

## Maquinaria para la aplicación y la distribución de abonos minerales

Las abonadoras centrífugas son las que más se utilizan actualmente en la fertilización agrícola

*El abonado es una operación efectuada a lo largo del calendario agrícola con el fin de reponer los elementos extraídos por los sucesivos cultivos, fundamentalmente Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en dosis de 50-1000kg/ha, así como para corregir deficiencias (enmiendas calizas -hasta 4000kg/ha- y húmicas -hasta 5t/ha-) esencialmente. Los abonos se clasifican en primer lugar atendiendo a su naturaleza mineral u orgánica, debido a las enormes diferencias existentes en los equipos necesarios para su manejo y aplicación.*

Pilar Barreiro Elorza<sup>1</sup>  
Margarita Ruiz-Aitisent<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr. Ingeniero Agrónomo.  
<sup>2</sup>Profesora Titular.  
ETSI Agrónomos Madrid.

zantes líquidos está más extendido en el Norte de Europa, siendo su mayor ventaja la sencillez de carga y manejo del producto. En el caso de cultivos protegidos, así como intensivos al aire libre con riego por goteo, el uso de la denominada 'fertirrigación' está muy generalizado.

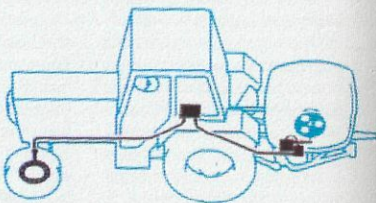
### Distribución homogénea de los abonos

Según la definición general aportada por Márquez (1998), y referida a la fertilización de cultivos extensivos "una abonadora es una máquina capaz de esparcir el abono mineral, contenido en una tolva o depósito, por todo el campo y consiguiendo al menos un grado de uniformidad tal que las diferencias no tengan reflejo en el cultivo". Según un estudio efectuado por el grupo Mecanización de la Agricultura de la Comisión de Economía para la FAO, las pérdidas de producción que aparecen como consecuencia de una distribución irregular del abono son proporcionales al cuadrado del grado de irregularidad del abono esparcido, y a la dosis media de abono utilizado, por lo tanto mayores cuanto más nos aproximamos al nivel óptimo de fertilización: de ahí que, a mayor dosis, mayor nivel de pérdidas.

El grado de irregularidad en la distribución de abono se cuantifica por medio del coeficiente de variación, C.V.(Norma UNE68-088-

88), calculado como el cociente, expresado en tanto por ciento, entre la desviación típica de los valores de la dosis (o de las cantidades recogidas en superficies idénticas) determinados en distintos puntos de una parcela (o los receptáculos en un ensayo, de 0,25 o 0,5 m<sup>2</sup>), y la media de todos ellos:

El citado estudio establece que para C.V. inferiores al 10% no se considera que se puedan producir pérdidas de cosecha. Experiencias acumuladas por distintos investigadores y Centros Tecnológicos en los últimos años permiten además establecer que para tratamientos de fondo, el C.V. máximo admitido está en torno al 30% mientras que no debe superarse el citado 10% en fertilizaciones de cobertera. Por tanto estas restric-



Esquema de un sistema básico de regulación de caudal proporcional al avance, de Vicon.



Abonadora mixta de gravedad y centrífuga de gran superficie de Amazone.

El abonado mineral se conoce con el término fertilización y puede efectuarse en muy variados momentos del ciclo productivo: antes de la implantación del cultivo, lo que se denomina 'abonado de fondo' o bien en instantes críticos del ciclo vegetativo: abonado de cobertera o aplicaciones sobre cultivo establecido, en las que se aplican básicamente abonados nitrogenados de asimilación rápida. Los fertilizantes minerales pueden aplicarse en distintos estados físicos: sólido, líquido o gaseoso, aunque la mayor parte de los abonados minerales en cultivos al aire libre se efectúan como tratamientos sólidos. El estado físico del fertilizante condiciona el tipo de equipo necesario para su aplicación. Los fertilizantes líquidos (soluciones y suspensiones) se distribuyen en el cultivo con los mismos equipos utilizados para la aplicación de fitosanitarios, los cuales serán abordados en un artículo posterior. El abonado con ferti-

ciones han de ser un objetivo primordial a la hora de rentabilizar el gasto en fertilizantes efectuado en una explotación agrícola. Por otro lado, es imprescindible, desde la actual perspectiva de la producción sostenible, reducir las dosis a los niveles mínimos de acuerdo con las necesidades de los cultivos; el objetivo es, además del económico, evitar toda clase de derivas, sobre todo hacia las aguas superficiales y subterráneas, un problema especialmente crítico en lo que respecta a los nitrogenados.

## Principios de funcionamiento y tipos

Las abonadoras para la distribución de fertilizantes sólidos se clasifican según el principio de distribución en abonadoras: por gravedad, centrífugas y neumáticas, citadas en orden de mayor a menor antigüedad en su primera aparición.

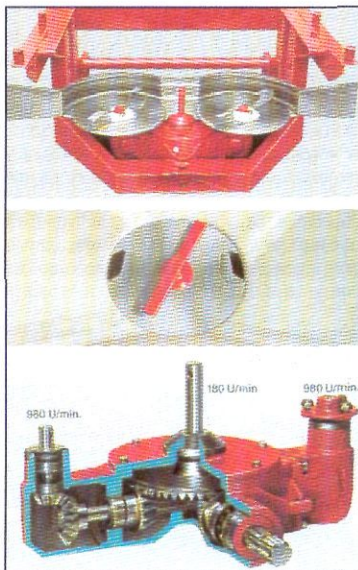
### Las abonadoras por gravedad.

Se caracterizan porque el fertilizante cae de la tolva al suelo por su propio peso. La distribución transversal obtenida con ellas es muy homogénea, siendo la anchura de trabajo (distancia entre pasadas consecutivas) igual a la anchura del elemento distribuidor. Tradicionalmente estas máquinas son remolcadas o semisuspendidas con un caudal  $Q(\text{kg}/\text{h})$  dosificado por elementos accionados y aplicado por el distribuidor de forma proporcional al avance del tractor, dado su accionamiento desde las ruedas de la máquina. Estas máquinas permiten la aplicación de fertilizante tanto pulverulento como granulado, perlado o cristalizado siendo su mayor inconveniente la dificultad de transporte en caminos rurales y su escasa capacidad de trabajo  $S$ , en  $(\text{ha}/\text{h})$ . Esta última se deriva de una moderada velocidad de aplicación  $(4\text{-}8\text{km}/\text{h})$  pero fundamentalmente de su reducida anchura útil, en este caso igual a la anchura del elemento distribuidor  $(1.75 \text{ a } 2,5 \text{ m})$  limitada por el máximo ancho de transporte en carretera) en los modelos tradicionales, hoy casi eliminados del mercado de los países desarrollados. En la actualidad, de los distintos tipos que han aparecido en el mercado: con el dosificador-distribuidor de tornillo sinfín, de rejilla, de rodillo, de cadenas, de platos giratorios y de fondo móvil, el sistema que más se ha asentado es el de tornillo sinfín con tolva central. Estas máquinas permiten anchuras de trabajo mucho más elevadas (hasta 12m en los llamados distribuidores de gran superficie) pues van provistas de un sistema de plegado de los brazos para el transporte. Estas abonadoras es-



Abonadora unilateral con el cilindro hidráulico de inclinación de Kvermeland.

tán especialmente indicadas en la distribución de abonos pulverulentos (abonos simples) más baratos que los abonos compuestos típicamente granulados: las grandes explotaciones agrícolas proceden a la adquisición de abonos simples a granel para posteriormente establecer sus propias formulaciones. Los distribuidores de gran superficie se



Montaje de los discos; detalle del fondo de la tolva con las trampillas dosificadoras y el agitador; y transmisión de Rauch.

presentan actualmente como grandes remolques de uno o de dos ejes con carga de 6 a 10 toneladas. La dosificación del caudal de abono se obtiene por medio de banda transportadora y trampilla, por lo tanto de accionamiento por la toma de fuerza; su utilización puede ser mixta, pues existe la posibilidad del acoplamiento de un cuerpo de discos centrífugos, para la aplicación de abonos granulados, alcanzando en este caso anchuras de trabajo de hasta 24 m. Otro tipo de abonadoras de gravedad lo constituyen las que se utilizan en combinación con la siembra, con dosificadores de banda o de rodillo acanalado, con localización, ya sea en superficie o con rejillas, a los lados de las líneas de siembra.

### Las abonadoras centrífugas.

Constituyen el tipo de máquina más extendido para la aplicación de fertilizantes sólidos. Su sencillez constructiva y su reducido coste han facilitado su divulgación y extensión. El caudal de abono  $Q(\text{kg}/\text{min})$  dosificado por una trampilla de apertura regulable, es depositado en el o los dispositivos giratorios (discos o tubo), desde los cuales es impulsado a todo lo ancho de la máquina, con una elevada anchura de distribución, de hasta 40 m. En contraposición con las abonadoras por gravedad, la distribución transversal del abono no es homogénea en toda su anchura, por lo que exige el solapamiento o 'recubrimiento' entre pasadas. Es decir, la anchura útil de trabajo de la máquina (hasta 30m en abonadoras de doble disco) es inferior a la anchura total de la distribución o 'alcance' de las partículas (Ortiz-Cañavate, 1995 y 1989). La misma norma (UNE68-088-88) establece las condiciones de ensayo para la evaluación de la anchura útil de trabajo en abonadoras centrífugas. Esta se establece para cada tipo de abono granulado, pues las propiedades físicas del mismo influyen en el alcance y distribución de sus partículas.

Existen dos grupos de abonadoras centrífugas: de discos y pendulares, en ambos casos accionados por la toma de fuerza del tractor, pero mientras el movimiento de los discos es uniforme (velocidad de rotación constante, velocidad tangencial  $v = \text{constante}$ ), el movimiento del tubo pendular es oscilatorio (desde  $v=0$ , a  $v = v_{\text{máxima}}$  a  $v=0$ ). En estas máquinas (y en todas aquellas cuya dosificación no se realiza por sus propias ruedas) la dosis superficial aplicada  $D$  se expresa en función del caudal de abono dosificado por unidad de tiempo  $Q$ , la velocidad de avance de la máquina  $v$  y la anchura útil  $a$  como:

Por lo tanto, las regulaciones de dicha do-

sis superficial consisten en la regulación del caudal y de la velocidad real de avance de la máquina. La anchura útil de trabajo viene determinada principalmente por los elementos de esparcido (como antes se ha dicho), los cuales pueden variarse en los siguientes términos:

- Tipo de discos, su diámetro, forma tipo, tamaño y posición de las paletas.
- Altura de los discos (de la máquina) sobre el suelo, e inclinación.
- En algunos casos, punto de caída del abono sobre el disco.

Los catálogos de las máquinas incluyen unas tablas para realizar estas regulaciones, que en su caso, hay que comprobar según el protocolo de ensayo especificado en la citada norma.

Las pequeñas variaciones del régimen del motor no van a influir en la dosis superficial aplicada. Sin embargo, variaciones en la velocidad real de avance, si influyen en la homogeneidad longitudinal. El resbalamiento por tanto, afecta de una forma constante (y hay que tenerlo en cuenta compensándolo con el caudal: a mayor resbalamiento, menor caudal en la misma proporción). Para compensar estas diferencias, la mayor parte de las casas comerciales ofertan dispositivos electrónicos de control de la dosis, que consisten en un sensor de la velocidad real de avance del tractor, un procesador y un actuador sobre la apertura de la trampilla reguladora del caudal (caudal proporcional al avance). Simultáneamente a la modificación del caudal, el sistema aporta al tractorista información actualizada referente al fertilizante remanente en la tolva, es decir, a la autonomía en superficie abonable para una anchura de trabajo prefijada por el operario y a la dosis real aplicada empleando para ello sensores de peso en la base de la tolva; la presencia de dispositivos de calibración dinámica es importante para evaluar la fiabilidad de las medidas. Estos sistemas se adaptan también en las modernas abonadoras de gravedad de gran superficie. El viento es otro aspecto a tener en cuenta a la hora de realizar la operación de abonado.

Las abonadoras centrífugas de discos pueden disponer de uno o dos de dichos elementos. Estas últimas permiten alcanzar máximas anchuras útiles de trabajo. Una ventaja adicional de las abonadoras centrífugas de doble disco respecto a las de disco simple es la posibilidad de inhabilitar uno de los discos a la hora de fertilizar los bordes de la parcela con lo que es posible evitar la emisión de abono fuera del cultivo. Este aspecto medioam-



Abonadora con deflector "I.G.S." de Bogballe que consigue una distribución más precisa.



La tolva basculante permite realizar la limpieza del sistema de distribución de manera más fácil, de Gil.

biental está cobrando cada vez más importancia en los países de agricultura más avanzada, donde el nivel de fertilización es muy elevado.

La oferta en el mercado de abonadoras centrífugas es enorme; capacidades desde 200 l y desde 6 m de anchura útil, hasta 2500 l y hasta 36 m en los tipos más usuales, hasta 8000 l en los remolques de gran capacidad; montadas a los tres puntos hasta 2000 kg, y remolcadas las de mayor capacidad. La mayoría, sobre todo para los modelos de mayor capacidad, se proveen de dispositivos para abonado en un solo costado; de adaptadores para la aplicación localizada en líneas, con tubos de caída o en dos bandas laterales para fi-



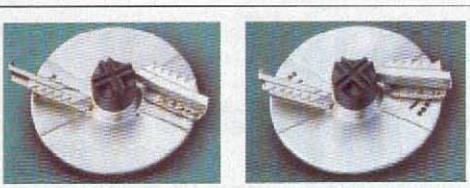
Detalle de la placa lateral para realización de abonado cerca de linderos (Kuhn).

las de árboles (olivo), y de los ya descritos sistemas de regulación del caudal proporcional al avance. En algunos casos, en el sistema de 'cultivo o agricultura de precisión' se pueden acoplar a la regulación automática por microprocesador.

Las abonadoras centrífugas pendulares sustituyen el dispositivo distribuidor de los discos por un tubo oscilante. El caudal del abono es dosificado de la misma forma que en las demás máquinas, y sirven aquí las mismas consideraciones respecto de la regulación de la dosis superficial y la influencia de las variaciones en la velocidad real. Su anchura útil es de hasta 10 m y, debido a su movimiento oscilatorio, tienden a depositar mayor cantidad de abono en los laterales (áreas de menor velocidad del tubo) por este motivo todo tubo distribuidor pendular ha de ir provisto de un deflector que permita la formación de una distribución transversal más centrada. En algunas ocasiones, la eliminación del deflector se ha empleado para abonar frutales localizando el fertilizante en las dos líneas de árboles a ambos lados de la máquina. Otros parámetros que pueden ser modificados

en las abonadoras centrífugas pendulares son el ángulo de oscilación y la longitud del tubo, así como la altura respecto del suelo, de la máquina o de unas chapas deflectoras bajo el tubo; todas estas regulaciones afectan al alcance de las partículas de abono, y por tanto a la anchura de trabajo. Se ofrecen con capacidades desde 250 l hasta 1700 l, en modelos montados a los tres puntos o remolcados.

Un aspecto fundamental en el uso de las abonadoras centrífugas es la enorme dependencia existente entre los parámetros de trabajo de las mismas (anchura útil, homogeneidad de la dosis...) y las propiedades físicas del abono (granulometría, densidad, coeficiente de fricción, higroscopicidad...). La Norma establece cinco categorías de tamaño de partículas. Los abonos pulverulentos pertenecen a la categoría inferior, y no deben ser distribuidos con abonadoras centrífugas dado que el alcance máximo para este tipo de producto está en torno a 3m. El tamaño mínimo de agregado que debe manejarse con estas máquinas está entorno a 2mm. Algunas compañías fabricantes de abonadoras efectúan ensayos de calibración de las máquinas específicos para cada tipo de abono, ofertando servicios de ayuda al usuario para la tipificación de abonos de características físicas desconocidas.



Distintas posiciones de las paletas de un disco: izquierda: abonado de cobrtera; derecha: borde de parcela (MDS do Rauch).



Aplicaciones localizadas en las líneas de cultivo (Howard).

Por último, dentro de las máquinas para la distribución de fertilizante sólido nos encontramos con:

### Las abonadoras neumáticas.

Estas máquinas, las más modernas, son el resultado de un interés muy acuciante en el Norte de Europa por reducir las dosis de fertilizante con niveles de homogeneidad superficial aceptables. Estas máquinas son aplicables a la distribución de microgránulos por procedimientos neumáticos similares a las sembradoras neumáticas. Se caracterizan por la presencia de una barra con toberas de salida (la anchura útil es igual al número de to-

beras por la distancia entre toberas, máximo 12m), una tolva, un dosificador y un ventilador para el arrastre del abono hasta los puntos de salida. El elemento dosificador puede estar accionado por la rueda motriz de la máquina, con lo que el caudal Q dosificado es proporcional al camino recorrido, e independiente de la velocidad de avance; la máquina, de forma similar a lo que ocurre en las sembradoras neumáticas, mantiene un flujo de aire suficiente para el transporte de las partículas, en el que se inyecta el producto a ser distribuido, sea en mayor o menor caudal. Estas máquinas están especialmente indicadas para las distribuciones de dosis bajas 50-100kg/ha y no deben emplearse en dosis superiores a 800-1000kg/ha debido a la aparición de obturaciones (tampoco fueron diseñadas al efecto). En nuestro país están poco extendidas de-

vido al mayor coste del equipo en comparación con las abonadoras centrífugas. Sin embargo, son idóneas para distribuciones muy homogéneas, en equipos de gran superficie. Se ofertan equipos mixtos autopropulsados, para la aplicación de productos líquidos o sólidos indistintamente.

## Abonado líquido

Como se ha comentado anteriormente, en este artículo no nos referiremos a la aplicación de fertilizante líquido pero sí a la aplicación de amoníaco anhidro (único fertilizante gaseoso). Debido a su estado físico este fertilizante exige el empleo de equipos específicos. Este hecho constituye una clara desventaja. Sin embargo, el amoníaco anhidro supone la unidad fertilizante nitrogenada más barata del mercado. La aplicación de amoníaco anhidro tiene dos aspectos: 1) precisa un centro de abastecimiento equipado convenientemente para el trasiego a presión del producto, y 2) necesita equipos de aplicación específicos. El primer aspecto es en

principio puramente logístico e indica la necesidad de contar con puntos de abastecimiento cercanos, o de empresas de servicios.

Los equipos para la aplicación de amoníaco anhidro están constituidos por: un depósito capaz de soportar presiones de hasta 30 bares (se precisa un mínimo de 8 bares para que el amoníaco anhidro se encuentre licuado), un sistema dosificador volumétrico o diferencial, conductos para el trasiego del amoníaco anhidro y rejillas para su enterrado. El dosificador volumétrico está accionado por la rueda motriz de la máquina y por tanto la dosis que aplica es proporcional al avance del tractor. El dosificador actúa en líquido para garantizar un funcionamiento adecuado. El dosificador diferencial libera un caudal constante dependiendo de la diferencia de presión entre el interior del depósito y la atmósfera de manera que en este caso la velocidad de avance del tractor es la regulación de la dosis, con dosis menores para mayores velocidades de avance. La distancia entre rejillas y la profundidad de enterrado del amoníaco anhidro son los otros aspectos susceptibles de regulación en estas máquinas.



Abonadora remolcadora de doble disco, de Solá.

Por último, los diversos sistemas de fertilización (expuestos en otros números de esta revista) han entrado con enorme empuje en los cultivos intensivos. Suponen instalaciones fijas complejas, con sistemas de inyección del producto soluble preparado en disoluciones concentradas, con un conjunto de bombas volumétricas regulables con precisión, sobre los sistemas de riego. El procedimiento es imprescindible en las instalaciones de riego por goteo y, dada la importancia creciente de las mismas, está haciendo evolucionar incluso el mercado de los productos fertilizantes. ■

## BIBLIOGRAFÍA

Márquez, 1998. Técnicas y equipos para la distribución de fertilizantes. Seminario.  
 Ortiz-Cañavate J. y colaboradores, 1995. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Ed. Mundi-Prensa. 5ª edición.  
 Ortiz-Cañavate J. y J.L.Hernanz, 1989. Técnica de la mecanización agrícola. Ed. Mundi-Prensa. 3ª Edición.



Sala de ensayos de distribución de Rauch.