

# Cosechadoras de cereales y mapas de rendimientos

Con estos mapas, el agricultor puede aplicar las soluciones más convenientes para su explotación

*No resulta posible hablar de agricultura de precisión sin disponer previamente de datos sobre los distintos rendimientos y su distribución exacta dentro de la explotación. Independientemente del tipo de cultivo del que se trate, cualquier enmienda, abonado o aplicación fitosanitaria que se desee realizar con métodos de precisión, requiere que previamente se hayan medido, localizado, cartografiado y analizado los datos de rendimiento del cultivo dentro del área de la aplicación que se vaya a realizar.*

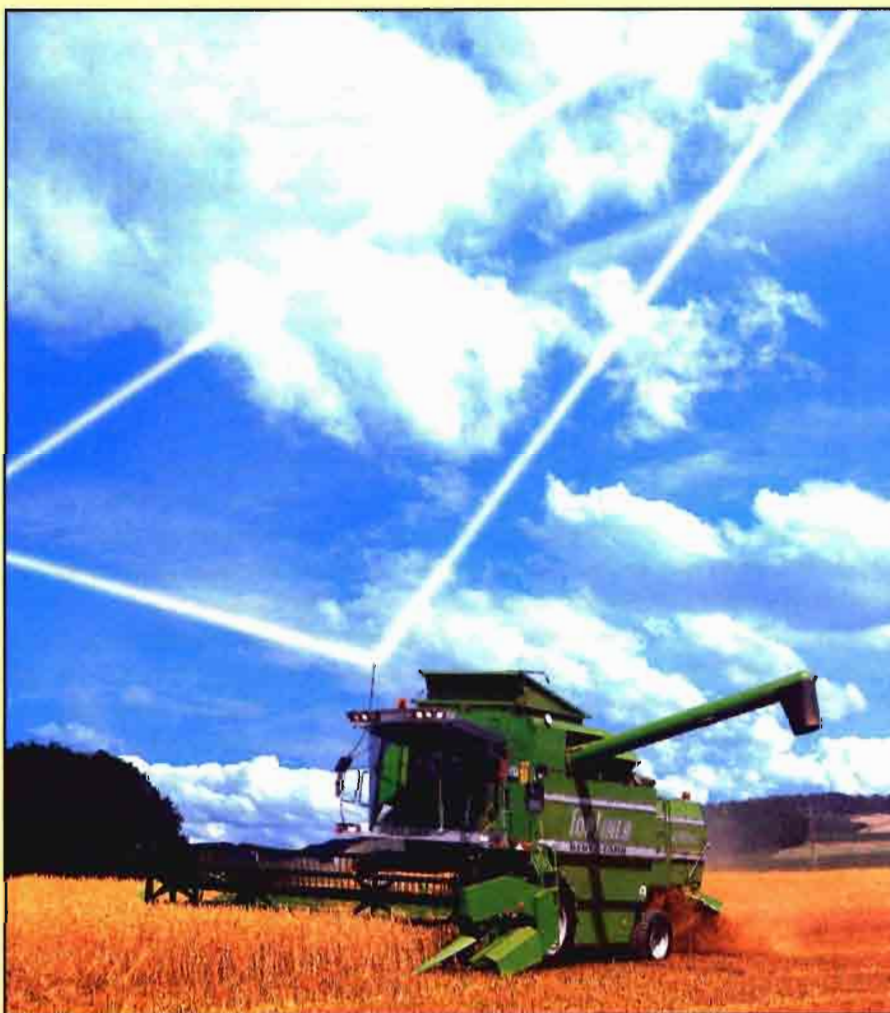
● Javier Mesa Celada. Ingeniero agrónomo.

**E**l primer paso, por tanto, para introducir un sistema de precisión para la gestión de nuestra explotación, se debe realizar en el momento de la recolección. A partir de los datos que obtengamos de la combinación de los sistemas de posicionamiento y de los equipos de medida de las máquinas que realicen la recolección, se cartografiarán y analizarán los datos que posteriormente servirán a la toma de decisiones y a la aplicación de las soluciones correspondientes.

Aunque las consideraciones que se realizarán en este artículo son de aplicación general, nos centraremos en la recolección de cereales debido, principalmente, a su extensión y, en segundo lugar, porque las cosechadoras de cereales son las máquinas que primero han incorporado esta tecnología y donde más experiencia se acumula actualmente.

Los dos componentes fundamentales para cartografiar los rendimientos en parcela son: el sistema de medida del rendimiento y el sistema de posicionamiento de la máquina. Para la posterior elaboración de los datos y realización de los mapas de rendimiento se precisa, adicionalmente, programas para la interpretación y elaboración de los datos obtenidos.

Por un lado, el sistema de medida del rendimiento es el encargado de obtener, durante la recolección, la producción real alcanzada por unidad de superficie y, del otro lado, el sistema de posicionamiento se encarga de la determinación precisa de las coordenadas geográficas de la máquina en cada instante. De este modo, los



datos obtenidos por ambos equipos, junto con otras informaciones necesarias, se almacenan en un soporte informático, habitualmente una tarjeta electrónica. Así se podrán elaborar, más adelante, con un ordenador doméstico (tipo PC), mediante el empleo de los programas correspondientes, que permitirán también imprimir los resultados de manera gráfica, en forma de mapa de rendimientos de la parcela.

Como los sistemas de posicionamiento mediante GPS o DGPS ya han sido ampliamente analizados en ocasiones anteriores, en este artículo nos centraremos principalmente en el análisis de los equipos de medida del rendimiento empleados en las cosechadoras de cereales.

## Sistemas de medida del rendimiento

Los sistemas de medida incorporados mayoritariamente en las cosechadoras responden a dos principios de trabajo distintos:

- El primero se basa en la determinación volumétrica.
- El segundo se basa en la determinación de masa.

Normalmente estos sistemas de medida se encuentran localizados al final del elevador de grano, ya que en este punto la toma de datos resulta más sencilla, al encontrarse el flujo del material muy concentrado.

El primer sistema se basa en la obtención del volumen de mies recolectada, bien de forma directa, mediante el empleo de una ruleta compuesta por un número de celdas de volumen predeterminado, en la que se mide el número de revoluciones para calcular el volumen total (*Yield-O-Meter*), o bien se mide de forma indirecta, mediante el empleo de células fotoeléctricas que, por interrupción, miden el paso de los volúmenes parciales de producto en su ascenso por el elevador al depósito (*Ceres II* y *Quantimeter II*). Posteriormente, los valores obtenidos, tanto directa como indirectamente, son convertidos, mediante su peso por hectolitro, en flujo de masas reales.

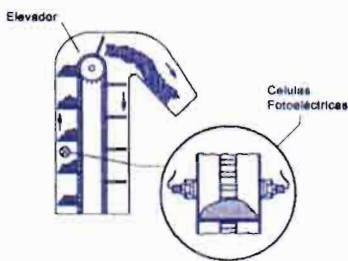
El segundo método consiste en obtener directamente el flujo de masas, bien mediante el análisis de las interferencias producidas por la mies en las radiaciones emitidas entre un equipo de emisión y un sensor de recepción (*Flowcontrol*), o bien, por el efecto que produce el flujo de producto al impactar sobre un sensor dispuesto a tal efecto en la cabeza del tubo de elevación (*Yield-Logger*).

Naturalmente, la obtención de los rendimientos reales de la parcela sólo es posible a través de la medida simultánea de la humedad del grano recolectado; para ello, todos los equipos de cartografiado de rendimientos incorporan de serie o bien opcionalmente, según el caso, sensores para la determinación de esta humedad. Estos equipos se pueden instalar en diversos puntos de la cosechadora, siendo los más comunes la cabeza del elevador de grano o el sinfín de transporte a depósito de éste. El principio en que se basan estos sistemas de medida es la diferente capacidad eléctrica que presenta el condensador que se forma entre la carcasa del sinfín o elevador, el propio sensor y el material que atraviesa este espacio, en función de la humedad del producto.

Paralelamente a la obtención de las producciones, gracias a los datos combinados de velocidad de avance y la anchura de trabajo de la máquina, se obtienen los rendimientos "instantáneos" de la parcela.

Sistemas Volumetricos

Tipo "Ceres II" y "Quantimeter II"



Tipo "Yield-O-Meter"



Precisión en el cartografiado de los rendimientos

Independientemente del sistema elegido para la medición de la producción y de los rendimientos instantáneos, los errores que pueden aparecer a lo largo de todo el proceso de obtención de los mapas de rendimiento son:

- Errores en la obtención del flujo de material y de la producción.
- Errores en la determinación de los rendimientos por superficie.
- Errores en la determinación de la posición de la máquina.
- Errores en el análisis de los datos y el cartografiado propiamente dicho de los rendimientos.

Los errores en la obtención del flujo de mies y de la producción pueden deberse a una incorrecta calibración de los sistemas o bien a una inadecuada adaptación al tipo de mies del sistema de medida. En cualquier caso, y debido a la enorme influencia que estos errores tienen

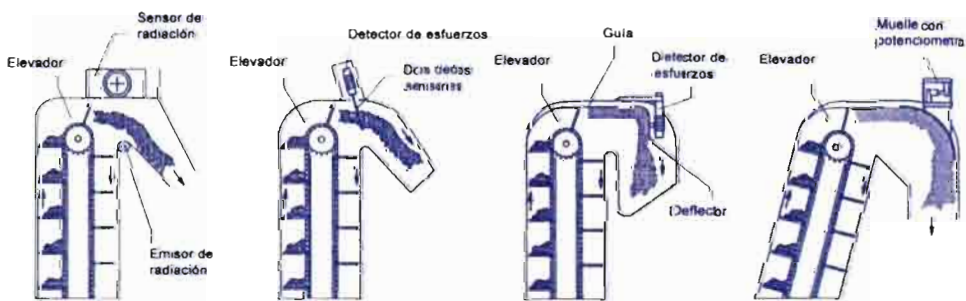
en el resultado final, es preciso su estricto control, que, por otro lado, resulta muy sencillo mediante la realización de pruebas en el campo, que permiten la óptima calibración y la adaptación a las diversas condiciones y cultivos. En este epígrafe hay que incluir también los errores debidos a una incorrecta regulación de la máquina, pues al realizarse la medida de la producción a la entrada a depósito, las pérdidas de grano que se puedan producir por una incorrecta regulación de ésta son descontados del rendimiento real de la parcela. En el caso de que la máquina se encuentre correctamente regulada y el operador trabaje de forma adecuada, se puede considerar que el valor máximo a incrementar será del 1% del total de la producción real.

Los errores en la determinación de los rendimientos superficiales son más difícilmente controlables, debido fundamentalmente a que no existe, hoy por hoy, un sistema automático de confirmación de las superficies reales trabajadas. El error más habitual se debe a que las superficies trabajadas se obtienen de multiplicar la anchura de trabajo (que se introduce como un valor fijo en el sistema) por la velocidad de avance y puede suceder que en parcelas de geometría compleja, o en el caso de operarios poco profesionales, la anchura de trabajo real no se ajuste a la anchura de trabajo del corte de la máquina.

El tercer tipo de errores tiene influencias tanto mayores, cuanto más variables sean los rendimientos puntuales de la parcela y cuanto más obstáculos físicos se encuentren entre la máquina y el emisor de la corrección diferencial o más vacíos de lectura se produzcan por no recibir la señal de un número suficiente de satélite del sistema GPS. Con el objeto de reducir los errores asociados a la determinación de la posición se dispone de otros equipos que podrían incorporarse a las máquinas, entre estos se encuentran:

- Sensores en las ruedas.
- Sensores de radar para la determinación de la velocidad real de avance.

Sistemas basados en el flujo másico



Tipo "Flowcontrol"

Tipo "Yield-Logger"

- Sistemas de orientación inerciales (giróscopos).

Todos ellos, unidos a los sistemas DGPS facilitarían, mediante la interconexión informática de los datos suministrados, un aumento de la precisión en el posicionamiento que, por otro lado, resulta fundamental si se quieren desarrollar nuevas aplicaciones que requieren precisiones aún superiores a las ya disponibles.

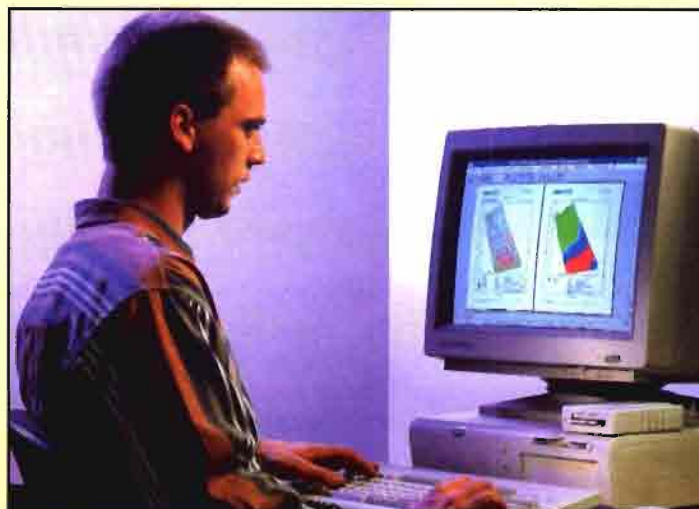
En lo relativo al cuarto tipo de errores, sólo cabe indicar que pueden llegar a tener enorme influencia, pues un análisis inadecuado de alguno de los parámetros puede llevar a desviaciones más que significativas en el mapa de rendimientos, pero también hay que subrayar aquí nuestra dependencia de los programadores y la necesidad de confiar en que estos hayan realizado un trabajo profesional a la hora de elaborar los programas de aplicación que se vayan a emplear.

El objetivo básico de la medición de las producciones locales es la obtención de mapas de rendimiento que nos faciliten visualmente la mayor cantidad de información sobre nuestra explotación o parcela, esto no resultaría posible sin la intervención de los programas informáticos, ya citados. Entre las labores fundamentales de estos se encuentra:

- Facilitar el almacenamiento intermedio de los datos para su posterior transferencia.
- Controles de verosimilitud de los datos obtenidos y elaboración previa de los datos puntuales de rendimiento.
- Interpolación de los datos puntuales necesarios para la realización de los mapas de rendimiento.
- Permitir la visualización en el monitor de los mapas de rendimiento y su impresión.

En general, como medio de almacenamiento y transferencia de los datos de la cosechadora al ordenador personal, se suelen emplear tarjetas electrónicas del tamaño de una tarjeta de crédito del tipo PCMCIA, con capacidades de almacenamiento que varían entre 1 y 4 MB.

Todos los programas de análisis y elaboración de datos puntuales incorporan algoritmos de control de la verosimilitud de los datos



El mapa de rendimiento debe proporcionar la máxima información sobre la parcela.

brutos, éstos se encargan de reconocer y eliminar los datos erróneos, para evitar confusiones posteriores.

Para la realización de un mapa de rendimiento continuo a partir de datos puntuales (generalmente se miden 60 datos por minuto, es decir 1 dato/s) es preciso realizar la interpolación de los datos no obtenidos. Interpolación consiste en a partir de dos valores conocidos (valores de referencia) estimar los valores intermedios que quedan entre ellos. Debemos entender aquí el concepto estimar como el cálculo de los valores más probables entre los dos de referencia.

La representación gráfica de los datos elaborados, ya sea en el monitor de un ordenador o en forma de documento impreso, debe ser comprensible y las diferencias entre valores, que se consideren como significativas, deben ser fácilmente distinguibles. Para ello, el programa debe agrupar los datos en clases de rendimiento y asignarles colores y transiciones de color para su representación clara y precisa.

Algunos programas para el cartografiado de datos incluyen funciones adicionales como, por ejemplo, la gestión de los contratos con terceros o la administración de los datos base obtenidos a lo largo de varias campañas.

Como referencia práctica a todo lo expuesto anteriormente, cabe citar las experiencias realizadas en Alemania desde 1996, con diversos equipos de medida, de distintos fabricantes, que han conducido a la conclusión de que una cosechadora correctamente regulada, con un equipo de medida adecuadamente calibrado y trabajando en unas condiciones normales (que en este caso se pueden ajustar y controlar) acumula como término medio una desviación absoluta respecto a los valores reales de rendimiento comprendida entre un 3,5 y un 4%. Como se puede observar, se trata de unos errores bastante reducidos, sobre todo si se sopesan las ventajas que se desprenden de disponer de información actualizada y puntual de los rendimientos por zonas de nuestra explotación.

Para finalizar el presente artículo, traer a la memoria de aquellos que se deseen lanzar al mundo de la agricultura de precisión dos cuestiones:

En primer lugar, que para que los datos que se manejen, independientemente del volumen que ocupen, sean verdaderamente representativos de las condiciones existentes en nuestra explotación es preciso trabajar con series que abarquen, al menos, cinco años consecutivos.

Y, en segundo lugar, que los mapas de rendimiento, como cualquier otra herramienta de gestión, deben ser empleados con criterio y que no deben convertirse en sustitutivos de nuestros conocimientos ni de nuestra propia experiencia en el campo. ■



Las cosechadoras son las máquinas que primero han incorporado esta tecnología.