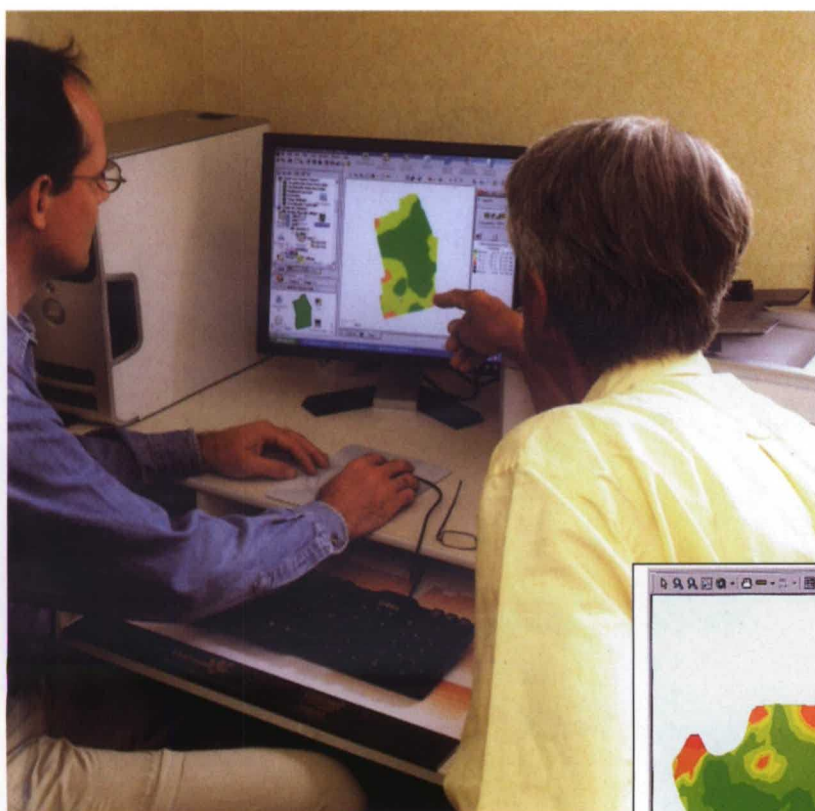
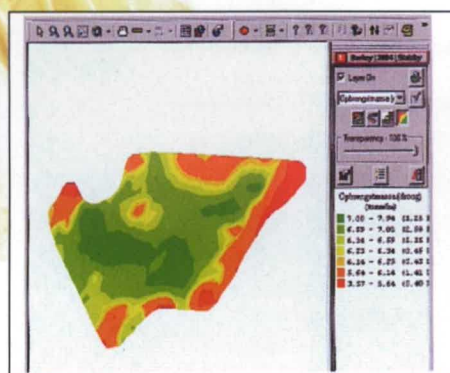


LO QUE CONVIENE SABER SOBRE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

PARTE 2.- MAPAS DE COSECHA Y GESTIÓN AGRONÓMICA DE LA INFORMACIÓN



Después de analizar los sistemas de posicionamiento y guiado, este segundo artículo dedicado a la 'agricultura de precisión' se centra en el tratamiento de la información recogida y su gestión agronómica.



LUIS MÁRQUEZ

Tratamiento diferenciado de microparcelas

Cualquier parcela agrícola se puede subdividir en microparcelas definidas por sus coordenadas geográficas, obtenidas mediante un sistema de posicionamiento, para cuantificar las características de las mismas y actuar sobre ellas con un tratamiento diferencial. Desde un punto de vista teórico,

las dimensiones de estas parcelas pueden ser mínimas, pero esto no tiene sentido en la práctica, ya que no admitirían un tratamiento diferencial en las aplicaciones agrícolas.

La variabilidad espacial es una característica del terreno (textura, estructura, humedad, pendiente...), de las plantas que lo ocupan y de los factores que influyen en su desarrollo. El tamaño de las microparcelas utilizadas debe ser el adecuado para detectar esta va-

riabilidad espacial, siempre que esta información sirva para actuar modificando las características en el sentido en el que conviene. La variabilidad espacial controlable es la que interesa determinar con precisión para actuar en consecuencia. Si el muestreo necesario para determinar la variabilidad espacial es muy elevado, su realización tendrá un coste prohibitivo, que no se compensa económicamente con la mejora de las producciones.

La variabilidad espacial debe de complementarse con un análisis de la variabilidad temporal en el año o en años sucesivos. Un exceso de información, además de costoso, es inmanejable, salvo que se disponga de programas para la gestión de esta información y técnicos cualificados capaces de interpretarla.

El 'mapa de cosecha'

El primero paso para determinar la variabilidad espacial de una parcela es mediante el 'mapa' de producción obtenido con la cosechadora. Por el momento, son los sistemas integrados en las cosechadoras de cereales los que están operativos, y permiten hacer mapas de cosecha en la recolección de cultivos, como cereales de invierno, maíz, girasol, etc.

En el proceso de recolección se tiene que conocer la posición de la máquina, su velocidad de avance y la anchura de corte. Simultáneamente al avance se determinan, mediante sensores específicos, el caudal de grano que llega al tanque, junto con su densidad y contenido de humedad. La determinación del caudal puede hacerse de manera directa en volumen, por medios ópticos o mecánicos, o indirectamente mediante sensores electrónicos de tipo capacitivo o radiométrico. También se hacen medidas indirectas basadas en el impacto de los granos sobre una pantalla. Cuando la determinación del caudal es volumétrica se necesita completar esta medida con la de la densidad del grano, para lo que se utilizan pequeños depósitos de volumen conocido, que se llena automáticamente con una frecuencia establecida, a la vez que se pesa electrónicamente su contenido.

La determinación de la humedad se necesita para poder expresar la producción en términos de materia seca y se basan en la medida de la capacidad dieléctrica del grano, que varía en función de la humedad, o mediante sensores con la tecnología NIR de la radia-



ción infrarroja, que también tiene aplicación para determinar la humedad del forraje picado. En fase experimental se encuentra sensores para determinar la proteína y analizadores de imagen automáticos para calcular los porcentajes de impurezas y de granos partidos.

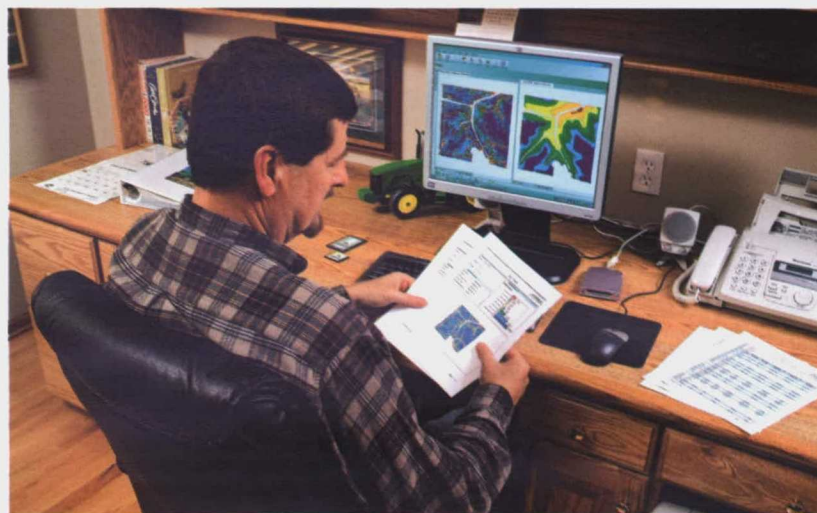
Considerando que las determinaciones cuantitativas sobre las características del grano se realizan en intervalos de 1.2 a 1.5 segundos, con la cosechadora avanzando a 5 km/h (1.4 m/s), si la anchura de corte es de 6.50 m, cada muestra correspondería a una microparcela de unos 9-10 metros cuadrados, muy pequeña para lo que se necesita en operaciones agrícolas posteriores, como la aplicación diferenciada de fertilizantes, ya que una abonadora centrífuga dispone de anchuras efectivas de trabajo entre 16 y 20 m; generalmente las microparcels 'de producción' se agrupan para la aplicación diferencial de fertilizantes. La precisión en la determinación de la posición, necesaria para re-

alizar mapas de cosecha en cultivos extensivos, es de ± 0.5 m.

Desde una perspectiva teórica, la realización de mapas de cosecha estaría resuelta, aunque hay que calibrar los sensores para que sus lecturas sean precisas, y la informática integrada en la máquina permitiría sacar la información con rapidez y sin problemas, algo que no siempre se consigue, bien porque los programas dan problemas, o porque a los técnicos les falta experiencia en su manejo. Aquí hay mucho trabajo por delante para que el potencial usuario no quede decepcionado con lo que se le ofrece.

Interpretación de mapas de cosecha y tratamientos diferenciados

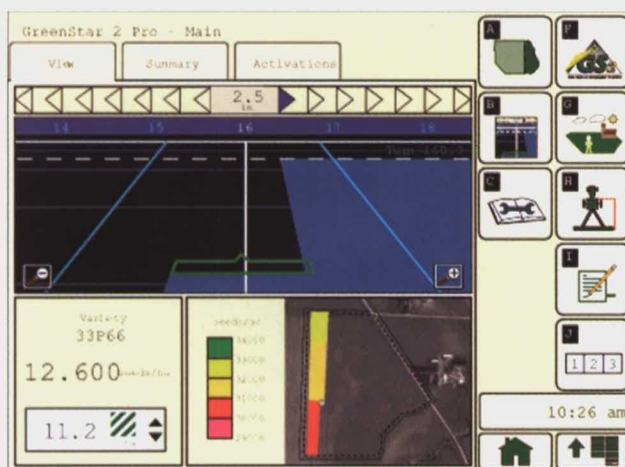
Una vez que se dispone del primer mapa de cosecha, éste debe de servir para orientar los análisis de suelo en zonas de máxima y mínima producción, para empezar a conocer las causas que ocasionan diferencias en los rendimientos. Cuando en una parcela



las diferencias de producción entre las zonas de la misma son pequeñas, un tratamiento diferenciado de las microparcels no afectará a la producción final, por lo que introducir el sistema no reporta beneficio alguno.

Cuando las diferencias en distintas zonas de la parcela son importantes, el tratamiento diferenciado por microparcels puede ser rentable, siempre que las diferencias se deban a causas que son económicamente controlables. Los más complejos y difíciles de corregir son los problemas debidos a la naturaleza física del suelo, ya que las diferencias de origen químico podrían ser compensadas con una fertilización diferencial, si esto resulta rentable.

Las causas de bajas producciones pueden estar ocasionadas por la competencia de malas hierbas en algunas zonas de las parcelas. En la actualidad no se dispone de sensores comerciales que puedan detectar su presencia durante la cosecha, y para poder controlarlas se necesita que el operador de la cosechadora las 'marque' cuando observe su presencia. Esta información puede ser aprovechada para hacer una aplicación diferenciada de herbicidas, ahorrando materia activa. Esto obliga a 'enlazar' la información con el sistema de control del pulverizador que permita un tratamiento



diferenciado (control de tramos o dosis variable), y no se hace sólo, hay que programarlo.

Actuación diferenciada sobre las microparcels

Sería posible hacer un trabajo del suelo diferenciado, si las características agronómicas de las parcelas así lo aconsejan, pero esta no es una situación frecuente en los suelos agrícolas españoles. Los problemas de naturaleza física de los suelos se pueden corregir con este tipo de actuaciones, si se estima que son rentables.

Las actuaciones diferenciadas más frecuentes, que se pueden realizar en las microparcels, corresponden a la fertilización y a la aplicación de fitosanitarios en cultivos extensivos, y en menor grado durante la siembra.

Si la abonadora admite una fertilización diferencial modificando la dosis de abono, esto permite hacer una fertilización de fondo de acuerdo con la producción obtenida en cada parte del campo. Para la fertilización nitrogenada, más que los mapas de cosecha, sería necesario utilizar, simultáneamente con la abonadora, los sensores de vegetación (tipo N-sensor y derivados), que permiten modificar la dosis en función del desarrollo del cultivo.

En la aplicación de fitosanitarios también hay posibilidades, y la rentabilidad del sistema está en función de la distribución de las

malas hierbas en el campo. La modificación de la dosis de siembra con la máquina en movimiento ya puede hacerse con algunos modelos de sembradoras, pero falta conocimiento agronómico preciso para cuantificar la influencia que tiene sobre el rendimiento el cambio de la dosis de siembra.

Para rentabilizar los sistemas de agricultura de precisión

La utilización de sistemas de guiado semiautomático permite aumentar la capacidad de trabajo de las máquinas en el campo, con valores estimados en entre el 8 y el 10%, con sólo ajustar el solapamiento entre pasadas cuando se realiza la fertilización de fondo antes de implantar el cultivo, o sobre el cultivo si no se está sembrado en líneas que sirven para el guiado, o por marcado (tráfico controlado) durante la siembra.

Junto con al aumento de la capacidad de trabajo se produce una reducción del consumo de combustible, ya que los tractores trabajan durante menos tiempo sobre la parcela, y se produce menor compactación del suelo al controlar las pasadas, aunque esto es difícilmente cuantificable desde el punto de vista económico. Además, mejora la comodidad en el manejo del tractor y se pueden trabajar en situaciones de baja visibilidad, importante para los tratamientos en periodos críticos, o cuando los tiempos disponibles son reducidos para los trabajos que hay que realizar en un periodo crítico.

Considerando cereales de invierno con un coste de fertilización de 180 €/ha, y un coste de tratamiento de herbicida de 20 €/ha, el aumento de la capacidad de trabajo en el 8% utilizando un siste-

ma de guiado semiautomático, permitiría reducir los insumos a razón de 16 €/ha y año, por lo que con 200 ha el ahorro sería del 3 200 €, más lo que cuesta adquirir un sistema de guiado semiautomático del tipo barra de luces y pantalla, sin contabilizar el ahorro en los costes de operación por el menor tiempo de conjunto tractor-máquina en la parcela.

Si se pasa a un sistema de guiado automático, el control de la conducción se puede aplicar también a operaciones de trabajo del suelo, siembra, etc., pero se necesitan sistemas de posicionamiento, de una precisión de ± 10 cm (en un tiempo de 15 minutos), lo que puede duplicar el coste del sistema de posicionamiento, sin contar los elementos de guiado automático (integrados en el sistema de dirección del tractor, o externos sobre el volante). Esto indica que para rentabilizar este sistema se necesitaría trabajar de 400 a 600 ha/año, aunque esta superficie mínima depende en gran medida del tipo de operaciones agrícolas que se realicen con el tractor. Hay que contar también, en estos casos, con la cuota anual para el mantenimiento de la señal de corrección.

En las cosechadoras, las de gama alta ya incluyen el equipo que permite determinar la producción y la humedad del grano. En las cosechadoras de tipo medio alto la incorporación de este equipo puede incrementar el coste de adquisición entre 3 500 y 4 000 euros.

Para hacer 'mapas de cosecha' se necesita un monitor apropiado, con el software para el ordenador de mesa que maneja los datos obtenidos. Este equipo, que ya incluyen de serie las cosechadoras de gama alta, incrementa el coste de una cosechadora convencional de unos 5 000 a 6 000 euros.

En consecuencia, se necesitan unos 9 000 euros para equipar una

cosechadora para disponer de todo lo necesario para hacer 'mapas de cosecha', por lo que considerando una distribución del coste de adquisición en tres años, y con 1 500 ha cosechadas por año, el coste base de un 'mapa de cosecha' sería 2 euros/ha, sin contar el coste de la mano de obra que tiene que manejar los programas, difícil de cuantificar en este momento, en el que los sistemas se empiezan a utilizar.

 **LOS MAPAS DE MÁRGENES BRUTOS REFLEJAN LAS PARTES DE LAS PARCELAS QUE DAN BENEFICIO, PARA ASÍ DEJAR SIN CULTIVAR EL RESTO, QUE HARÍA PERDER DINERO**



El aprovechamiento completo del 'mapa de cosecha' se haría con equipos que permitan aplicar dosis variable de fertilización, después de las recomendaciones de un técnico cualificado, y también



Field Equipment Usage
Grouped by: Job Type
All Dates

Date / Time	Input Operator	Engine (hr)	In Operate (hr)	Efficiency (%)	Unit Cost	Total
Land preparation						
08/10/2004	MF 745 Plough Johnson, Rob	8.00	8.00	100.00	€12.00/hr	€96.00
08/10/2004	MF 8480 Johnson, Rob	8.00	8.00	100.00	€27.50/hr	€220.00
Planting/Seeding						
08/10/2004	Disc Wilson, Wiliam	4.00	4.00	100.00	€12.00/hr	€48.00
08/10/2004	MF 8480 Wilson, Wiliam	4.00	4.00	100.00	€24.25/hr	€97.00
Total						€461.00

en la aplicación de fitosanitarios, contando con equipos en los que se incluya el control por tramos, junto con el software que lo hace posible. El número de equipos que realizan este trabajo en los campos españoles es mínimo, por lo que, por el momento, no se pueden dar unos resultados económicos que permitan cuantificar la rentabilidad de estas opciones.

Sin embargo, a partir de los 'mapas de cosecha' se pueden hacer 'mapas de márgenes brutos' de una parcela, lo que permite excluir del cultivo las zonas de la misma que las que el margen bruto no supere un determinado valor, lo cual resulta interesante, ya que lo permite la PAC. O sea, en términos prácticos, sólo cultivar la parte de las parcelas que dan beneficio, dejando sin cultivar el resto, que haría perder dinero.

Esto, a primera vista, puede parecer extraño, pero es algo sobre lo que conviene meditar, porque hay algunas zonas en las grandes parcelas con bajas producciones, y que, por determinadas características de sus suelos, no es posible hacerlas más productivas desde una perspectiva económica.

Estos cálculos son sólo una primera aproximación para determinar la conveniencia, o no, de utilizar la tecnología para hacer 'agricultura de precisión'. Habrá que continuar con un análisis más preciso a medida que se disponga de información complementaria aplicada a los suelos españoles. ■