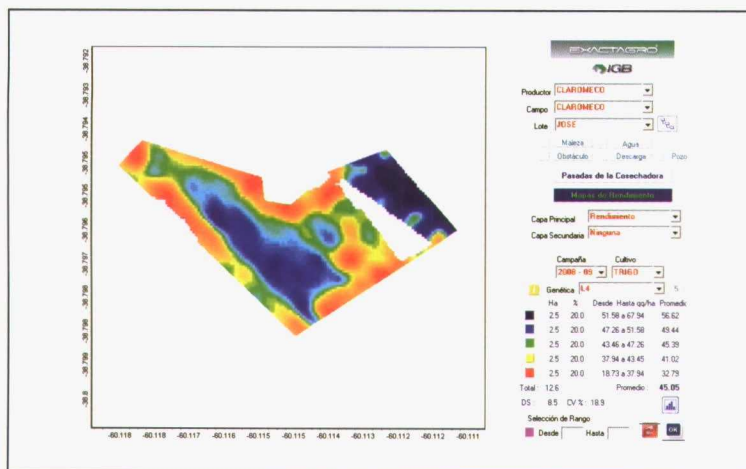


CLUB OF BOLOGNA 21ª Reunión Plenaria

# DEL POSICIONAMIENTO GLOBAL A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN



Mapa de cosecha sobre un cultivo de trigo (IGB-Argentina).

**PROF. LUIS MÁRQUEZ**  
**PROF. ETTORE GASPARETTO**  
 MIEMBROS DEL COMITÉ DE DIRECCIÓN

En este artículo se ha pretendido resumir lo que fueron las opiniones de los ponentes y de la discusión posterior, completadas con aportes personales.

## Así empezó todo

Los sistemas GPS para el posicionamiento y navegación se pusieron al alcance de los usuarios civiles en los comienzos de la década de los 90. Casi inmediatamente se detectó el potencial de esta tecnología para optimizar las prácticas de cultivo a nivel de subparcelas.

Midiendo el flujo de grano que llegaba al tanque de una cosechadora, si esto se unía a la determinación de la posición, se podía obtener información sobre la producción correspondiente a cada zona de la parcela, y a partir de aquí relacionarla con el nivel de fertilidad del suelo.

Las correcciones necesarias aportando los insumos para optimizar la producción podrían hacerse con la tecnología de la 'dosis variable' aplicada a diferentes zonas de la parcela, lo que exigía el procesamiento de los mapas de cosecha para suministrar los órdenes correspondientes a abonadoras y pulverizadores.

Introduciendo informaciones adicionales relacionadas con las características del suelo, estas quedaban geo-referenciadas y

Una parte de las ponencias y discusiones realizadas durante la pasada Reunión Plenaria del Club of Bologna, celebrada durante la EIMA 2010, tuvieron como objetivo analizar diferentes aspectos relacionados con la 'automatización de las máquinas agrícolas'. El análisis global de la evolución de la tecnología correspondió al Dr. Agr. Patrick Ole Noack, de Geo-koncept GmbH, y su ponencia fue completada por el Prof. Scott Shearer, de la Universidad de Kentucky (USA).

permitirían determinar el potencial productivo del cultivo, que también estaría afectado por parámetros imprevisibles, como los derivados de las situaciones meteorológicas a lo largo del ciclo productivo, especialmente de la pluviometría.

El control de los insumos aportados en cada zona de la parcela dio paso a lo que se empieza a denominar 'Agricultura de Precisión', con el objetivo de optimizar el cultivo, tanto desde el punto de vista agronómico como del económico.

En los comienzos, la necesidad de realizar fuertes inversiones, la falta de criterios para evaluar los mapas de cosecha y de protocolos de comunicación para las máquinas que realizarían las aplicaciones en tasa variable, y el escaso conocimiento agronómico necesario para establecer criterios de decisión, los avances se limitan a los usuarios que trabajaban sobre grandes superficies y especialmente dedicadas a la producción de granos y semillas.

En consecuencia, hace unos 10 años se consideraba que la Agricultura de Precisión era costosa y complicada, con una baja demanda por parte de los usuarios, puesto que los beneficios obtenidos eran discutibles, especialmente con suelos homogéneos y con bajos aportes de nutrientes, ya que los factores meteorológicos de la campaña superaban los efectos espaciales detectados.

## Volviendo a empezar

La tecnología de la Agricultura de Precisión se apoya en módulos diferentes. El primero de ellos es el relativo al posicionamiento de la máquina en la parcela, primero mediante la red de satélites americana GPS, y más tarde con el conjunto de redes (GPS, Glonass, Galileo) en lo que se denomina sistema GNSS. Este primer módulo suministra información para el guiado de los vehículos con diferentes grados de automatización.

### Ayudas para el guiado de tractores y máquinas agrícolas

El sector industrial detecta que hay una demanda de equi-

### SISTEMA DE GUIADO ASISTIDO LIGHTBAR DE JOHN DEERE



Las luces verdes y rojas indican la posición del tractor con respecto a la trayectoria fijada. Cada LED rojo iluminado indica una desviación de 10 cm. El conjunto funciona con una toma eléctrica de 12 voltios.

### SISTEMA DE GUIADO AUTOMÁTICO TOPCON AES-25



Utiliza un motor eléctrico que encaja directamente en la columna de dirección y la pasa al eje sobre el que se sitúa el volante original. Pede desconectarse mediante un interruptor general o aplicando un fuerza en el volante de 111 N.

pos sencillos que ofrezcan una referencia para el guiado de las máquinas, ya que sobre el campo los vehículos siguen unos caminos de referencia, en muchas ocasiones relacionados con las líneas de cultivo.

La opción más sencilla, utilizando una barra de luces con LED, fue muy bien aceptada en el mercado, ya que su coste era reducido y permitía aumentar la capacidad de trabajo eliminando huecos y solapes en las pasadas sucesivas. No se intervenía en absoluto sobre el control de los aperos y máquinas accionadas.

La evolución de la tecnología permitió avanzar ofreciendo la posibilidad del guiado automá-

tico, reduciendo la carga de trabajo del conductor que podría atender mejor al control de la operación agrícola. Estos sistemas, que llegan al mercado hace unos diez años aproximadamente, no tienen gran difusión en sus comienzos como consecuencia de que deben combinarse con los elementos electrónicos e hidráulicos que utilizan los tractores y máquinas autopropulsadas, por lo que resultaban caros y difíciles de instalar como consecuencia de la necesidad de cumplir la normativa de seguridad.

La utilización de una sola frecuencia para el posicionamiento con GPSd proporcionaba preci-



Guiado autónomo Case-IH AFS-V2V.

sión suficiente para obtener mapas de cosecha, caracterización del suelo, aplicación en dosis variable o como referencia de guiado, pero no era suficiente para el guiado automático, considerando los tres tipos de rotaciones que se producen sobre un vehículo en movimiento (longitudinal, transversal y vertical).

En los últimos cinco años el mercados de los sistemas de guiado automático han crecido considerablemente, bien porque los fabricantes de tractores desarrollaron módulos de guiado basados en sistemas hidráulicos genéricos, o bien porque han incorporado el sistema como opción montada en fábrica. El crecimiento de estos sistemas aumenta a medida que se integra en el propio volante del tractor y se utiliza motores eléctricos para el control de la dirección, totalmente independientes del sistema de dirección del tractor; esto significa simplificar la instalación y reducir los costes de adquisición.

Una etapa posterior sería la de ofrecer vehículos autónomos, aunque hay que advertir que los sistemas de guiado actuales no están diseñados para sustituir al conductor. A finales de la década de los '90 se desarrollaron algunos sistemas autosuficientes, que permitían definir los recorridos del tractor sobre la parcela, combinándolo con un sistema

complejo para que el tractor pudiera trabajar sobre el campo de manera autónoma. Estos sistemas no tuvieron éxito comercial, ya que su coste era muy elevado y resultaba complicada la planificación del trabajo.

Más recientemente se están desarrollando sistemas autónomos y semi-autónomos, como los que permiten posicionar tractores con remolque al lado



Monitor para autoguiado con control de tramos.

de las cosechadoras. Así, el sistema AFS - V2V (*Advanced Farming System- Vehicle to Vehicle*) de Case IH permite la sincronización automática de dos vehículos que trabajan juntos, siendo controlados por un solo conductor. Esto se aplica especialmente a tractores con remolque que van recibiendo la cosecha junto a la cosechadora, siendo el conductor de la cosechadora el

que establece la velocidad y los cambios de dirección del tractor.

El guiado automático ha ido progresivamente unido al control de tramos en pulverizadores de barras, de forma que se realice el cierre del conjunto de boquillas correspondientes a un tramo, cuando la aplicación se pudiera realizar en un a zona previamente tratada, sin que por ello tenga que intervenir el conductor del tractor. Estos sistemas tienen aceptación en el mercado, ya que no necesitan información previa como los mapas de aplicación en dosis variable, aunque su difusión se retarda como consecuencia de la falta de protocolos de comunicación con pulverizadores y abonadoras.

### Guiado y control de los aperos

La capacidad para determinar la posición con precisión de 2 cm, que se consigue con los sistemas GNSS-RTK, puede utilizarse para controlar otros aperos, diferentes a los relacionados con la aplicación en dosis variable, pero que ayudan a reducir los costes y mejoran el desarrollo del cultivo en campo, sin que esté vinculado a la variabilidad de las parcelas ni a efectos climáticos.

Así, cuando se trabaja con aperos arrastrados sobre parcelas en ladera, y también cuando cambia la consistencia del suelo, los aperos no siguen la trayectoria de los tractores, por lo que se han desarrollado sistemas que permiten el guiado del apero combinado con el del tractor o de forma independiente.

Este es el caso del sistema iGuide de John Deere para la compensación de aperos arrastrados en laderas. En terrenos inclinados y laderas tienden a deslizar y perder la línea de trabajo, dejando zonas sin trabajar o aumentando los solapamientos, al igual que sucede cuando se trabaja en curva. Para ello el tractor modifica automáticamente



Sistema iGuide de John Deere para el guiado de aperos

te la trayectoria teórica anticipándose a la del apero, tomando como referencia la posición en tiempo real del apero. Para ello, el apero incluye otra antena receptora de señal GPS, similar a la del tractor, unida al conjunto por la línea ISO-BUS.

Esto se puede aplicar al guiado de aperos sobre cultivos en caballón, para que el apero se ajuste de forma exacta a los surcos. Los sistemas de posicionamiento GNSS-RTK incluyen un conjunto de elementos para corregir la inclinación del tractor con respecto al plano horizontal, tomando en consideración la posición de la antena con respecto al tractor y el apero.

Los sistemas de guiado y control de aperos con precisión RTK se utilizan para establecer plantaciones de especies leñosas, como es el caso de la viña en espaldera, ya que esto facilita establecer un cultivo alineado apto para la recolección mecanizada.

En ocasiones el guiado se realiza mediante sistemas de visión artificial, especialmente cuando se requiere información sobre el cultivo en el que trabaja la máquina en tiempo real.

### Normalización, procesamiento de datos y tratamiento de la información

Las aplicaciones del GNSS a la agricultura, con intercambio

de información entre los componentes del sistema y control de las operaciones de campo, han obligado a buscar soluciones que sean universales, independientes de marcas y modelos.

La norma ISO 11783 proporciona un interface universal para el intercambio de la información en todo lo que se relaciona

**Hay que tomar en consideración las posibilidades que ofrecen los sistemas de comunicación inalámbrica aplicados a tractores y máquinas agrícolas**

con tractores, máquinas accionadas y componentes de ambos, intentando adaptarse a lo que fue la normalización del enganche tripuntal o el eje de toma de fuerza. Con esto se pretende reducir los costes, al no ser necesario duplicar algunos de los componentes de control, y facilitar la comunicación entre máquinas de diferente procedencia.

El mayor problema para la difusión del sistema es rentabili-

zar la inversión de aquellos usuarios que prácticamente utilizan su tractor con un solo tipo de máquina accionada. En muchas ocasiones puede interesar utilizar el soporte físico propuesto por la norma ISO 11783, pero desarrollar un software menos complejo. También hay que tomar en consideración las posibilidades que ofrecen los sistemas de comunicación inalámbrica aplicados a tractores y máquinas agrícolas.

Por otra parte, para avanzar en una agricultura empresarial se necesita sistematizar el procesamiento de los datos que continuamente proporcionan los sensores integrados en las máquinas de campo, junto con otros que proviene del medio natural a lo largo del ciclo de cultivo.

Con esta información se podrían desarrollar sistemas de so-



Monitor que responde a las especificaciones de la norma ISO 11783 (ISO-BUS).



Sensor de vegetación 'CropSpec'.

porte a la decisión para ayudar a la gestión empresarial de los cultivos y explotaciones agrarias. Las tecnologías disponibles permiten almacenar grandes cantidades de información en un periodo muy corto, y hay que suministrar esta información de forma que sea asimilable para el que toma decisiones en la explotación.

Después de muchos años recogiendo información mediante mapas de cosecha, y realizar interpolaciones aplicando modelos estadísticos con diferente grado de complejidad, se puede tener una visión completa de la situación en las diferentes zonas de la parcela, pero no siempre se dispone de recomendaciones agronómicas para la toma de decisiones a partir de los datos disponibles.

Todo el tratamiento de la información para programar las máquinas que cierran el ciclo de

la Agricultura de Precisión necesita personal cualificado y específicamente formado con este fin, y un conocimiento agronómico más profundo de lo que ha sido tradicional basado en 'valores medios' aplicables a los diferentes cultivos.

Las decisiones tienen que considerar la variabilidad espacial y temporal de clima y suelo, además de una evaluación de la situación a partir de datos históricos, como los mapas de rendimiento. También permite actuar en función de datos recogidos sobre el cultivo en el momento en el que se actúa sobre él.

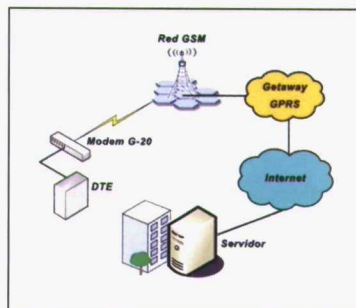
De aquí el gran interés en el desarrollo de sensores de vegetación, como el CropSpec de Topcon, unido a equipos para la fertilización nitrogenada. Este

sensor utiliza la espectrometría para determinar el contenido de clorofila de las plantas y puede trabajar tanto de día como de noche.

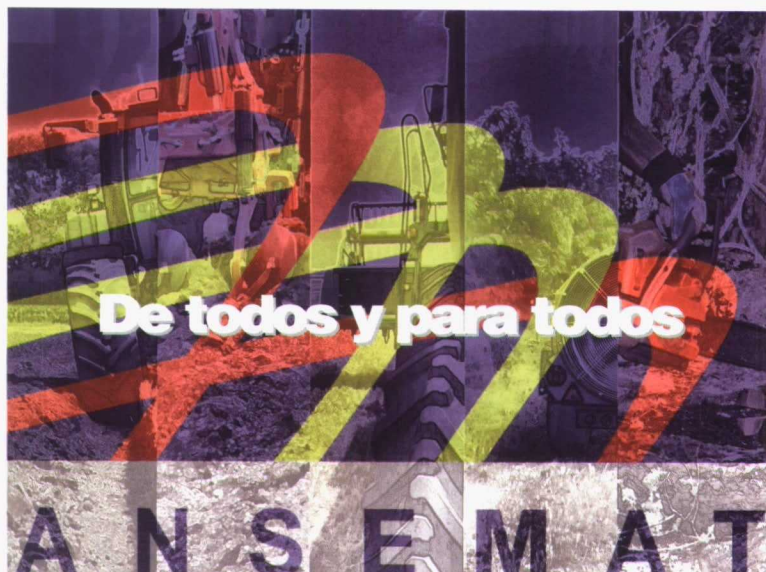
A este respecto hay que considerar el grado de precisión que se consigue en la distribución de fertilizante, especialmente con los granulados con aboadoras de proyección, que pueden dar lugar a errores en la dosificación que superan las hipótesis utilizadas para optimizar la producción.

Con los sistemas informáticos disponibles en la actualidad, resultaría muy fácil dar un gran paso hacia delante, gestionando una empresa agrícola de manera globalizada. Esto puede resultar válido para explotaciones agrarias muy grandes y altamente tecnificadas, por lo que la demanda de estos sistemas, que incluyen el conocimiento de la situación y el estado de funcionamiento de las máquinas en tiempo real mientras realizan trabajos de campos, que ofrecen algunos fabricantes, tienen baja demanda en la agricultura europea actual.

Una información completa de los trabajos presentados en el 21ª Reunión Plenaria del Club of Bologna se puede encontrar en [www.clubofbologna.org](http://www.clubofbologna.org). ■



Sistema de comunicación utilizado para el control de la maquinaria a distancia y en tiempo real.



## REPRESENTAMOS, DEFENDEMOS Y PROMOCIONAMOS

AL SECTOR DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA  
**ASESORAMOS Y  
RESPONDEMOS  
A SUS EMPRESAS**

Asociación Nacional de maquinaria  
agropecuaria, forestal y de espacios verdes  
C/Príncipe de Vergara 74 - 28006 Madrid

Tel: 91 411 33 68 - Fax 91 411 75 26

Más información:

[www.ansemat.org](http://www.ansemat.org)