sobre
EL PAPEL

LUIS MÁRQUEZ, *Dr. Ing. Agrónomo*

Tradicionalmente, los subsoladores y descompactadores han sido aperos periódicamente utilizados para corregir defectos en las capas profundas del suelo, de origen natural, o producidos por determinadas circunstancias agroclimáticas.

SUBSOLADORES Y DESCOMPACTADORES

Con la difusión de la labranza reducida y de la siembra directa, sobre suelos con baja capacidad de estructuración, o como consecuencia de operaciones inadecuadas, se producen estratos compactados y suelas de labor que impiden el normal desarrollo radicular de los cultivos, lo que ha puesto de moda el empleo de descompactadores como alternativa a la aradura convencional.

Estos descompactadores son claramente diferentes a lo que son cultivadores pesados y chisels, ya que emplean brazos o púas rígidas que permiten la fisuración del suelo rompiendo capas compactadas, sin que se produzca la inversión del perfil, ni efectos apreciables sobre la vegetación o el rastrojo superficial. Para que actúen con eficacia deben de trabajar 10 cm por debajo de la capa que se pretende romper.

La diferencia entre las profundidades a las que pueden trabajar es la que sirve para distinguir estos aperos entre sí; habitualmente se designan como subsoladores los que pueden hacerlo a profundidades que superan los 50 cm, mientras que en los descompactadores la profundidad de trabajo sería inferior. Sin embargo, es frecuente encontrar en la documentación comercial ambos términos como sinónimos, con independencia de la pro-

fundidad a la que puedan trabajar. La denominación de 'ripper', que se utiliza en la maquinaria de movimiento de tierras para designar a las herramientas diseñadas para romper capas de acumulación en el subsuelo, se puede considerar equivalente a la de subsolador.

Tradicionalmente, los subsoladores y descompactadores se han caracterizado por disponer de púas rectas, que trabajan perpendiculares a la superficie del terreno, pero más recientemente han aparecido descompactadores con dientes oblicuos; las púas toman forma angulada o curvada lateralmente, lo que permite airear suelos endurecidos y romper suelas de labor con mínimo disturbamiento superficial.

ESTRUCTURA BÁSICA

La característica común de ambos grupos es el empleo de brazos o púas robustas capaces de trabajar en el suelo endurecido. Esto significa que el bastidor que los soporta debe de resistir esfuerzos de considerable magnitud.

En función de la profundidad máxima de trabajo, la separación entre brazos debe de ser diferente, si se quiere que su efecto fisurador alcance a toda la anchura trabajada.

Esto es una consecuencia de su forma de actuación: a medida que avanza el apero, el suelo se fisura, apareciendo grandes terrones en la superficie y a ambos lados de la zona atravesada, quedando removido el suelo dentro de un surco en 'v' cuya parte inferior coincide con la bota del subsolador.

Así, con el trabajo profundo los brazos pueden estar más espaciados, y este espaciamiento depende, asimismo, de la forma del extremo de la púa, ya que cuando se incluyen en el extremo, o bota, salientes en forma de aletas, la distancia entre brazos contiguos puede aumentar sin que reduzca el efecto de fisuración.

El espaciamiento entre dientes para subsoladores que disponen de botas sin aletas debe de estar comprendido entre una vez y una vez y media la profundidad de trabajo. En los provistos de aletas puede llegarse a dos veces esta profundidad.

En función de la robustez del apero se pueden establecer dos grupos: los subsoladores o descompactadores pesados cuya distancia entre el extremo de la púa y el bastidor estará comprendida entre 75 y 110 cm, con 1 ó 2 púas por metro de anchura de trabajo; los descompactadores ligeros, cuyo despeje del bastidor respecto al fondo de labor estará entre 60 y 75 cm, con 2 ó 3 púas por metro de anchura de labor. En los descompactadores de brazos oblicuos se pueden considerar despejes similares.

Puede establecerse una relación entre la profundidad de la suela de labor que se desea eliminar y el despeje necesario, de manera que el despeje supere en 20-25 cm a 30-35 cm la profundidad de la suela considerada, para profundidades de ésta entre 25 y 50 cm. En el caso de residuos vegetales abundantes este despeje deberá de ser 20 cm superior a los valores indicados para suelos desnudos.

En algunos casos la separación relativa entre las púas puede modificarse para aproximarlas entre sí en función del tipo de trabajo que realizan. Asimismo, en los aperos con menor anchura de trabajo el bastidor se diseña para su enganche en el tripuntal del tractor, aunque las púas pueden situarse en uno o varios paños o filas, perpendiculares a la dirección de avance, para favorecer el paso de los residuos presentes en la superficie del terreno. En equipos para trabajo muy profundo se recurre al arrastre con ruedas portadoras.

En uno y otro caso, es importante que delante de cada una de las púas no se produzcan sobrecargas por la presencia de ruedas u otros elementos que interfieran con la normal fisuración del suelo: para ello, en los subsoladores diseñados para trabajar próximos al tractor, la posición relativa de las púas en su inserción en el terreno toma formar de 'v', con el vértice dirigido hacia el centro del tractor, para evitar que las ruedas traseras del mismo reduzcan el efecto fisurador de las púas extremas.

DESCOMPACTADORES DE BRAZOS RECTOS

Las púas o brazos

La estructura de cada púa, en los descompactadores de brazos rectos, toma formas diferenciadas con respecto a la vertical: se comercializan púas 'rectas' con acodamiento en el extremo inferior donde va situada la bota o aleta, inclinadas hacia delante, y en forma parabólica (recta en la inserción con el suelo y curvada en el fondo de la labor).

Las púas rectas tienen una buena penetración y el suelo se eleva poco a su paso, aunque la potencia que demanda, a igual profundidad, resulta mayor. Se recomienda para descompactación profunda (más de 30 cm) sin riesgo de embozado.

Las púas inclinadas hacia delante tienden a sacar terrones hacia la superficie, aunque requieren relativamente poca potencia de tracción para su desplazamiento en el suelo. Considerando el despeje del bastidor que se utilizan en estos casos (con suficiente resistencia mecánica), no se recomiendan para romper capas compactadas a profundidad de más de 25-30 cm.

Los dientes curvados constituyen una alternativa interesante, ya que requieren un esfuerzo de tracción limitado en comparación con el diente recto, provocando una elevación del suelo por esponjamiento, sin que aparezcan grandes terrones superficiales salvo en suelos muy endurecidos. Son una solución de compromiso frecuentemente utilizada por los fabricantes, siendo esencial el diseño del perfil de la púa para garantizar la calidad de su trabajo, así como que el apero trabaje superando una profundidad mínima.

Como medida de protección frente a rotura, se pueden incorporar a las púas dispositivos de seguridad contra sobrecarga; normalmente tornillos de resistencia calibrada que se rompen por cizalladura, y en algunas ocasiones, generalmente sobre descompactadores más ligeros, dispositivos de seguridad mecánicos o hidráulicos de acción automática (*non-stop*), o mecánicos con rearme manual.

Las botas o puntas

En el extremo inferior de la púa se coloca una reja o bota que actúa como elemento de protección frente al desgaste cuando se trabaja en suelos muy endurecidos. Este elemento, fabricado frecuentemente con aceros especiales de alta resistencia mediante moldeo, es reemplazable, y, en algunos casos, puede ajustarse su ángulo de ataque a valores entre 30 y 40°

En alternativa, se puede utilizar una bota con aletas, que hace aumentar el volumen de suelo trabajado con cada púa, lo que permite espaciarlas más sobre le bastidor, aumentando la anchura total de trabajo, aunque se produce un incremento del esfuerzo de tracción de cada púa cuantificable en un 10 al 30%, según el tipo y el estado del suelo. La anchura total máxima de estas aletas no debe de superar los 30 cm.

Elementos auxiliares

Es frecuente utilizar, para limitar la profundidad de trabajo de los descompactadores, ruedas de apoyo o rodillos con distintas características, que ayudan a cerrar las grandes grietas abiertas y asentar los terrones forma-

dos en la superficie al paso del apero. Los más frecuentes suelen ser los rodillos con púas o con discos y los rodillos jaula pesados.

En algunas ocasiones, para evitar que se formen grandes terrones en la superficie, trabajando sobre suelos muy secos superficialmente, se colocan discos abridores por delante de cada púa.

Para el drenado de suelos húmedos se utilizan subsoladores con un diseño especial de púas rectas en las que la acción de la bota se complemente con una bola de 75 a 110 mm de diámetro, o un cilindro con el frente redondeado cuya forma asemeja a una bala de cañón, arrastrado por detrás mediante eslabones de una cadena. Con el suelo en estado plástico en las capas profundas, siempre que su contenido de finos sea suficiente, se consigue que se forme un canal por detrás de la bota que permite dar salida al agua en exceso. La parte superior del perfil debe de estar fisurada para que las aguas superficiales alcancen con rapidez estas conducciones de drenaje.

En ocasiones se ofrecen subsoladores accionados por la toma de fuerza, de manera que el bastidor recibe una vibración que facilita la rotura del suelo durante el avance, o hay determinados elementos, como la parte superior de la bota y una lámina sobre el frente de la púa, que reciben un movimiento alternativo que favorece el corte del suelo. La utilización de estos equipos tiene algunos inconvenientes, como el aumento de la fatiga ocasionada por las vibraciones. Unido esto a su mayor complejidad mecánica, puede decirse que su utilización resulta limitada a situaciones muy particulares.

DESCOMPACTADORES DE BRAZOS OBLICUOS

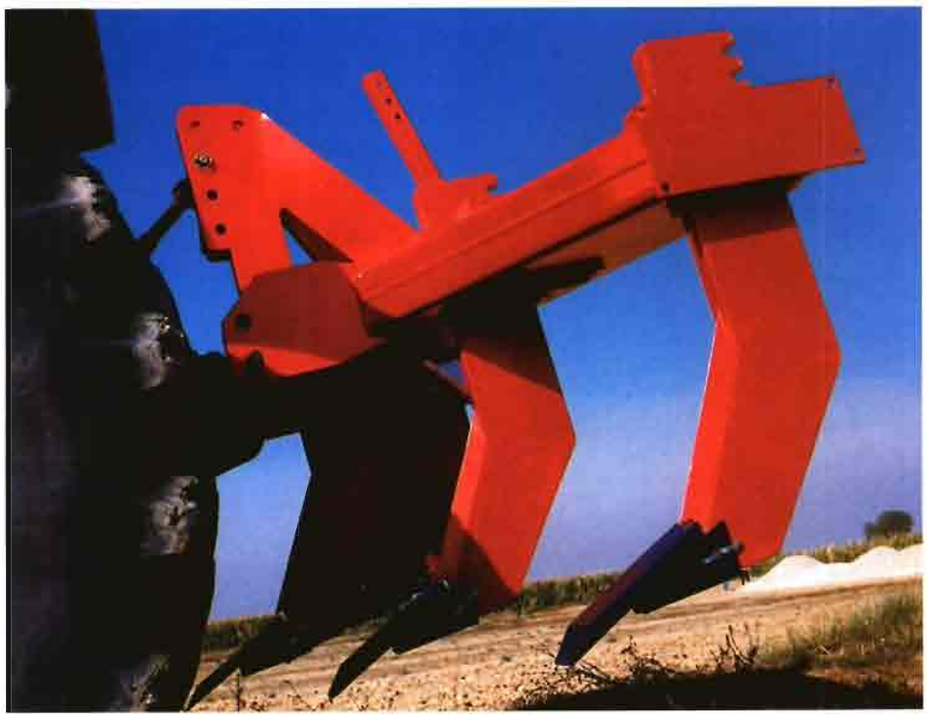
Las diferencias respecto a los descompactadores de brazos oblicuos son reducidas, derivadas de la diferencia en la forma de los brazos y del tipo de trabajo que realizan.

En este sentido hay que decir que los descompactadores de brazos oblicuos están dirigidos a eliminar suelas de labor en suelos no excesivamente consolidados, por lo que la curvatura o la inclinación de la púa 'orienta' el esponjamiento del suelo. Esto significa que no se exige tanta robustez como en los subsoladores convencionales, así como que deben de trabajar en un suelo con algo más de humedad.

Los tipos de brazos o púas utilizadas son dos: dientes angulados, aproximadamente 45°, con respecto a la vertical, en un punto próximo o ligeramente por debajo de la superficie del suelo, y brazos curvados en toda su longitud a partir de su inserción en el suelo.

En el caso de los brazos angulados se suelen situar unas aletas posteriores articuladas sobre el brazo en su tramo inferior, que admiten una mayor o menor separación respecto a la línea seguida por la púa. Esto permite conseguir diferentes grados de esponjamiento del suelo.

En el extremo de cada brazo se sitúa una bota recta, similar a la de las púas de los subsoladores convencionales, o bien en forma de punzón, para mejorar la penetración del brazo.



Cuando se utilizan brazos curvados, las alternativas de montaje son dos: todos ellos curvados en el mismo sentido, o con curvatura en sentidos opuestos, por pares o según su posición respecto al plano medio del apero. Con el montaje de las púas en sentidos opuestos se puede producir ligeras elevaciones del suelo (acaballonado) cuando las partes exteriores de las mismas se encuentran muy próximas.

Como elementos auxiliares y de seguridad, se utilizan generalmente los mismos que en los descompactadores de púas rectas. Además, especialmente en los de brazo angulado, es más frecuente la presencia de cuchillas, situadas en posición inclinada respecto al suelo, para facilitar la entrada de cada púa. Esto resulta especialmente conveniente cuando se pretende la aireación y regeneración de praderas con el mínimo deterioro de la superficie.

EFECTO DE LAS PÚAS RÍGIDAS SOBRE EL PERFIL DEL SUELO

Al paso de la púa recta en el suelo consolidado se produce, en la parte profunda del surco y por efecto directo del diente, la formación de tierra fina y pequeños terrones.

En el contacto con la púa, los terrones tienden a subir a la superficie produciéndose un esponjamiento que puede llegar a ser de 1/3 de la profundidad de trabajo. Los brazos rectos o curvos, con zona recta próxima a la superficie, permiten realizar un trabajo profundo sin que los terrones salgan del suelo hasta límites que lleguen a provocar el embozado del apero.

El paso de la púa produce la fisuración del suelo según un perfil cuya sección toma forma de 'v', con el vértice situado junto a la bota de la púa, y más o menos abierta en función de la naturaleza del suelo y su contenido de humedad. Con el suelo en estado plástico, esta 'v' queda reducida a un pequeño surco con anchura igual a la de la púa.

En el caso de púas curvadas o anguladas en sentido transversal, también se produce tierra fina y pequeños terrones en la zona del suelo que se pone en contacto directo con la púa, pero con un alisado más o menos intenso del suelo próximo a la cara externa de la curvatura (lado convexo), especialmente significativo con suelo semiplástico.

La elevación del suelo es menor y la superficie queda poco disturbada, produciéndose una fisuración sin esponjamiento en la parte del perfil de suelo que pasa sobre la parte curvada de la púa, cuando éste se encuentra en estado friable. La estructura inicial de la zona queda inalterada.

El esfuerzo de tracción y la potencia que demanda el accionamiento de los subsoladores y descompactadores,

están sujetos a notables variaciones como consecuencia de la resistencia de las capas endurecidas sobre las que trabaja.

Se pueden establecer como valores orientativos, para trabajos realizados en condiciones favorables, requerimientos de potencia en el tractor (efectiva de motor) entre 26 y 34 kW/púa, para 30 cm de profundidad y 40-46 kW/púa para 70 cm de profundidad, con velocidades de avance entres 3 y 5 km/h.

Cundo se trabaja con suelos secos consolidados, con elevados contenidos de arcilla, el esfuerzo de tracción necesario aumenta considerablemente.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Para establecer la conveniencia del empleo de descompactadores y subsoladores, hay que considerar cuáles son los objetivos, así como la eficacia con la que se puede conseguir.

Se recomienda el subsolado cuando se desea:

- Aumentar la porosidad de las capas de suelo por debajo de la zona afectada por las operaciones habituales de laboreo primario.
- Aumentar el volumen de suelo explorado por el sistema radicular de un cultivo.
- Favorecer la circulación del agua.

No todos los suelos responden favorablemente al subsolado, por lo que, al ser una operación costosa, se necesita establecer claramente la conveniencia del mismo.

Resulta ventajoso:

- Para destruir capas de acumulación que impiden la entrada de las raíces y el descenso del agua (ej.: capas calizas). La limitación más importante que aparece en estos casos es consecuencia de la profundidad relativamente elevada a la que se encuentra, lo que influye considerablemente en el coste de la operación.
- Para descompactar suelas de labor generadas por el paso de las máquinas, o derivadas del laboreo del suelo, que no siempre son tan problemáticas como aparentan, salvo que se encuentran en zonas de desarrollo normal del sistema radicular del cultivo considerado. Interesa especialmente en suelos arenosos, limosos y arcillosos con arcillas gruesas de baja calidad.
- Sobre suelos de porosidad reducida y densos, incluso compactados, de naturaleza poco estable (arenas finas y limos), con humedad excesiva durante ciertos periodos del año. En ocasiones, se realizaría para reducir la compactación de los suelos cultivados según técnicas de laboreo superficial y siembra directa, cuando no se mantiene, de forma natural, una estructura adecuada en profundidad.
- Cuando hay que asegurar la evacuación del agua, por lo que sería un subsolado asociado al drenaje. Hay que tener en cuenta que, en estos casos, se puede pasar rápidamente de nuevo al estado inicial si se produce otra vez el enchar camiento, dejando sin utilidad la operación realizada, por lo que conviene asociarla con técnicas para dar salida al agua en exceso.
- Para eliminar la compactación en zonas espacialmente afectadas, como en los cabeceros donde dan la vuelta las máquinas, o con mayor tránsito de vehículos de transporte. Esto puede ser especialmente ventajoso para cultivos como la remolacha.
- Para incorporar fertilizante a las capas profundas del suelo, técnica habitual en los cultivos arbóreos permanentes y con sistema radicular profundo.

> *"Para realizar una correcta elección entre descompactadores y subsoladores hay que considerar los objetivos a conseguir"*

También hay que advertir de algunos peligros que se pueden derivar del subsolado: un excesivo esponjamiento del suelo y una acumulación de agua en las partes bajas de las parcelas; para evitar este inconveniente se recomienda complementar el subsolado dirigido a la evacuación de agua con operaciones complementarias de drenaje.

Es muy importante el estado del suelo sobre el que se realiza la operación de subsolado, tanto para que los requerimientos de potencia sean relativamente bajos, como para que los resultados sean favorables. Trabajar sobre suelos muy secos, y con elevados contenidos de arcilla, no siempre resulta posible; en suelos semiplásticos el trabajo con subsolador debe de ser desaconsejado, salvo en operaciones de drenaje.