

# LA TECNOLOGÍA EN LAS ABONADORAS DE PROYECCIÓN

## Parte 1.- La uniformidad de distribución

La distribución de los abonos minerales en la agricultura europea se basa en la utilización de las abonadoras de proyección, centrífugas y pendulares, que hicieron desaparecer del mercado las abonadoras por gravedad.

**LUIS MÁRQUEZ**

Su elevada capacidad de trabajo, su robustez y simplicidad constructiva, unidas a su reducida anchura de transporte y bajo coste de adquisición, han hecho posible que prácticamente todas las explotaciones agrícolas dispongan de su propia abonadora de proyección.

Al lanzar el abono desde el centro de la máquina, para cubrir una anchura de trabajo que puede llegar a superar los 30 m, no siempre se garantiza la uniformidad de la distribución, aunque se mantenga el solapamiento entre pasadas sucesivas.

Esto es como consecuencia de que la distribución está fuertemente afectada por las características físicas del abono, especialmente su granulometría,



de manera que una pequeña variación de la misma, lo cual puede ser una consecuencia de las condiciones ambientales y del tiempo de conservación del abono, puede obligar a modificar las regulaciones de la máquina. Otro tanto puede suceder cuando se cambia la dosis de fertilizante aplicada, algo necesario cuando se pretende la fertilización diferenciada que exige la denominada Agricultura de Precisión.

### Las propiedades físicas de los fertilizantes

Las características físicas del abono condicionan el comportamiento de las abonadoras de pro-

yección en lo que se refiera a la uniformidad de distribución y estas varían en el tiempo

El fertilizante con menor densidad aparente es proyectado a menor distancia que el de mayor densidad; para un mismo diámetro, las partículas más densas son las que tienen mayor alcance. Asimismo, la variación de la densidad aparente del abono influye en la cantidad (peso) que sale de la tolva, por lo que habrá que hacer los cambios oportunos para asegurar la dosis establecida (kg/ha).

La densidad aparente suele ser bastante estable en los diferentes tipos de abonos; así, en los nitrogenados (nitrógeno-amoniacales) está comprendida entre

0.85 y 0.95 kg/m<sup>3</sup>, y en los de tipo compuesto (NP, PK y NPK) entre 0.90 y 1.20 kg/m<sup>3</sup>.

La variabilidad es mucho mayor en lo que se refiere a la granulometría del abono, lo que tiene un efecto muy significativo en la distribución por proyección. A medida que el diámetro del gránulo aumenta, el alcance también lo hace, sobre la base de abonos con similares densidades aparentes y manteniendo la regulación de la abonadora de proyección.

Es frecuente que los fabricantes de abonadoras suministren con la máquina una caja de pequeñas dimensiones, con 3 o 4 tamices, para determinar, de manera rápida, la granulometría del abono. La determinación de la granulometría a partir de una pequeña muestra de abono sirve para hacer un primer ajuste de la máquina en cuanto a la uniformidad y anchura de esparcido, pero siempre resulta conveniente hacer la correspondiente comprobación en campo. Se necesita un fertilizante granulado con el 80% en volumen comprendido entre 2.5 y 4.0 mm, si

se desea trabajar con anchuras efectivas de esparcido que alcancen o superen los 24 metros.

Hay otras propiedades físicas de los abonos, como el grado de esfericidad, la facilidad para fluir por un orificio, la dureza, la friabilidad, el nivel de polvo, la resistencia a absorber humedad o la resistencia al apelmazamiento, que tienen influencia sobre el comportamiento de las abonadoras, aunque mucho menor que la granulometría o la densidad aparente. La influencia de cada una de estas propiedades físicas se puede resumir como sigue:

- Cuando más se aproximan las partículas a la forma de una esfera menor es su resistencia aerodinámica, dando lugar a una trayectoria estable.
- La facilidad para fluir afecta al caudal de salida del contenido de la tolva para cada una de las posiciones de la palanca dosificadora.
- La dureza de las partículas tiene una marcada influencia en su comportamiento al ser sometidas a choques, como su-

cede con los golpes que proporcionan los elementos de proyección. Los gránulos que se rompen en estos choques siempre tendrán un alcance reducido, lo que afectará a la uniformidad de la distribución.

- La friabilidad indica el efecto de la abrasión sobre las partículas de abono en todo el proceso de manipulación y esparcido.
- El contenido de polvo en un abono granulado es desfavorable para la estabilidad del producto, y en muchas ocasiones es consecuencia de una fabricación defectuosa, de un envejecimiento acelerado por una degradación debida a los cambios de temperatura y de humedad, o de reacciones químicas lentas que se producen en el mismo.
- El exceso de humedad en el abono es siempre negativo, tanto para asegurar un buen almacenamiento, como en el momento de su distribución en el campo. El exceso de humedad favorece la formación de terrones difíciles de romper que afectan a la distribución.

FIGURA 1.- PARÁMETROS FÍSICOS QUE CARACTERIZAN UN ABONO MINERAL GRANULADO



FIGURA 2.- SALIDA DEL ABONO DE LA TOLVA

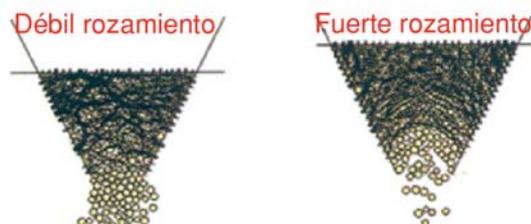
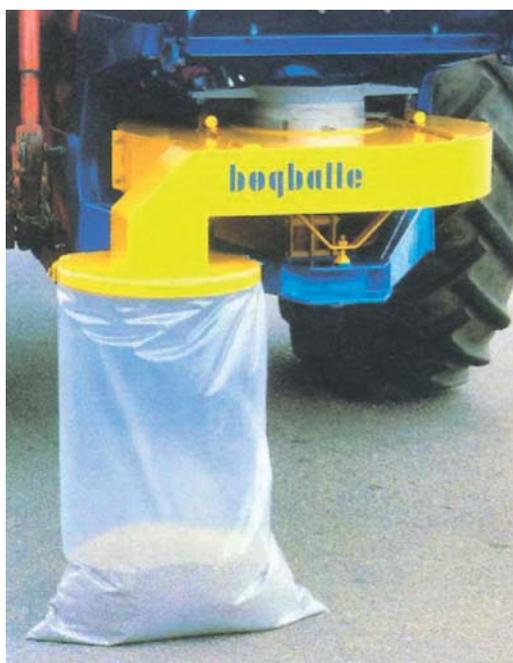


FIGURA 3.- CALIBRACIÓN DEL CAUDAL



### Los puntos críticos en las abonadoras de proyección

El buen comportamiento de una abonadora por proyección depende, por una parte, de los mecanismos que facilitan la salida del abono de la tolva, y por otra de las características de los mecanismos de proyección.

#### Dosificación del fertilizante

La salida del abono contenido en la tolva para llegar a los elementos de proyección está condicionada por las caracterís-

ticas de las paredes de la tolva, el orificio de salida, y el sistema de agitación.

El vaciado por el fondo de una tolva que contenga material granulado se produce de manera que la columna de gránulos situada sobre el orificio tiene prioridad en la salida como consecuencia de los rozamientos entre los gránulos y con las paredes de la tolva. También se producen bóvedas que limitan la normal salida de los gránulos, especialmente con fertilizantes pulverulentos y cohesivos.

Para evitarlo, en el fondo de la tolva de la abonadora siempre se sitúa un mecanismo agitador, cuya acción sobre el abono debe ser un compromiso entre su eficacia y su efecto sobre el abono para que no se produzca el molido de los gránulos, teniendo en cuenta que en los cabezales se cierra el orificio de salida del abono, y el agitador, accionado por la toma de fuerza, sigue funcionando.

El caudal de abono que sale de la tolva está condicionado por las dimensiones del orificio de salida, aunque, para la misma dimensión de orificio, la cantidad de abono que cae sobre los elementos de proyección depende del rozamiento interno de los gránulos y de la forma del orificio de salida.

Como la dosificación de fertilizante por hectárea es gravimé-

trica (kg/ha) y la salida se cuantifica en forma volumétrica, para la misma sección del orificio de vaciado, la salida varía con las características físicas del abono, lo que exige una calibración de la máquina, recogiendo la cantidad de fertilizante por unidad de tiempo, para la posición seleccionada.

Cuando se pretende aplicar abono en dosis variable, como exige la Agricultura de Precisión, la modificación de la dimensión del orificio de salida no garantiza una proporcionalidad de la dosis en términos gravimétricos, por lo que hay que incluir en la máquina un sistema de pesada en movimiento, con acelerómetro corrector de las vibraciones que se producen en el desplazamiento de la máquina sobre la parcela.

Todavía hay otro aspecto que conviene considerar. La modificación del punto de caída del abono, que se puede producir por la variación de la dimensión del orificio que da paso al abono desde la tolva, afectaría a la anchura de proyección. Así, algunos fabricantes utilizan una compuerta doble que se abre a diferente velocidad por cada lado, para que el centro geométrico de la sección de salida permanezca fijo. Otros fabricantes utilizan orificios de salida con formas geométricas que consiguen algo similar con una sola com-

FIGURA 4.- ORIFICIO DE SALIDA PARA QUE NO AFECTE AL PUNTO DE CAÍDA SOBRE LOS ELEMENTOS DE PROYECCIÓN

Compuerta doble



Orificio irregular



Salida centrada



puerta. En otras abonadoras, el sistema de proyección no está significativamente afectado por la modificación de la abertura.

### Proyección del fertilizante

El sistema mecánico de los esparcidores centrífugos es simple en apariencia, pero esto no es así cuando se analiza con detalle. La complejidad es una consecuencia de que debe garantizar la uniformidad de distribución con dosis variable entre límites muy amplios y con tipos de abono diferentes.

Para conseguir una buena distribución se dispone de dos variables: la velocidad de salida y la dirección de proyección.

La velocidad de salida le proporciona al gránulo la energía necesaria para recorrer la trayectoria prevista. En teoría, la velocidad de proyección, que se puede calcular a partir de la velocidad periférica del extremo de las paletas, está entre 18 y 30 m/s, según el diámetro y la velocidad del disco.

Los ensayos de laboratorio ponen de manifiesto que la velocidad de proyección resulta afectada por la inclinación de las paletas, por el frotamiento de las partículas de abono sobre los elementos lanzadores y por la densidad del gránulo, entre otros factores. Se miden velocidades reales de 25 a 42 m/s (90 a 150 km/h)

Las direcciones de proyección son una consecuencia de las trayectorias que siguen las partículas cuando salen del pla-

to, las cuales dependen de la forma y dimensiones de las paletas, de los ángulos de inclinación y del punto de caída del abono sobre el plato con respecto al sentido de rotación, así como de la horizontalidad o inclinación del plato.

**La velocidad de salida le proporciona al gránulo la energía necesaria para recorrer la trayectoria prevista**

Las regulaciones deben permitir la modificación del caudal y de la anchura de esparcido, o bien, el ajuste que haga posible

mantener la anchura de esparcido, con suficiente uniformidad, cuando se cambia el tipo de abono.

La anchura de esparcido se puede modificar actuando sobre:

- La altura respecto al suelo de los elementos de proyección
- La inclinación antero-posterior de la máquina
- El cambio de discos o de paletas
- La modificación de la longitud de las paletas o su posición sobre el disco
- El punto de caída del abono sobre el disco.
- La velocidad de rotación de los discos

Como indicaciones de tipo general, relacionadas con la proyección del fertilizante que cae sobre el disco, se pueden dar las siguientes:

- Para una paleta en posición radial de pequeña longitud, la salida del abono se produce antes y con menor velocidad que con la paleta de mayor longi-



FIGURA 5.- SOLAPAMIENTO CON ABONADORAS DE DISCO SIMPLE

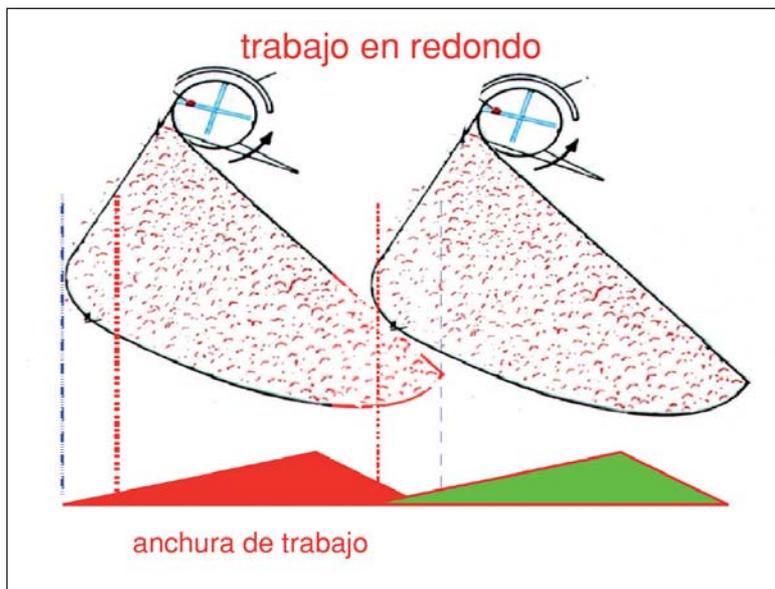
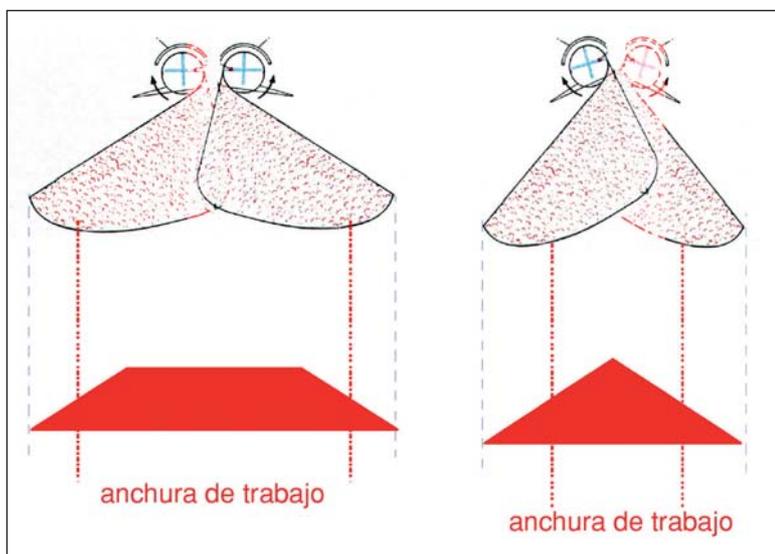


FIGURA 6.- PERFIL DE DISTRIBUCIÓN CON ABONADORAS DE DOBLE PLATO (SOLAPAMIENTO DE LOS HACES DE PROYECCIÓN)



tud, siempre que se mantenga el punto de caída del abono sobre el disco.

- Las paletas que forman ángulo con el radio del disco anticipan la proyección, si este ángulo es positivo en relación con el sentido de giro del disco, y la retrasan si es negativo.
- La caída del abono en las proximidades del eje de giro del disco produce un retraso de la proyección frente a la caída próxima a los bordes.

- Anticipando la caída del abono respecto al sentido de giro se adelanta su salida, lo que permite una proyección hacia los lados; retrasando la caída se retarda la proyección que se producirá hacia atrás.

Utilizando estas posibilidades en las máquinas de doble plato se puede conseguir mantener una anchura de trabajo previamente fijada (tráfico controlado), para abono con característi-

cas físicas diferentes, dentro de ciertos límites.

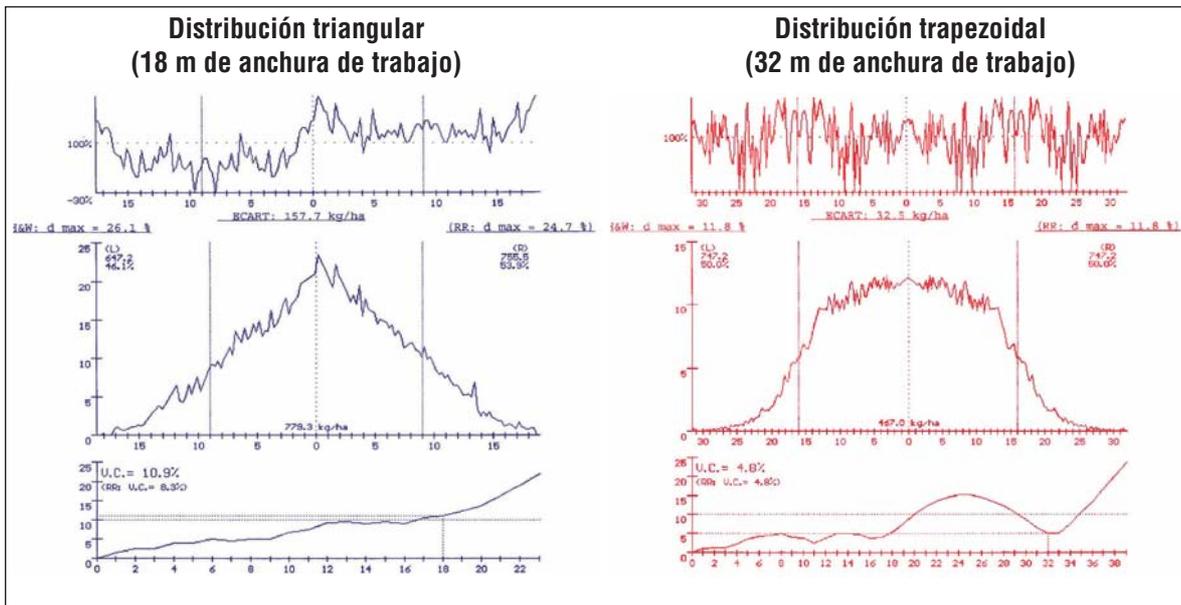
En las abonadoras de disco simple, el haz de proyección del fertilizante granulado hace difícil conseguir un diagrama de distribución simétrico respecto a la línea de avance del tractor (Figura 5). Por ello conviene trabajar en redondo, y con una anchura efectiva inferior a los 20 m, siempre que se disponga de un fertilizante con buena granulometría.

**En las abonadoras de disco simple, el haz de proyección de fertilizante granulado hace difícil conseguir un diagrama de distribución simétrico**

Con las abonadoras de doble plato el ajuste de la anchura de trabajo deseada, con diferentes tipos de abono, es más fácil, ya que se puede ajustar el haz de proyección del fertilizante hacia atrás o hacia los lados, según se indica en la Figura 6.

El perfil de distribución obtenido puede ser triangular o trapezoidal. El perfil triangular se suele conseguir con anchuras de esparcido más bajas, mientras para aumentar la anchura de trabajo hay que recurrir a perfiles de distribución trapezoidal. Esto tiene un inconveniente: el coeficiente de variación frente a pequeñas diferencias en la distancia entre pasadas contiguas resulta muy afectado, mientras que en la distribución triangular las variaciones del CV son pequeñas, lo que garantiza la mejor distribución del abono.

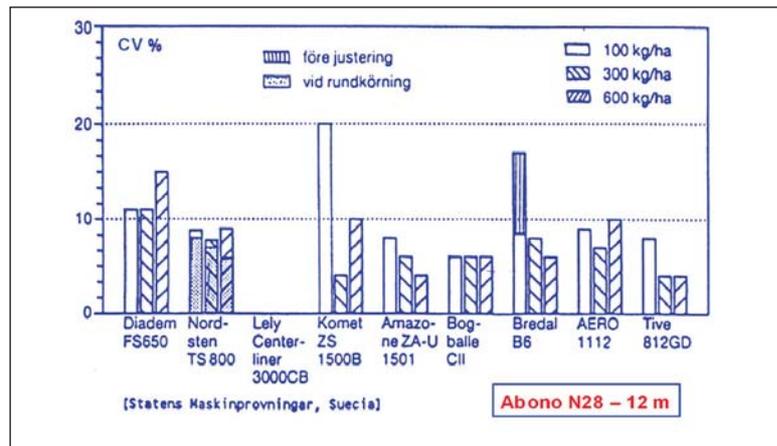
FIGURA 7.- DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN EN ABONADORAS DE DOBLE PLATO



Esto se puede apreciar en la Figura 7, correspondiente a los perfiles de distribución de una abonadora de doble plato. Se observa, asimismo, la mayor anchura de trabajo que se consigue con la distribución trapezoidal.

La anchura de esparcido que se obtendría con las abonadoras pendulares (trompa oscilante) depende de la longitud de tubo y de su frecuencia de oscilación. Vicon, que fue el fabricante que las introdujo en el mercado, in-

FIGURA 8.- COMPARATIVA ENTRE ABONADORAS



dica que con el sistema estándar se pueden conseguir perfiles de distribución triangulares para trabajar con anchuras efectivas de 15 m. Si se quiere aumentar esta anchura, se recurre a situar unas pantallas horizontales a cada lado y a aumentar el régimen de oscilación, para obtener una distribución trapezoidal con una anchura efectiva de trabajo de 18 m. El fabricante considera que este es su límite práctico, y ha cuidado especialmente el diseño del deflector situado en la salida de la trompa oscilante para evitar que el abono tienda a agruparse en líneas paralelas a la que sigue el tractor con la abonadora.

FIGURA 9.- VARIACIONES EN EL PERFIL DE DISTRIBUCIÓN

	Abonadora A	Abonadora B	Abonadora C
Cambiar abono	↑---↓---↑	---↑---	↑-↓-↓-↑
Tercer punto largo	↑-↓-↓-↑	-↓-↑-↓-	-----
Más inclinada	↑-↓-↓-↑	---↑---	---↑---
Tercer punto corto	-↑---↑-	---↑---	-----
Abonadora baja	---↑---	-↓-↑-↓-	-----

### Estabilidad de la regulación frente al cambio de abono

Cualquier abonadora de las marcas conocidas, al utilizar un abono con características físicas apropiadas y regulada correctamente, puede ofrecer una buena uniformidad de distribución. Las diferencias más significativas están en la anchura efectiva máxima que pueden conseguir, manteniendo una buena uniformidad de distribución según el tipo de abono y la dosis aplicada. Hay que advertir que en muchas ocasiones la modificación de la dosis afecta al coeficiente de variación para una misma anchura de trabajo.

Por ello, cuando se comparan las prestaciones de las abo-

**Cualquier cambio de abono debe ir unido a una nueva calibración de la máquina tomando en consideración lo que indique su Manual del Operador**

nadoras hay que fijar las distancias de trabajo elegidas como referencia y las dosis para los tipos de abono que se utiliza habitual-



mente en una región. A este respecto puede servir como referencia la comparativa realizada en Suecia (figura 8), utilizando un fertilizante N28 con una anchura de trabajo de 12 m. Se puede apreciar en algunas de las máquinas ensayadas que con bajas dosis el coeficiente de variación aumenta de forma considerable para la mínima anchura de trabajo.

Otro aspecto a tener en cuenta es el comportamiento de las abonadoras cuando se cambia de abono, o se realizan cambios en algunas de sus regulaciones principales, como la inclinación de la máquina o el régimen de la toma de fuerza.

Con los resultados de unas comparaciones realizadas en Francia sobre tres máquinas diferentes se ha elaborado la tabla que se presenta en la figura 9. Todas las abonadoras se regularon para conseguir el perfil de distribución adecuado, y, sin modificar las regulaciones, se cambió el tipo de abono, o las posiciones relativas de la abonadora respecto al suelo.

Las flechas hacia arriba indican que la cantidad de abono caída ha aumentado en la zona marcada, mientras que las flechas hacia abajo indican que se ha reducido. La conclusión más significativa es que no todas las máquinas tienen la misma respuesta al cambio de abono, y los sistemas de proyección difieren en cuanto a la sensibilidad a estos cambios. Por ello, cualquier cambio de abono debe ir unido a una nueva calibración de la máquina tomando en consideración lo que indique su Manual del Operador.

Cualquier máquina que no disponga de un buen Manual del Operador, con la información apropiada para realizar una previa calibración de la máquina en función de la granulometría del fertilizante, nunca puede considerarse como una abonadora de calidad. ■