la regla de que el rendimiento en peso es tanto mayor cuanto más sobresale el cuerpo de la remolacha sobre la superficie del terreno. La forma de la remolacha es muy variada, adaptando desde formas alargadas y cónicas hasta cilíndricas y redondeadas.

El desarrollo sobre el suelo facilita el arranque, pero puede dificultar el descoronado mecánico, ya que las raíces se asientan menos firmemente en el terreno. En España, gran parte de la remolacha forrajera se cosecha casi exclusivamente a mano, arrancando de un tirón la remolacha con hojas y descoronando después. La recolección mecánica se dificulta principalmente por la poca uniformidad de las raíces, tanto en altura sobre el terreno como en grosor y forma.

Las exigencias que tienen que cumplir los sistemas y aparatos de recolección de remolacha forrajera se diferencian claramente en algunos puntos de los empleados en la recolección de remolacha azucarera:

1. *El descoronado*, difícil por la altura tan desigual, que puede variar entre 10 y 15 cm, debe ser lo más superficial posible para no producir pérdidas ni dificultar la larga conservación a que algunas remolachas son sometidas.

2. *El arranque* suele ser sencillo y se realiza fácilmente. En algunos países, como Alemania, donde este cultivo tiene gran importancia, se han desarrollado gran cantidad de sistemas, entre los que vamos a destacar: cargador frontal con horquilla de púas y cosechadoras especiales.

El *cargador frontal* con horquilla de púas (fig. 19.20) trabaja, generalmente, una vez descoronadas las remolachas y, a la vez que empuja las raíces y las arranca, las recoge sobre el fondo de la horquilla.

Las cosechadoras especiales de remolacha forrajera son mucho más simples que las de remolacha azucarera, ya que prácticamente no necesitan elementos de limpieza y el arranque se realiza de forma muy simplificada con cuchillas enterradas a poca profundidad. El sistema más empleado es el formado por dos bandas transportadoras (fig. 19.10), similar al descrito anteriormente para la remolacha azucarera. Este sistema, generalmente acoplado en un lateral del tractor, se emplea también para otras raíces, como zanahorias, nabos y colinabos, e incluso con ligeras modificaciones para apio y otras hortalizas. La ventaja principal de estas máquinas es que realizan el descoronado a la altura deseada, sin que influyan las diferentes alturas de las raíces.

PIES DE FIGURAS

Fig. 19.1 Esquema de un equipo descompuesto de recolección de remolacha azucarera: 1, descoronado; 2, limpieza de hojas; 3, arranque; 4, hilerado; 5, recogida y carga.

Fig. 19.2 Esquema de actuación de una cosechadora de remolacha: a) trabajo continuo; b) trabajo en paralelo: 1, descoronadora; 2, arrancadora; 3, tolva de hojas; 4, tolva de raíces.

Fig. 19.3 Descoronadora ideal de la remolacha.

Fig. 19.4 Palpador de patines con cuchilla fija, con distintas regulaciones en función de la densidad de hojas en la corona.

Fig. 19.5 Palpador de patín con cuchilla rotativa de disco estriado.

Fig. 19.6 Palpador rotativo accionado.

Fig. 19.7 Esquema del funcionamiento de una deshojadora-descoronadora: 1, rotor deshojador; 2, tornillo sin fin de evacuación de hojas; 3, palpador rotativo y cuchilla plana; 4, rotor barredor hilerador de hojas.

Fig. 19.8 Tipos de elementos arrancadores: a) de púas; b) de rejas.

Fig. 19.9 Arrancadora de discos: a) discos estrellados; b) discos lisos.

Fig. 19.10 Arrancadora-descoronadora de bandas transportadoras: 1, divisores de entrada; 2, reja; 3, bandas transportadoras; 4, discos rotativos de corte; 5, raíces; 6, hojas.

Fig. 19.11 Arrancadora-descoronadora de rodillos de púas.

Fig. 19.12 Diferentes sistemas de hilerado: a) hilerador de rastrillos de soles, b) hilerador de tambores rotativos.

Fig. 19.13 Máquina recogedora-cargadora de remolacha.

Fig. 19.14 Cosechadora integral arrastrada.

Fig. 19.15 Cosechadora integral autopropulsada.

Fig. 19.16 Rueda centrífuga para la limpieza de remolachas.

Fig. 19.17 Vista en planta de una cosechadora de remolacha de seis líneas.

Fig. 19.18 Recogedora-cargadora de rodillo de púas.

Fig. 19.19 Máquina cargadora de remolacha autopropulsada.

Fig. 19.20 Cargador frontal con horquilla para arranque de remolachas.