Técnicas de agricultura de precisión

Ayuda al **guiado** y **guiado automático**

*J. Agüera Vega**
*J. A. Gil Ribes**



Figura 1. Plantadora de viña con guiado láser con estación de apoyo

Con el término Agricultura de Precisión se describe un sistema de GESTIÓN INTEGRAL de la explotación agrícola basado en la utilización de un conjunto de herramientas nuevas en el uso agrícola, pero que en realidad se llevan utilizando más de 20 años en otros sectores, con las que conseguimos; en primer lugar, un conocimiento

más detallado de las condiciones en que se desarrollan los cultivos (compactación de suelos, humedad, nutrientes, radiación solar, etc.), lo que permite tomar decisiones de manejo con mayor "precisión"; en segundo lugar, la ejecución "precisa" de dichas decisiones (dosis de agroquímicos, densidad de siembra, profundidad y tipo de laboreo, riego, etc.); y en tercer lugar, la evaluación pormenorizada de los resultados obtenidos en relación al manejo de cultivo realizado.

Estas nuevas herramientas a pueden agrupar en tres bloques:

- **Sensores** con los que poder medir de una forma rápida y económica parámetros específicos de interés para la agricultura, entre los que cabe destacar los sensores de flujo de cosecha en las máquinas cosechadoras, los de situación en la parcela mediante la tecnología GPS y los sensores remotos, ya sea a corta distancia, desde aeronaves, o desde satélites artificiales.
- **Equipos y aplicaciones informáticas** para el archivo, manejo y visualización de la gran cantidad de datos que generan los sensores anteriormente citados, facilitando su presentación, análisis y, con ello, la toma de decisiones basadas en dicha información. Los ordenadores y el resto del equipo físico necesario no difieren del utilizado en otros usos, son las aplicaciones empleadas lo que caracterizan este aspecto. Son los llamados Sistemas de Información Geográfica (GIS o Ag-GIS para los desarrollados específicamente para Agricultura de Precisión).
- **Actuadores y sus equipos de control** capaces de modificar el ajuste de las máquinas agrícolas sobre la marcha, a medida que se mueven por la parcela, permitiendo un tratamiento diferenciado en cada punto de la misma de acuerdo a un protocolo de actuación previamente establecido. Entre las máquinas que incorporan esta Tecnología de Dosificación Variable ("Variable Rate Technology", VRT), se encuentran sembradoras, abonadoras, pulverizadores y atomizadores.

El aspecto más característico de la Agricultura de Precisión y que ha permitido su desarrollo es el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con el que se puede conocer de manera precisa la posición de la máquina cuando trabaja en el campo o del punto de muestreo cuando realizamos medidas de parámetros del suelo o del cultivo. La utilización de estas herramientas supone nuevas posibilidades para el manejo sostenible y la optimización del rendimiento de las explotaciones agrícolas, de ahí su interés para la Agricultura de Conservación. Aunque hay muchas técnicas de precisión aplicables nos vamos a centrar en los sistemas de guiado.

Sistemas de ayuda al guiado y guiado automático de máquinas agrícolas

Por lo general, las operaciones mecanizadas se llevan a cabo mediante pasadas paralelas rectas y a veces curvas, distanciadas según el ancho de trabajo de la máquina empleada y el solape que estimemos adecuado. En la práctica, mantener una perfecta alineación recta y paralela a la anterior requiere una gran experiencia y atención por parte del conductor, debiendo apoyarse éste en referencias visibles como las marcas de espuma, líneas sobre el suelo generadas por discos o rejas trazadoras, o, simplemente, la propia labor que se está realizando. A veces, se hace necesaria la intervención de uno o más operarios de apoyo al tractorista para cambiar en cada pasada el elemento visible a distancia utilizado como referencia.

*G.I. "Mecanización y Tecnología Rural". ETSIAM-Univ de Córdoba.



Figura 2. Barra de luces para ayuda al guiado.

Esta forma de trabajar plantea, de inicio, tres inconvenientes importantes. Por un lado, el cansancio del conductor sometido a una tarea rutinaria como es la conducción monótona y supervisando además el estado general del tractor y la máquina que lleva acoplada. Por otra, la limitación que supone la necesidad de visualizar las marcas de referencia dejadas en el pase anterior o proporcionadas por el personal de apoyo.

Por último, los errores que se cometen al desviarse de la trayectoria correcta son acumulativos, ya que, van a repercutir en el pase siguiente que también va a resultar desviado. Incluso, sistemas avanzados como los de guiado láser, que se emplean en las máquinas plantadoras de frutales, como la viña, **Figura 1**, requieren de operarios de apoyo para conseguir el paralelismo entre las líneas de plantación.

Los sistemas de ayuda al guiado y guiado automático surgen con el objetivo de resolver estos inconvenientes, presentando entre otras las siguientes ventajas:

Los sistemas de ayuda al guiado reducen los costes fijos del tractor al aumentar el número de horas trabajadas al año

- Reducción de la fatiga del conductor, mayor calidad de trabajo y la posibilidad de aumentar la jornada de trabajo en caso de necesidad.
- Mayor rendimiento de campo, al permitir mayores velocidades y reducir los tiempos muertos.
- Posibilidad de trabajar de noche, al amanecer, con niebla o con polvo en el aire que limite la visibilidad.
- Reducción de costes fijos del tractor, al aumentar el número de horas trabajadas al año.
- Facilidad para la aplicación de tránsito por calles fijas (tráfico controlado) a la hora de efectuar las distintas operaciones mecanizadas en las parcelas, lo que reduce la compactación del suelo.
- Eliminación de solapes o huecos no deseados entre las sucesivas pasadas.
- Disminución del gasto en agroquímicos, combustible y personal.
- Mayor beneficio ambiental.
- En caso decomplementar el sistema de guiado con un equipo de registro, la información generada permite el análisis posterior de la labor realizada y su inclusión en un Sistema de Gestión Integral de la explotación o de la empresa de servicios.

Como inconvenientes caben señalar la mayor necesidad de formación del personal (aunque, por lo general son equipos bastante intuitivos), mayor dependencia de la tecnología y la inversión inicial.

Sistemas de ayuda al guiado

La forma de operar de los distintos modelos que ofrece el mercado es muy similar en todos ellos. Los más conocidos son los de Barra de luces (Trimble, Outback, Mid-tech etc.) y el sistema Parallel Tracking (John Deere). Estos sistemas tienen en común la flexibilidad de comunicarse con otros instrumentos de medida como son monitores de rendimientos, controladores, etc. **(Figuras 2 y 3).**

Las dimensiones de estos sistemas hacen que sean muy manejables, pudiéndose montar tanto en el salpicadero como en la parte superior del cristal frontal. El receptor GPS y la antena son componentes comunes.

Para trabajar con un sistema de ayuda al guiado, el conductor de la máquina agrícola, en primer lugar, tendrá que realizar una primera pasada que servirá de referencia para todas las demás pasa-



Figura 3. Monitor GreenStar J. Deere y ordenador de campo de Trimble

das. En esta primera pasada de referencia hay que marcar el inicio y el final de la línea con dos puntos A y B. El conductor del vehículo sólo tiene que introducir la medida del ancho de trabajo junto con otros parámetros básicos de configuración. Después de esto, el equipo determina la posición de las siguientes pasadas paralelas en todo el campo que vamos a tratar. El conductor al llegar al final de la pasada gira para iniciar la siguiente, mientras la barra de luces informa de la distancia de aproximación a la nueva línea que se debe seguir. En todo momento la barra de luces va indicando el error que existe entre la línea ideal y la que realmente se está realizando, teniendo que subsanar este error el conductor.

El diseño de la barra de luces es simplemente una barra horizontal con pequeños indicadores luminosos. En el centro de la barra existe una luz de color y/o forma diferente, la cual indica la correcta dirección de la pasada. Si la dirección no es la correcta las luces se iluminan a izquierda y derecha, en mayor o menor número según el error que se está cometiendo. El sistema de barra de luces puede ser utilizado como única herramienta para el guiado o puede ser acompañado de un ordenador de campo donde se puede visualizar el trabajo que estamos realizando y grabar información para los posteriores años **(Figura 2)**.

El sistema Parallel Tracking de John Deere utiliza como visualizador una pantalla integrada en una consola que nos permitirá introducirle parámetros como el ancho de trabajo, para posteriormente conocer la superficie trabajada. En esta pantalla se visualiza la pasada ideal que debemos seguir y nos informa del error que estamos cometiendo **(Figura. 3).**

Guiado Automático

Estos equipos constan de un procesador, que recibe la información de los sensores, realiza los cálculos y establece las correcciones, y un monitor, donde se visualiza la información y se introducen los parámetros particulares de la labor a realizar mediante un teclado, utilizando en algunos casos la propia pantalla (pantalla táctil), **Figura 4**). Un receptor RTK ("Real Time Kinematic") o DGPS ("Diferencial GPS") de doble frecuencia proporciona las coordenadas del punto en que nos encontramos, con una precisión que será función de las señales de corrección disponibles, aunque es conveniente utilizar las procedentes de una estación RTK propia, a una distancia no superior a 10 km, para obtener precisiones por debajo de los 2.5 centímetros.



Figura 4. Monitor para guiado automático AgGPS170 de Trimble

El procedimiento para establecer la trayectoria que se debe seguir es similar al de los sistemas de ayuda al guiado. La forma de operar una vez programado el equipo consiste en guiar manualmente el tractor hasta una posición próxima al inicio de la pasada y entregar el control al sistema pulsando la tecla correspondiente. En cualquier momento el tractorista puede volver a tomar el control con sólo realizar un movimiento del volante. Una barra de luces o un dibujo sobre la pantalla dan idea en cada momento de la desviación sobre la trayectoria prevista. Al llegar al final del pase, el tractorista debe volver a tomar de nuevo el volante para efectuar la maniobra de aproximación al pase siguiente. Más recientemente, AutoFarm ha desarrollado un modulo que completa la programación de su procesador añadiéndole la posibilidad de seguir trayectorias que no sean simples líneas rectas sino curvas con distintas posibilidades.

La otra gran técnica de precisión a emplear es la Tecnología de Aplicación de Dosis Variable (VRT) que nos permitirá reducir la cantidad de semillas, agroquímicos, etc. El primer paso para llegar a esta tecnología es crear mapas de prescripción, en los que se indica en qué zonas de la parcela hay que hacer el tratamiento y cual es la dosis a aplicar. Estos mapas se introducen en un ordenador de campo y éste será el que dirija la aplicación de dosis variable mediante un controlador adecuado que se encuentre en la máquina agrícola de aplicación.

El sistema de dosis variable ajusta la dosis de aplicación de productos para las diferentes zonas de una parcela, empleando la información contenida en un mapa electrónico. Se consigue así el objetivo fundamental de la Agricultura de Precisión: la optimización de los recursos a utilizar (agroquímicos, fertilizantes, etc.), de manera que la cosecha sea de mayor calidad y sea obtenido el mayor beneficio económico y ambiental. Es por ello que estas técnicas deben de ser conocidas y utilizadas dentro de la Agricultura de Conservación para combinar la protección del suelo con la minimización de la contaminación por agroquímicos y la reducción de las emisiones de carbono.

Agradecimientos: los autores agradecen a Proyecto del Plan Nacional AGL2002-04283-C02-01, la financiación de parte de los equipos que se muestran en este articulo.

Bibliografía

ASAE Standard S313.3. (1999). Soil cone penetrometer: A. M. St. Joseph, MI ASAE.

D. J. Campbell, M.F. O´Sullivan (1991). The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction and tillage. K.A. Smith and C.E. Mullins (Editors), Soil analysis: Physical Methods. pg 399 – 429. Marcel Dekker, New York

R. Earl . (1996) Prediction of trafficability and workability using tensiometers. Journal of agriculture engineering research, 63 pg 27 – 34.

R. Earl . (1997) Prediction of trafficability and workability from soil moisture deficit. Soil & Tillage Research, 40 pg 155 – 168.

W. Unger, O. R. Jones (1998) Long-term tillage and cropping system affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland weath and grain sorghum. Soil & Tillage Research, 45 pg 39 – 57.

El futuro dependerá de ti...

Madrid 15 - 16 - 17 - 18 de Diciembre de 2004

en las mejores instalaciones de España

Parque Ferial Juan Carlos I

Feria de Madrid

el presente es...

samatec

SALÓN DE LA AGRICULTURA MEDIO AGRARIO Y TECNOLOGÍA

ORGANIZA

AESDESA

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ESTUDIOS SOCIALES AGRARIOS, S.A.

COLABORAN:

Dirección General de Agricultura
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
Comunidad de Madrid

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

EL MUNDO

afre ASOCIACION DE FABRICANTES DE RIEGO ESPAÑOLES

Fertiberia

REPSOL YPF

CEPSA

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CSIC

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

INIA

MONSANTO

AGRO

Todo lo bueno del campo

MONDIAL BIOENERGIE PARIS 2005
www.itebe-expo.org

ITEBE

Cámara Madrid

