

Hacia un uso eficaz de fertilizantes

# MAQUINAS PARA LA DISTRIBUCION DEL ABONO MINERAL

Por: Prof. Luis Márquez\*



Equipo para abonado localizado en bandas incorporado a una sembradora monograma.

## INTRODUCCION

Los cultivos han exigido, de manera tradicional, el empleo de grandes cantidades de fertilizantes para corregir las deficiencias de los suelos y compensar las extracciones de las cosechas.

Por la escasez y el mayor coste de los fertilizantes de origen orgánico, y también para conseguir un abonado más equilibrado, los fertilizantes minerales, especialmente en estado sólido o líquido, son los que en estos momentos se utilizan con mayor frecuencia.

El aumento de la productividad que los fertilizantes proporcionan cuando se dispone de agua suficiente, compensa claramente los costes de estas materias, por lo que, al no estar tan condicionado el abonado por la rentabilidad, frecuentemente se abusa de ellos, lo que conlleva riesgos de contaminación de los acuíferos en las zonas regadas.

Las limitaciones que la política agraria y medio-ambiental de la CEE va a imponer en materia de fertilización, dentro de los que se definen como "Códigos de buenas prácticas agrícolas", obligará a reconsiderar las dosis de abonado que ahora se aplican, calculando con mayor precisión las necesidades del cultivo, sistematizando los análisis tanto de los suelos como de las propias plantas.

Sin embargo, puede mantenerse, en gran medida, las producciones actuales mejorando las técnicas utilizadas para la distribución del abono, ya que no sólo es importante la cantidad de abono que se puede distribuir, sino la forma en la que se realiza. El equipo mecánico para distribución del abono mineral es el que se encarga de situar el abono de manera que sea aprovechado por el cultivo de manera eficaz, y la atención que reciben estos equipos, en la mayoría de los casos, tanto en su selección como en su utilización, es

## Tipos de abonadoras

- De platillos.
- De tornillo sin-fin.
- Centrifugas y pendulares.
- De rodillos.
- Neumáticas.

(\*) Dr. Ing. Agrónomo. Univ. Politécnica de Madrid.

(Deseo expresar mi agradecimiento a D. Pedro Allende y a D. José A. Centeno, del Plan 97 para la tecnificación del cultivo de la remolacha, por los aportes de material gráfico que ilustran este artículo).



*Distribución de ahorro con abonadora de caída por gravedad mediante tornillo sin-fin.*

claramente deficiente, produciéndose irregularidades en la distribución que reducen la eficacia y obliga a utilizar dosis superiores a las verdaderamente necesarias.

### LA NATURALEZA DEL ABONO COMO CONDICIONANTE

Actualmente se encuentran en el mercado abonos minerales en estado sólido, líquido y gaseoso, y cada tipo necesariamente tendrá que distribuirse con máquinas muy diferentes entre sí.

Los abonos minerales sólidos, que son sin duda los más difundidos, aparecen con diferente presentación:

- granular, característica de todos los abonos compuestos;
- granular perlada, en la urea;
- cristalizada o prensada, en general en abonos potásicos;
- pulverulenta, en muchos abonos simples.

Otras veces se realizan mezclas utilizando algunas de las presentaciones anteriormente señaladas.

Para distribuir estos productos se utilizan máquinas denominadas abonadoras, que se pueden definir como máquinas capaces de esparcir el abono mineral, contenido en una tolva o depósito, por todo el campo de cultivo, con una localización determinada y consiguiendo al menos un grado de uniformidad tal que las diferencias no tengan reflejo sobre los rendimientos del cultivo.

Las diferentes formas de presentación hacen que no todas las máquinas se comporten por igual con ellos: habrá distribuidores que actúen muy bien con algunos de los tipos de abono y con otros su uniformidad de distribución deje mucho que desear.

Otra alternativa es la de utilizar el abono mineral en estado líquido, empleando para distribuirlo el propio equipo de riego o un pulverizador suficientemente adaptado a las características de los abonos.

Las propiedades físicas de los abonos líquidos varían según la formulación lo cual afecta a la maquinaria de aplicación; pueden establecerse en función de esto dos grandes grupos:

- soluciones y
- suspensiones

En los primeros se encuentran las soluciones claras con o sin tensión de vapor (gases que tienden a escapar a la atmósfera si se les deja) y también las sobresaturadas que con eso logran una mayor riqueza en unidades de fertilización.

Las suspensiones presentan altas riquezas pero también problemas si los equipos de distribución no están preparados para trabajar con un producto abrasivo.

Hay una tercera alternativa: la utilización de fertilizantes en forma gaseosa. El abono gaseoso que se emplea en la actualidad es el amoníaco anhídrido, y su transporte bajo presión y licuado precisa depósitos especiales. Al ponerlo en contacto con la atmósfera se gasifica y es necesario que esta salida se haga en el interior del suelo para que el complejo absorbente retenga este nitrógeno que de otra manera escaparía a la atmósfera.

Con independencia del estado físico del fertilizante considerado, la distribución del abono puede hacerse de una manera uniforme en toda la superficie del campo, o en bandas superficiales, o enterradas a una determinada profundidad, lo cual diversifica también la maquinaria agrícola para esta labor.

En la línea que siguen a continuación se analizan los diferentes aspectos de los

**La distribución uniforme, un desafío para las máquinas abonadoras.**

“

**El tamaño “normalizado” de los gránulos y los ensayos oficiales.**

equipos de abonado para fertilizantes minerales sólidos, tanto las características técnicas de las diferentes opciones, como la forma de control y la regulación, para conseguir un grado suficiente de homogeneidad en la distribución tanto uniforme como localizada.

### DISTRIBUCION UNIFORME DE LOS ABONOS MINERALES SOLIDOS

La aplicación más frecuente de los abonos minerales sólidos es la que se realiza de una manera “uniforme” en toda la superficie del campo de cultivo.

Para ello las máquinas genéricamente conocidas como abonadoras realizan la distribución utilizando, en la mayoría de los casos, tres principios diferentes:

- caída libre desde la tolva al suelo;
- proyección del abono por fuerza centrífuga;
- transporte del abono en corriente de aire que lo libera cerca del suelo.

Las características de cada uno de estos grupos son:

#### Abonadoras por gravedad

Con ellas la distribución se realiza por caída libre desde la tolva controlada por un dosificador. Fueron las máquinas que primero llegaron al mercado, y entre las opciones constructivas, las más generalizadas fueron las que utilizaron dosificadores de plantillos de eje vertical, que giran manteniendo parte del mismo en el fondo de la tolva y que arrastran el abono que caerá al exterior. El accionamiento de estos platillos se realiza por un eje que recibe el movimiento de las ruedas de la máquina y así una dosificación proporcional al avance de esta.

## FASES EN EL PROCESO DE VERIFICACION DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCCION Y CALCULO DE LA ANCHURA DE TRABAJO



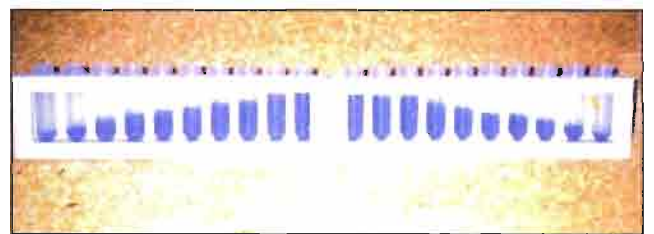
Preparación de las cajas de recogida.



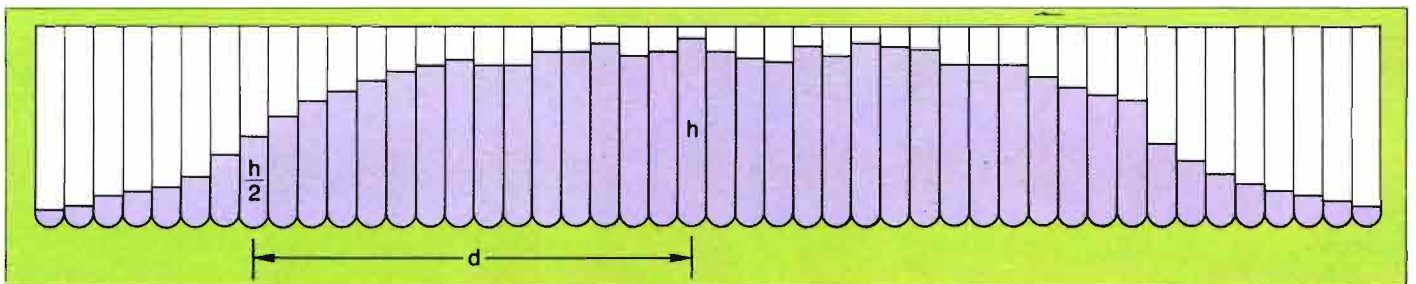
Distribución de abono (dos pasadas en el mismo sentido)



Recogida del contenido de cada caja



Observación de la simetría de la distribución



Calculo de la anchura de trabajo

## MECANIZACION

A pesar de conseguir una buena uniformidad en la distribución, estas máquinas prácticamente se han dejado de utilizar a causa de su baja capacidad de trabajo (reducida a la anchura de la máquina que coincide con la de distribución) y dificultades para su transporte entre las parcelas de la explotación.

Manteniendo el mismo principio de caída libre, especialmente diseñadas para la distribución de abono con granulometría irregular, se han desarrollado nuevos tipos de máquinas construidas sobre la base de una gran tolva central y salidas laterales con transportadores de tornillo sin fin que pueden cubrir una gran anchura por pasada. Estos transportadores se pliegan para los desplazamientos fuera de la parcela, lo que favorece su movilidad. Son máquinas que están tomando una importancia creciente y van especialmente dirigidas a los que manejan graneles realizando formulaciones a la demanda con el empleo de abonos simples.

El campo de aplicación de estas máquinas lo constituyen por tanto las aplicaciones en dosis elevadas por hectárea y con abonos pulverulentos que con otros tipos de máquinas serían distribuidos con baja uniformidad.

### Abonadoras centrífugas

Si hay una máquina que verdaderamente revolucionó el abonado mineral, esta fue la abonadora centrífuga. Una máquina sencilla y barata que rápidamente barrió del mercado a la abonadora de platillos convencional. Puede decirse que no hay explotación agrícola mínimamente mecanizada que no disponga de una de estas máquinas para la aplicación del abono mineral.

Con una tolva central y un disco con paletas que gira accionando por la toma

de fuerza lanzando con fuerza el abono, puede lograrse anchuras de esparcido que superen los 20 metros, siempre que se utilice abono granulado. La simplicidad mecánica de estas máquinas, lo que supone un reducido coste de adquisición y las capacidades de trabajo que se pueden conseguir hace de ellas lo que en principio sería la "máquina ideal".

Sin embargo cuando se ensaya la uniformidad de distribución, recogiendo sobre cajas el abono esparcido en la pasada, se observa irregularidades verdaderamente graves que pueden afectar al buen aprovechamiento del abono mineral distribuido.

Son diversas causas las que provocan esta baja uniformidad de distribución. En primer lugar está el propio diseño en la máquina. Al caer el abono sobre el disco giratorio, la fuerza centrífuga que en él mismo se genera es la causa del lanzamiento de los granúlos de abono. Como la caída se realiza en cierta superficie del disco, no todos los granúlos alcanzan la misma velocidad de salida y esto hace que algunos, los de mayor tamaño, caigan al suelo a gran distancia de la máquina, mientras otros queden muy próximos. La velocidad del disco, la forma de las paletas y el orificio de salida de la tolva modifican, de manera sensible, la distribución, pero es difícil para los modelos de disco único lograr la suficiente uniformidad sin un ligero solapamiento entre pasadas: esto reduce la anchura de trabajo efectivo y obliga a un cuidadoso ajuste de la máquina para cada aplicación.

La uniformidad generalmente mejora en las máquinas que utilizan como elementos de lanzamiento dos discos girando en sentido contrario: el abono proyectado por cada disco se solapa y mejora la uniformidad.

Aunque la máquina se encuentre bien diseñada, hay ocasiones en las que se

producen irregularidades en la distribución. La causa primera de esta irregularidad es la variación del tamaño del gránulo del abono utilizado. Esto lo pone de manifiesto diferentes experiencias realizadas con la misma máquina y abonos de granulado diferente. Utilizando un abono con dos componentes, uno con gránulo menor de 1 mm y otro con gránulo entre 1 y 2 mm, la anchura máxima de trabajo para un esparcido uniforme considerando la superficie cubierta por los granúlos de menos de 1 mm, sólo llega a 3.60 m mientras que el segundo componente se distribuye con uniformidad en una anchura de 9.1 m. Si por el contrario se utiliza abono granulado entre 1 y 2 mm mezclado con otro gránulo entre 3 y 4 mm, el primer componente se reparte con uniformidad en una anchura de 9.5 m y el segundo en una anchura de 10.8 m.

Estos ejemplos prácticos permiten llegar a unas conclusiones que pueden servir de ayuda en el control en campo de la uniformidad de distribución:

— Los abonos en polvo y granulados con alto contenido de gránulo de tamaño inferior a 1 mm son lanzados a muy pequeña distancia del disco giratorio. menos de 4 m de anchura de trabajo debería mantenerse para lograr una aceptable conformidad de distribución.

— Un aumento del tamaño del gránulo favorece el alcance y la anchura de trabajo con espaciado uniforme aumenta. Además, el gránulo grueso mantiene la penetración aún con viento.

— La dificultad para conseguir granúlos totalmente uniformes en tamaño sin encarecer notablemente el proceso de fabricación, hace preciso establecer al menos unos límites para que no resulte afectada la uniformidad de distribución.

Se estima que el tamaño de los granúlos que componen el abono deben encontrarse en un intervalo tal que, entre los ma-

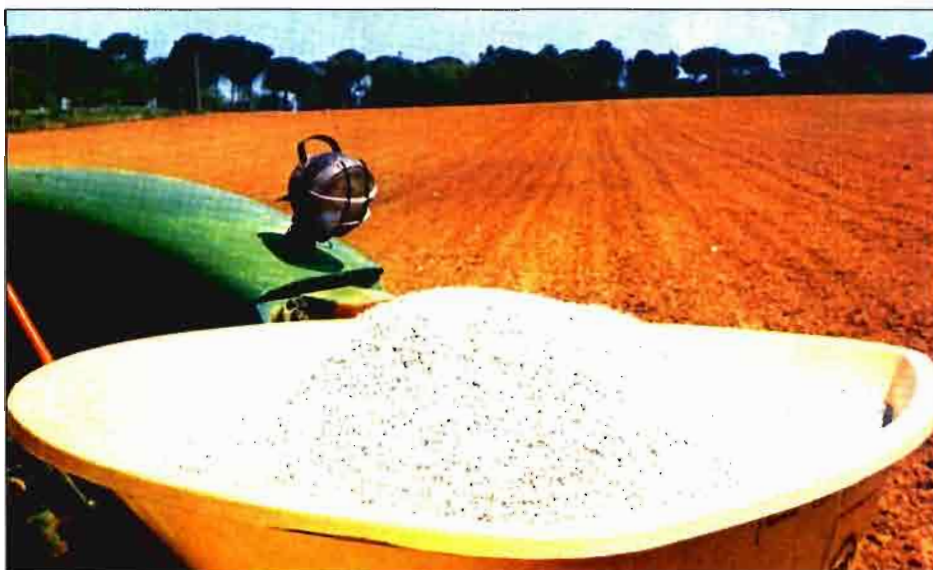


Foto Cros

yores y los más pequeños, no haya una diferencia superior a 1.5-2.0 mm; con ello, la uniformidad de distribución quedará dentro de los límites que se pueden considerar como agrónomicamente aceptables.

Además del diseño de la máquina y de la granulometría del abono utilizado, en última instancia, el estado de la abonadora puede ser responsable de la pérdida de uniformidad en la distribución: discos torcidos, paletas deformadas, corroidas o totalmente tapadas con el abono adherido, salida desequilibrada del abono de la tolva, etc, son todos factores que perjudican la salida de la distribución.

Análogos problemas tiene una variante, también muy popular, de las abonadoras centrífugas, que son las conocidas como "pendulares". Estas son especialmente sensibles a pérdidas de uniformidad en la distribución cuando el gránulo es de poca consistencia y se adhiere al interior de la trompa, y también cuando el deflector de salida, que es esencial para uniformar la distribución, recibe golpes que lo deforman, con lo que se produce una concentración de abono en bandas longitudinales con bajo nivel de uniformidad en el total de la anchura de trabajo.

## La moderna localización de los abonos.



En cualquier caso, estas máquinas sólo son recomendables con abonos granulados y es necesario controlarlas periódicamente para que los depósitos, o desgastes en el dispositivo lanzador, no provoquen desigualdades mayores en la uniformidad de distribución. A pesar de ello, por su bajo coste de adquisición, mantenimientos y conservación, junto con la gran capacidad de trabajo, tienen un amplio campo de utilización.

Recientemente ha aparecido en el mercado unas abonadoras de proyección que utilizan rodillos, con ejes en sentido longitudinal del avance de la máquina, que se encargan de lanzar el abono a medida que se desplaza por la zona de contacto entre los rodillos. La dirección de lanzamiento la regulan unas aletas fijas que cubren toda la salida de los rodillos de mane-

ra se puede distribuir de manera uniforme el abono granulado en una anchura superior a 30 metros. Las mayores limitaciones de estas máquinas, desde el punto de vista mecánico, se encuentran en la necesidad de contar con gránulos de abono suficientemente homogéneos y resistentes que soporten la fricción en el contacto de los rodillos que los lanzan.

### Abonadoras neumáticas

Conseguir la máxima uniformidad, sobre todo con la aplicación de los abonos nitrogenados de cobertera, es un desafío para la abonadora centrífuga. Siempre aparecerán problemas al mínimo descuido, y estos descuidos afectarán desfavorablemente a la producción.

Hace algunos años empezaron a difundirse, en países de agricultura avanzada, unas abonadoras con aspecto exterior parecido al de un equipo de pulverización: brazos con salidas independientes, espaciadas entre 0.5 y 1.0 m, que a partir de la tolva central transportaban el abono en una corriente de aire producida por un ventilador. La dosificación mecánica del abono en cada conducción logra gran uniformidad y las "boquillas" más alejadas distribuyen la misma cantidad de abono que los que se encuentran en el centro de la banda de aplicación.

Este sistema de distribución neumática a partir de una tolva central tiene algunas limitaciones: la primera es la anchura de esparcido, generalmente 12-16 m. Recientemente han aparecido máquinas que trabajan sobre 24 m, pero esto obliga a una gran complejidad en el dispositivo de plegado de los brazos, esencial para el transporte.

El otro inconveniente encontrado en estos equipos, sólo es tal para dosis de abonado muy alta, factor que no es limitante en la mayoría de las aplicaciones y menos aún con los nitrogenados. Un exceso de abono en la corriente de aire puede provocar obstrucciones por lo que no se recomiendan superar dosis de aplicación de 1.000 kg/ha.

Como garantía de calidad en la uniformidad de distribución para este grupo de máquinas, basta señalar la posibilidad de su empleo, con ligeras modificaciones en el dosificador, para la distribución de micro-granulados, que fue la misión que en origen se buscaba con esta técnica de aplicación.

Si se comparan las prestaciones de estas máquinas con las que abonadoras centrífugas, por la menor anchura de trabajo y el mayor coste de adquisición, se hace difícil la aceptación de la abonadora neumática en una agricultura poco tecnificada. Sólo cuando se valora la precisión y la uniformidad en la aplicación del abono pueden tener sentido el empleo de estas

### VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ABONADORAS

#### Abonadoras de platillos

Abono:	Cualquier tipo
Distribución:	Uniforme
Capacidad de trabajo:	Baja (escasa anchura)
Coste de operación:	Medio
Observaciones:	Dificultad para su transporte

#### Abonadoras de tornillo sin-fin

Abono:	Cualquier tipo
Distribución:	Uniforme
Capacidad de trabajo:	Media
Coste de operación:	Elevado
Observaciones:	Apropiadas para dosis altas

#### Abonadoras centrífugas y pendulares

Abono:	Preferentemente granulado
Distribución:	Poco uniforme
Capacidad de trabajo:	Alta
Coste de operación:	Bajo
Observaciones:	Imprescindible solapamiento

#### Abonadoras de rodillos

Abono:	Granulado o cristalizado
Distribución:	Uniforme
Capacidad de trabajo:	Alta
Coste de operación:	Elevado
Observaciones:	Escaso número de máquinas

#### Abonadoras neumáticas

Abono:	Granulado, cristalizada o microgránulo
Distribución:	Muy uniforme
Capacidad de trabajo:	Media
Coste de operación:	Medio
Observaciones:	Apropiadas para dosis bajas

# MECANIZACION

## VERIFICACION DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION

1. Sobre una parcela con suelo horizontal marcar un "camino" sobre el que se desplazará el tractor con la abonadora y perpendicularmente a éste situar las cajas de recogida cubriendo toda la anchura de esparcido.

2. Estas cajas de recogida (de 50X50 cm) se colocarán unas junto a otras, desde el centro de la pasada, dejando espacio suficiente para que puedan pasar las ruedas del tractor (normalmente 50 cm, la anchura de una caja, a cada lado) y se cubrirán con malla perforada que deje pasar el abono pero que evite los rebotes, la malla no debe quedar tirante.

3. La abonadora se hará funcionar situando los elementos de proyección a la altura recomendada por el fabricante para el tipo de abono utilizado, lo que significa subirlos ligeramente para

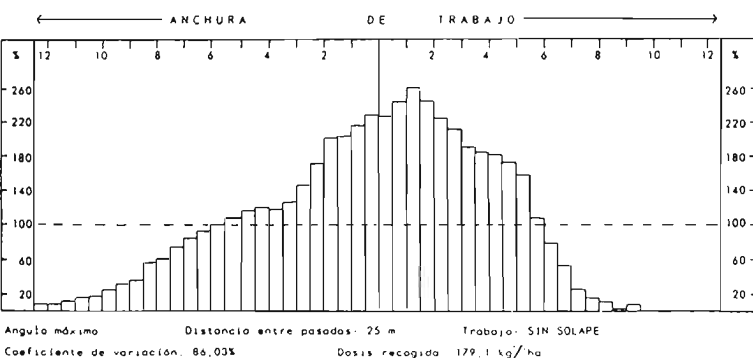
compensar la altura de las cajas sobre el suelo. El ensayo debe hacerse con el viento en calma.

4. Proceder a distribuir el abono abriendo las salidas al menos 10 metros antes de la línea de cajas recogedoras, y manteniéndolas abiertas hasta al menos 30 metros después de esta línea.

Se deben hacer al menos dos pasadas en el mismo sentido antes de retirar el abono contenido en cada caja.

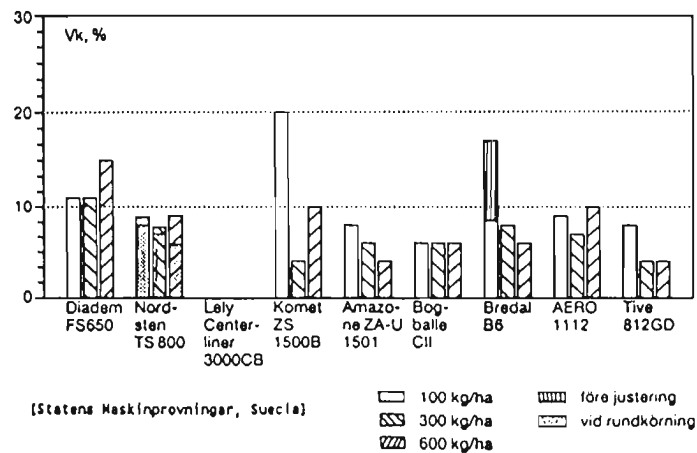
5. Después de las dos pasadas recoger el contenido de las cajas, depositándolo en las probetas medidoras, y se observará cómo disminuye el contenido de abono de las cajas a medida que se encuentran más distantes de la línea central por la que pasó el equipo.

**GRAFICO 1**  
DISTRIBUCION TRANSVERSAL EN LA ABONADORA VICON PS-602  
(Ensayo: ITGC/Navarra)



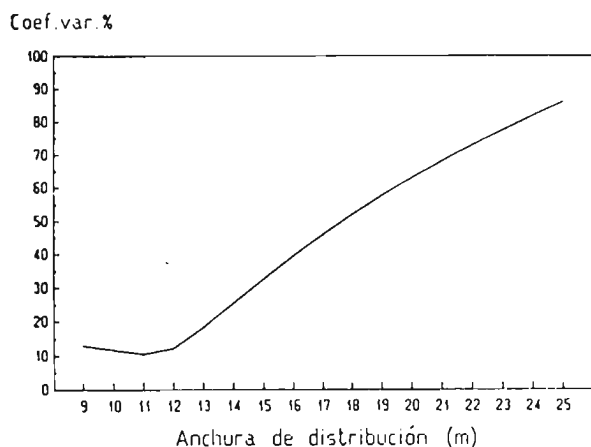
**GRAFICO 3**

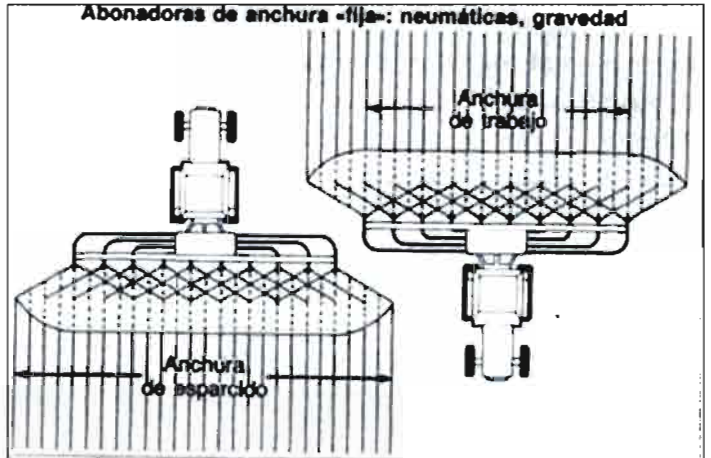
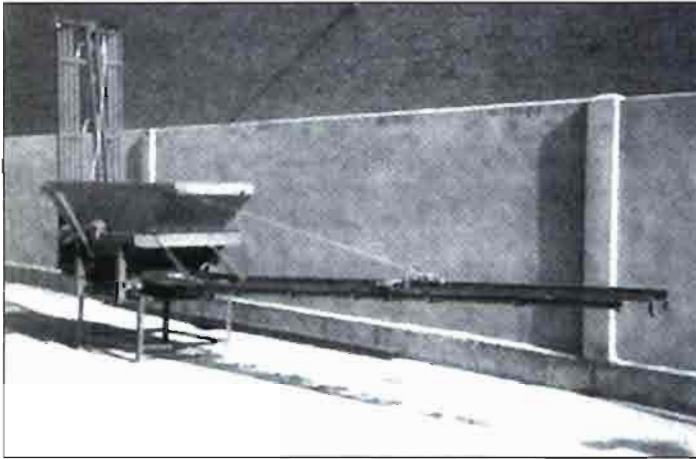
COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES MODELOS DE ABONADORAS (12m. de anchura y abono N 28)



**GRAFICO 2**

COEFICIENTE DE VARIACION EN FUNCION DE LA ANCHURA DE ESPARCIDO  
(Abonadora VICON PS-602. Ensayo: ITGC/Navarra)





En las abonadoras automáticas así como en las de gravedad, la anchura de trabajo es "fija"

máquinas con un nivel tecnológico superior.

### EVALUACION DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION EN ABONADORAS

La importancia que se le ha dado al conocimiento de la uniformidad de la distribución de los diferentes equipos que llegan al mercado hizo que en la década de los 60 la Dirección de Agricultura de la OCDE elaborara el primer Código de Ensayos para los distribuidores de abono mineral, ensayos que no se generalizaron internacionalmente por las dificultades para conseguir en todos los países un abono de granulometría "normalizada".

Este Código sirvió de base para la elaboración de la Norma Internacional ISO 5990/1 que se viene utilizando para la evaluación sistemática de la uniformidad de distribución de las abonadoras en los Laboratorios Oficiales de diferentes países.

Analizando los resultados para algunas de las máquinas que se comercializan en el mercado europeo se observan diferencias significativas, así como la influencia

que tiene la granulometría del abono en las prestaciones de la máquina.

Sobre la base de la cantidad de abono recogida en cajas de 50X50 cm colocadas transversalmente, cubriendo toda la anchura de esparcido de la máquina, se puede presentar un histograma que pone de manifiesto la necesidad de solapamiento entre pasadas contiguas para alcanzar un nivel de uniformidad aceptable.

Considerando diferentes grados de solapamiento, trabajando con el equipo en recorridos de ida y vuelta o en redondo, se calcula el grado de uniformidad definido por:

$$\alpha = \frac{S}{X} \text{ siendo } S \text{ la desviación típica media,}$$

$$\text{o sea: } S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2}$$

donde: n = número de cajas de recogida

$X_i$  = cantidad recogida en cada caja

$\bar{X}$  = media absoluta  $[\frac{1}{n} \sum X_i]$

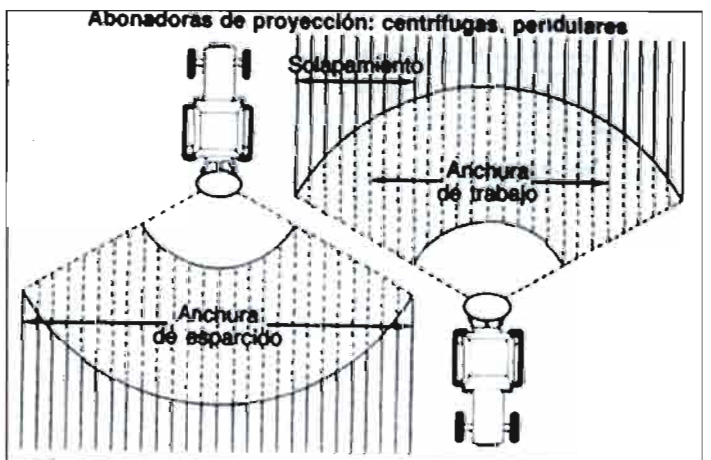
En el gráfico 1 se presentan los resultados del ensayo de distribución transversal en una abonadora de las empleadas frecuentemente en España (Vicon PS-602), realizado por el ITGC de Navarra (España) y se observa claramente la necesidad de solapamiento entre pasadas.

Calculando el coeficiente de variación CV%, según ISO 5990, para recorridos en ida y vuelta, se observa (gráfico 2) como al aumentar la separación entre pasadas disminuye la uniformidad de la distribución (aumento del CV).

En el gráfico 3 se representan algunos resultados comparativos, sobre la base del cálculo del CV, para diferentes abonadoras, realizados por el Statens Maskin-Prövningar de Suecia, con un abono nitrogenado granulado con el 28% de riqueza y trabajando a 12 m de espaciado entre pasadas.

### CALIBRACION Y PUESTA A PUNTO DE LAS ABONADORAS

Las abonadoras de cobertura "total", especialmente las de proyección, precisan



En las abonadoras de proyección el cálculo de la anchura de trabajo debe hacerse sobre la base de cierto grado de uniformidad de distribución

## MECANIZACION

una calibración y puesta a punto antes de iniciarse la campaña de abonado, empleando el mismo tipo de abono que se utilizará a lo largo de la misma.

La primera operación debe ser la de conseguir el ajuste de la dosis, para lo que previamente hay que calcular el caudal que tiene que entregar el dosificador, que en función de la dosis de abonado puede calcular por:

$$q \text{ [kg/min]} = \text{dosis [kg/ha]} \times \text{velocidad [km/h]} \times \text{anchura [m]} / 600$$

La elección de la anchura en las abonadoras de proyección debe hacerse contando con un solapamiento que proporciona uniformidad suficiente, por lo que simultáneamente habrá que realizar una verificación de la uniformidad utilizando cajas de recogida, para lo que se recomienda:

En el caso que la distribución tenga una cierta simetría se recomienda tomar como anchura de trabajo (y de cálculo) el doble de la distancia que existe entre el centro del camino por el que circula el tractor y el centro de la caja en la que se ha recibido la mitad del abono del que se encuentra en la zona central (gráfico 4).

En el caso de que la distribución sea irregular se recomienda corregir las causas por lo que esto sucede (estado de la máquina, tipo de abono, etc.) antes de proceder a la operación de abonar.

### DISTRIBUCION LOCALIZADA DE ABONOS MINERALES

Empieza a ser frecuente, en determinados cultivos, que al menos una parte de la dosis del abono que el cultivo necesita, se dosifique localizada en una situación "ventajosa" para la planta, combinando el proceso de distribución con otras operaciones de cultivo.

Hay diferentes sistemas para hacerlo:

— Simultáneamente con la operación de siembra, generalmente colocando el abono en la interlínea y a mayor profundidad que la semilla.

— Con operaciones de cultivo, bien sea dejándolo en la superficie o ligeramente enterrado de manera que quede próximo a las zonas del suelo con mayor desarrollo radicular.

La colocación de la semilla y el abono sobre la misma línea o en zonas próximas, se viene utilizando desde hace años en cultivos como los de los cereales de invierno. Esta experiencia pone de manifiesto que es una técnica que sólo produce mejoras en los rendimientos cuando las dosis de abonado son reducidas sobre suelos con nivel de fertilidad bueno. Esto hace que no se haya generalizado en los cereales de invierno y sólo cuando se realiza la siembra directa ("no laboreo") se viene utilizando de manera sistemática en alternativa al abonado de fondo.

Sin embargo, en otros cultivos como el maíz o la remolacha, con dosis de abonado altas, empieza a presentar interés algunas formas de localización, no para sustituir la totalidad del abonado, sino para completarlo proporcionado a la planta una parte del abono de fondo en el momento de sembrar y los nitrogenados en determinados periodos del ciclo vegetativo.

A medida que la experimentación que se viene efectuando proporciona resultados satisfactorios, esta técnica y las máquinas que la hacen posible empiezan a difundirse, y su empleo se puede generalizar a medida que aparezcan limitaciones cuantitativas condicionadas por la política medio-ambiental.

Los equipos que permiten realizar las aplicaciones localizadas de abono se diferencian poco de sus dispositivos de dosificación de los que incluyen las abonadoras de gravedad o las sembradoras de chorri- llo, aunque se canalizan las salidas para que el abono quede depositado sobre una banda o se dirija a una reja surcadora que se encargue de enterrarlo.

Lo normal es que estos elementos dosificadores-abonadores se incorporen a una sembradora situando las rejas que entierran el abono en interlíneas alternas y ajustadas para que la profundidad sea ligeramente mayor que la de siembra. Estos mismos equipos se pueden instalar sobre cultivadores de manera que pueda realizarse el abonado durante la escarda mecánica o en labores de aporcado del cultivo.

También se están analizando variantes del sistema de abonado en bandas como es la localización por "golpes". La banda de abono localizada a cierta profundidad

se sustituye por montoncitos situados en las proximidades de la semilla o de la planta.

El objetivo de este sistema es evitar el bloqueo en el suelo de cierta cantidad de abono, pudiendo reducir aún más la dosis sin que esto afecte a la producción. Es importante utilizar con este sistema abonos granulados de manera que no se formen bloques impenetrables. Por esto mismo los elementos dosificadores deben estar diseñados de manera que eviten moler el abono en la aplicación.

La aplicación de esta técnica puede decirse que está en los comienzos por lo que no se puede hablar de soluciones comerciales aptas para cualquier cultivo. Sin embargo, el sistema de localización unido al mejor conocimiento del suelo y de las necesidades del cultivo en cada fase de desarrollo, es una alternativa interesante, complementaria de otras como la incorporación del abono con el agua de riego o las aplicaciones foliares para conseguir buenas producciones con menores cantidades de abono mineral.

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

Balsari, P.; Airoldi, G. *Macchine ed attrezzature per la concimazione minerale*. Edagricole. Rev. m&ma nº 12 1991.

Márquez, L. *Las abonadoras y su regulación*. Plan 92 para la tecnificación del cultivo de la remolacha. 1992.

Márquez, L. *Técnicas de aplicación de abonos minerales*. Seminario sobre la "Aplicación de abonos y enmiendas en una agricultura eco-compatible". Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro-Canarias. Madrid 1992.

UNE 68088 (ISO 5690). *Métodos de ensayo de distribuidores de abono "a voleo"*. AENOR 1988.



Abonadora de proyección mediante rodillos.