

Avances en la mecanización de la plantación de frutales y vid en retícula

Mejoras con respecto al método tradicional de plantación y nuevas aplicaciones para el diseño

Jordi Llorens Calveras.

Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología. Universidad Politécnica de Cataluña.

Las tecnologías que sustentan la agricultura de precisión aportan cambios también en la plantación de frutales y vid. Los sistemas GPS y sus constantes mejoras representan el liderazgo en la evolución de la técnica. Una de ellas es la aplicación web Sigfrut de uso público que pretende planificar la plantación definiendo los parámetros que la componen, marco de plantación, distribución de líneas, soporte, etc.

Denominamos “agricultura de precisión” a aquellas aplicaciones agrícolas que utilizan técnicas topográficas, de localización y de adquisición de información para definir microparcels en las que se puede hacer un tratamiento diferenciado a fin de mejorar la producción. En el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Lleida, junto con la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (UPC), se han realizado sistemas para individualizar la aplicación de productos fitosanitarios y así disminuir la emisión de contaminantes innecesarios. La información recopilada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias y pre-

decir con más exactitud la producción de los cultivos. La precisión actual de estos métodos de posicionamiento es cercana a un metro con tecnología simple, por lo que en ellos pueden ser utilizados sistemas basados en GPS de precio moderado.

El GPS y la tecnología de posicionamiento por satélite han evolucionado enormemente en estos últimos diez años, transformando la manera de trabajar en muchas tecnologías (automovilismo, guiado, aviación, etc.).

Igual que en muchas otras aplicaciones, el GPS aporta en la tecnología de la plantación de frutales una buena solución. En este artículo se desarrollarán algunos de los avances a este respecto. Se conocen experiencias en su utilización, además de la técnica tradicional de marcado para la plantación, que sigue en uso en multitud de explotaciones frutales.

► Tecnología GPS, un avance para la agricultura de precisión

El Global Position System (GPS) o sistema de posicionamiento global es un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o un tractor, con una precisión hasta de centímetros usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros. Aunque su invención se le atribuye a los Gobiernos franceses y belga, el sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de veintisiete satélites (veinticuatro operativos y tres de respaldo) en órbita sobre el globo a 20.200 km con trayectorias

sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, el aparato que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posi-

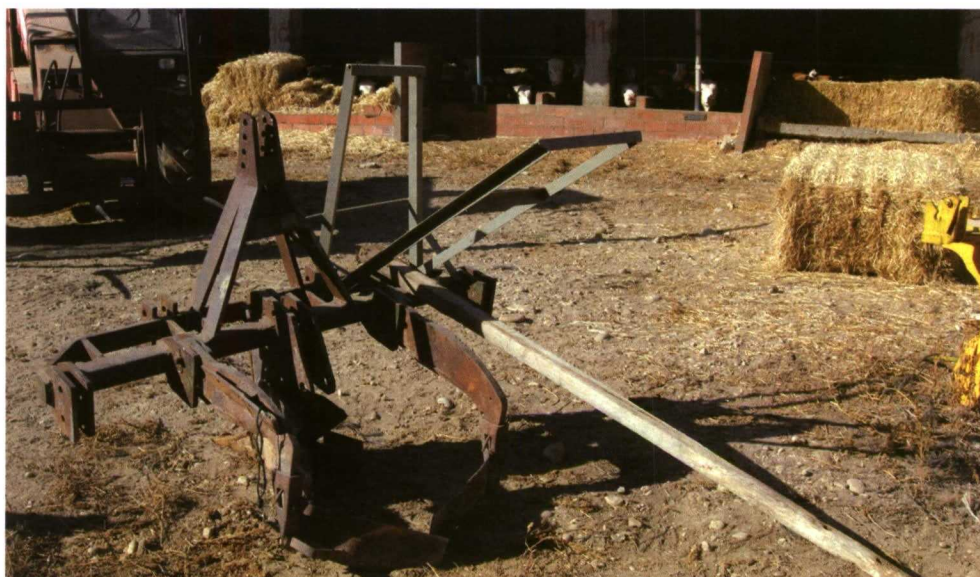
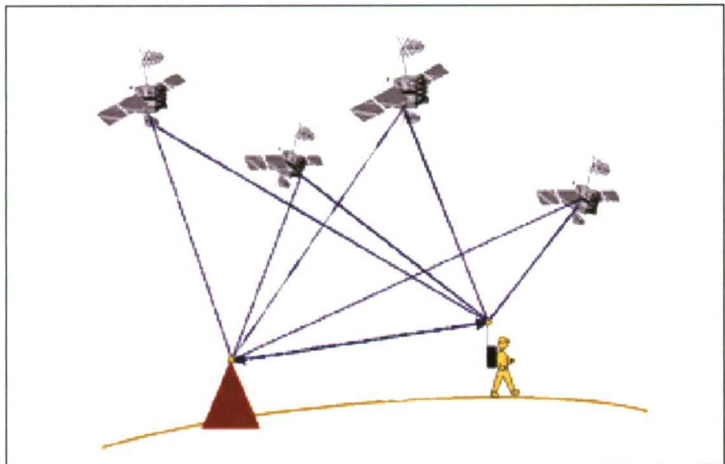


Foto 1. Apero simple utilizado en plantación de frutales. Forma tradicional de definición y plantación de frutales en una explotación de la zona de Lleida.

Figura 1.

SISTEMA DE SATÉLITES PARA CORRECCIÓN DIFERENCIAL SIMPLE (DGPS).

Fuente: www.biolastrer.com



ción y el reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite. Por “triangulación” calcula la posición en que éste se encuentra. La triangulación en el caso del GPS, a diferencia del caso 2-D, que consiste en averiguar el ángulo respecto de puntos conocidos, se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenada real del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema mejorando la precisión del reloj interno del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites, de forma que una mejor precisión en este reloj redunde en mejores cálculos de posición.

El DGPS (en inglés *Differential GPS*) o GPS diferencial es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones a los datos recibidos de los satélites GPS con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada (figura 1).

El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan

por igual (o de forma muy similar) a los receptores próximos entre sí. Los errores están fuertemente correlacionados en los receptores cercanos.

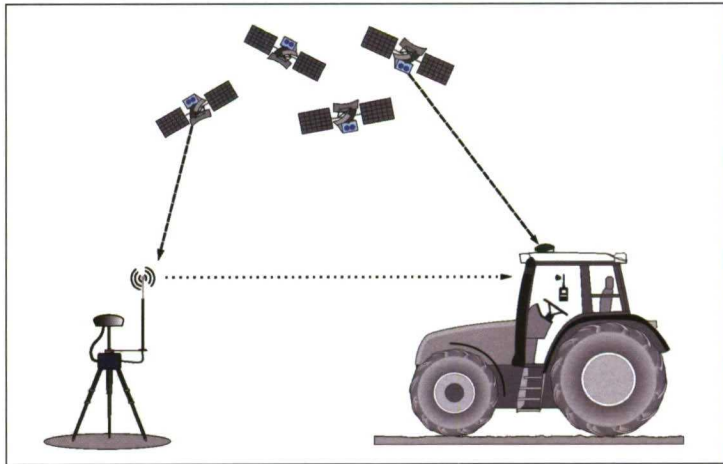
Un receptor GPS fijo en tierra (referencia) que conoce exactamente su posición basándose en otras técnicas (o simplemente una posición relativa al conjunto) recibe la posición dada por el sistema GPS y pueden calcular los errores producidos por el sistema GPS, comparándola con la suya conocida de antemano. Este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él (vía radio), y así éstos pueden a su vez corregir también los errores producidos por el sistema dentro del área de cobertura de transmisión de señales del equipo GPS de referencia.

La técnica de posicionamiento RTK (figura 2) se basa en la solución de la portadora de las señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GPS, Glonass y Galileo, este último todavía en fase de implantación. Una estación de referencia provee correcciones instantáneas para estaciones móviles, lo que hace que con la precisión obtenida se llegue al nivel centimétrico.

La estación base retransmite la fase de la portadora que midió y las unidades móviles comparan sus propias medidas de la fase con la recibida de la estación de referencia. Esto permite que las

Figura 2.

GPS DE ALTA PRECISIÓN, CON CORRECCIÓN DIFERENCIAL (DGPS) Y CON SISTEMA RTK. Fuente: <http://www.agrar-tec.de/Parallelfahrssysteme.htm>



estaciones móviles calculen sus posiciones relativas con precisión casi milimétrica, al mismo tiempo en que sus posiciones relativas absolutas son relacionadas con las coordenadas de la estación base.

Esta técnica exige la disponibilidad de, por lo menos, una estación de referencia con las coordenadas conocidas y está dotada de un receptor GNSS y un módem de radiotransmisor. La estación genera y transmite las correcciones diferenciales para las estaciones, que usan los datos para determinar precisamente sus posiciones.

El formato de las correcciones diferenciales es definido por la *Radio Technical Committee for Maritime Service* (RTCM). Los radiotransmisores operan en las fajas de frecuencia VHF/UHF, y la observación fundamental usada en el RTK es la medida de la fase de la portadora.

En el caso del uso del módem de radio, la técnica RTK se restringe a líneas de base cortas (hasta 10 km), debido al alcance limitado del UHF.

► Plantación tradicional en retícula regular

En España muchas empresas se dedican a la plantación de frutales y vides. Se trata de pequeños empresarios autónomos en general, aunque algunas em-

presas están ligadas a los viveros que suministran los plantones. Debido al coste elevado que supone la producción de cepas, muchas empresas ofrecen también el servicio de plantación, garantizando así un paquete de producto y servicio al agricultor. Existen todavía algunos plantadores totalmente artesanos que trazan sin ayuda los surcos sobre los que después se colocan las plantas, pero la gran mayoría usa sistemas semiautomáticos de guía para señalar la colocación de las plantas. Estos plantadores tradicionales deciden la dirección y separación de los plantones, gracias a su acusado sentido de orientación y mediante sistemas de medida con patrones (bastón o caña).

El sistema de plantación más utilizado emplea un tractor que arrastra un apero con un rejón que crea un surco de unos 40 cm de profundidad en la tierra, permitiendo que un operario que viaja sentado junto a una bandeja de plantones detrás del rejón coloque un esqueje en este surco donde un sistema mecánico se lo indica. En sistemas más simples, el operario encargado de la colocación de los plantones viaja a pie, junto al apero, depositando el plantón en el momento que el elemento de referencia (palo o caña de longitud determinada) se sitúa a la altura del último plantón realizado (foto 1). Un sistema apila la tierra sobre el es-

queje y en algún sistema se riega.

Para definir la trayectoria del tractor a lo largo de la parcela, se han situado previamente una serie de estacas que definen cada una de las líneas a plantar; el operario que dirige el tractor debe agudizar su destreza para seguir la línea de plantación.

Mejoras respecto al método tradicional

Algunas máquinas actuales llevan un sistema automático de introducción del plantón y el operario debe tan sólo colocarlo sobre una rueda, listo para su plantación (**foto 2**). Hay máquinas que arrastran dos y hasta tres rejonos simultáneamente. El guiado del tractor se hace por un sistema láser, que en condiciones óptimas tiene un alcance de 600 m. El uso de sistemas de alineación por láser ha permitido guiar la transplantadora manteniéndola continuamente en línea recta. Aún así, el sistema láser es muy dependiente de las condiciones ambientales y un poco de niebla lo hace imposible de seguir. También la orografía de la parcela dificulta su uso, pues es preciso tener visión directa de todo el surco; este problema aparece en parcelas onduladas como la que se muestra en la **foto 3**.



Foto 2. Algunas aplicaciones donde el uso de GPS embarcado proporciona un sistema completo y fiable para la plantación de frutales y vid.

Fuente: Manual de agricultura de precisión: conceptos teóricos y aplicaciones prácticas.

La forma de la parcela influye mucho, haciéndose preciso partir de una perpendicular a los surcos, de modo que una parcela oblonga en sentido oblicuo a los surcos obliga a partir de varias perpendiculares a los surcos. Los inconvenientes presentados son subsanables, pero son también una fuente de errores acumulativos. Además, a cada nuevo surco que es preciso plantar se ha de orientar de nuevo el láser, constituyendo una nueva fuente de errores.

La indicación de dónde colocar el esqueje la proporciona un

sistema mecánico, de forma que un alambre se clava en el inicio del surco y se va desenrollando al avanzar el tractor, actuando sobre un servosistema que mueve una cadena sin fin con unos marcadores que se colocan sobre el terreno a intervalos regulares, determinados mecánicamente, para indicar el punto donde se debe colocar la planta. El sistema de guiado actúa sobre un mecanismo de desplazamiento lateral del apero permitiendo optimizar al máximo la alineación de los surcos. En los casos en los que no se utiliza el servosiste-

ma, las separaciones entre árboles de una misma línea se determinan mediante un sistema relativamente simple pero con buenos resultados, se utiliza un elemento de referencia fijo (palo o caña de la longitud deseada).

En algunas empresas de plantación utilizan el soporte de técnicos en topografía para el marcado exacto del principio y final de línea. Este marcado mediante un sistema GPS con corrección diferencial y RTK (**foto 4**) permite situar con exactitud las bases del tutor de la plantación y los postes de espaldera (cable de acero, con soportes intermedios) que permite definir exactamente la orientación de la línea de plantación y ejerce la función de tutor, manteniendo el plantón en su posición.

Este sistema de referencia mediante la señalización con aparatos topográficos se utiliza muy a menudo para la colocación de los soportes de la malla anti-granizo. En dicha colocación es necesario un ajuste casi perfecto de la posición de cada uno de los soportes. La malla que se colocará encima tiene las medidas justas para cada línea y debe cubrir toda la plantación.

En los últimos años se está asistiendo a una evolución en la modalidad de trasplante de viñedo (y frutales) que ha supuesto, por las exigencias técnico-econó-

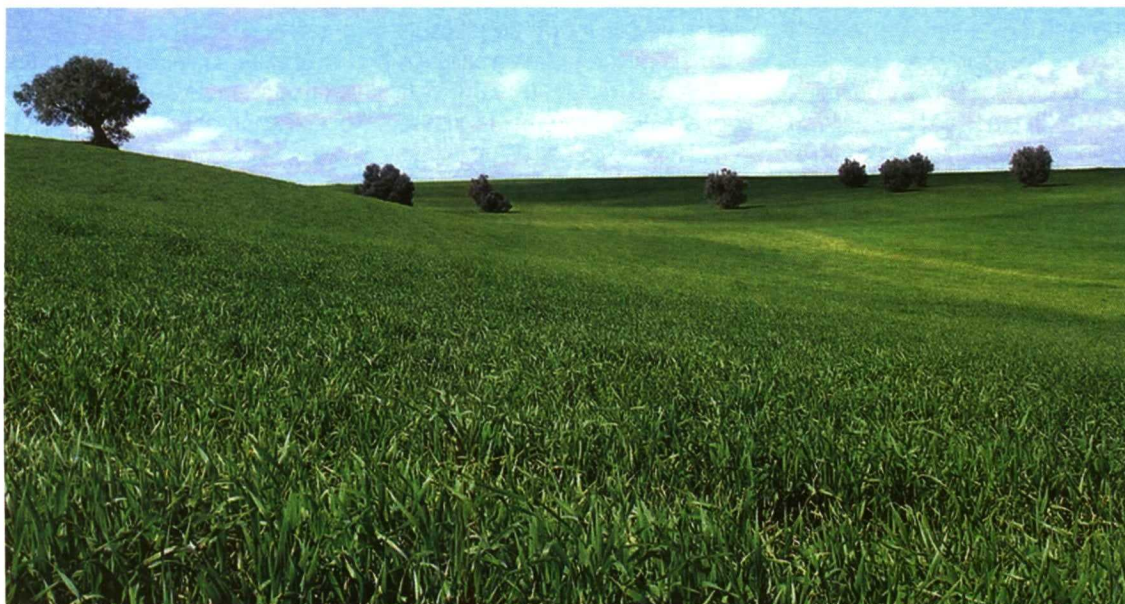


Foto 3. Ejemplo de terreno donde la aplicación de plantación mediante láser requeriría cambios de posición en el elemento emisor para ir superando los cambios de pendiente y ondulaciones. Fuente: http://1.trekearth.com/photos/26081/green_fields.jpg



Foto 4. Marcado de líneas de la plantación mediante sistemas de posicionamiento en topografía. Sistema GPS con base de corrección RTK (al fondo de la imagen). Fuente: <http://www.geosistemassrl.com.ar/index.php>

micas, el paso de la ejecución manual a la utilización de máquinas trasplantadoras. La tarea de trasplante ha sido simplificada con la introducción de instrumentos que permiten abandonar los viejos sistemas de marqueo, obteniendo resultados excelentes desde el punto de vista de precisión de las trayectorias y colocación de estacas en el campo.

A esta metodología consolidada se está añadiendo la que prevé el uso de sistemas de navegación basados en satélites (GNSS). Ya se dispone de programas de ordenador que, especificando (aunque sea de modo aproximado) los límites del terreno, determinan el número de plantas y de postes de espaldera que son necesarios. Esto resulta muy conveniente para la planificación de la plantación.

Una solución más elaborada puede ser de ayuda no sólo en la fase de proyecto, sino también en las sucesivas etapas de la plantación. En resumen, en la



Foto 5. Imágen del prototipo desarrollado por el Instituto de Automática Industrial. Este sistema permite plantar tres líneas de vid o frutales sin referencias previas sobre el terreno; y dispone de un sistema de guiado y de posicionamiento de la cepas mediante tecnología DGPS.

fase de proyecto con el operario se obtienen las dimensiones reales de la explotación y el sistema, después de haber elaborado las informaciones básicas de la plantación, realiza el plano en tiempo real, teniéndolo a disposición en soporte magnético. En las sucesivas tareas de plantación, tal soporte es utilizado por

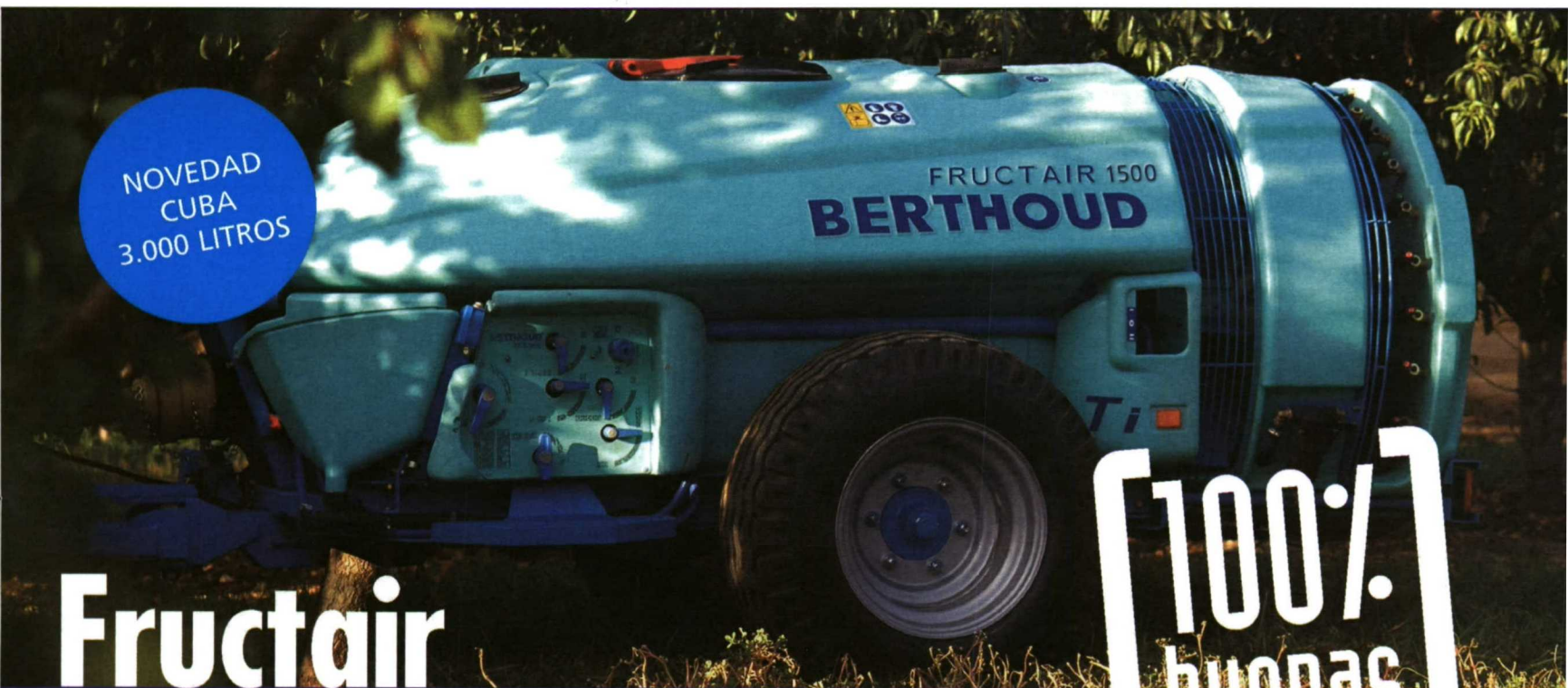
la trasplantadora que, siempre con la ayuda del receptor, determina las filas que ocuparán las plantas y el lugar donde se debe depositar cada barbadillo. Frente al elevado coste de la inversión requerida para instalar un receptor con precisión inferior a un metro y los actuadores que guíen el equipo respecto al trasplante me-

dante guiado por rayo láser, tal solución necesita menos mano de obra y reduce los tiempos de trabajo tanto para elaborar el croquis de la plantación como para depositar las plantas.

Basándonos en datos de trabajo en campo, desde el punto de vista técnico, la precisión del sistema resulta totalmente competitiva con los demás sistemas disponibles, mientras que desde el punto de vista económico, la superficie umbral de utilización está entre 25 y 30 ha, que equivalen a unas 200 horas/año.

Estos sistemas pueden emplearse tanto en plantación del viñedo como en la de cultivos arbóreos. El receptor de señales de los satélites también puede utilizarse, sin el resto del sistema, para otras tareas de posicionamiento (guiado, registro de variables de producción, etc.), con lo que se reduce el coste de utilización.

Este sistema se ha desarrollado en el Instituto de Automáti-



NOVEDAD
CUBA
3.000 LITROS

Fructair

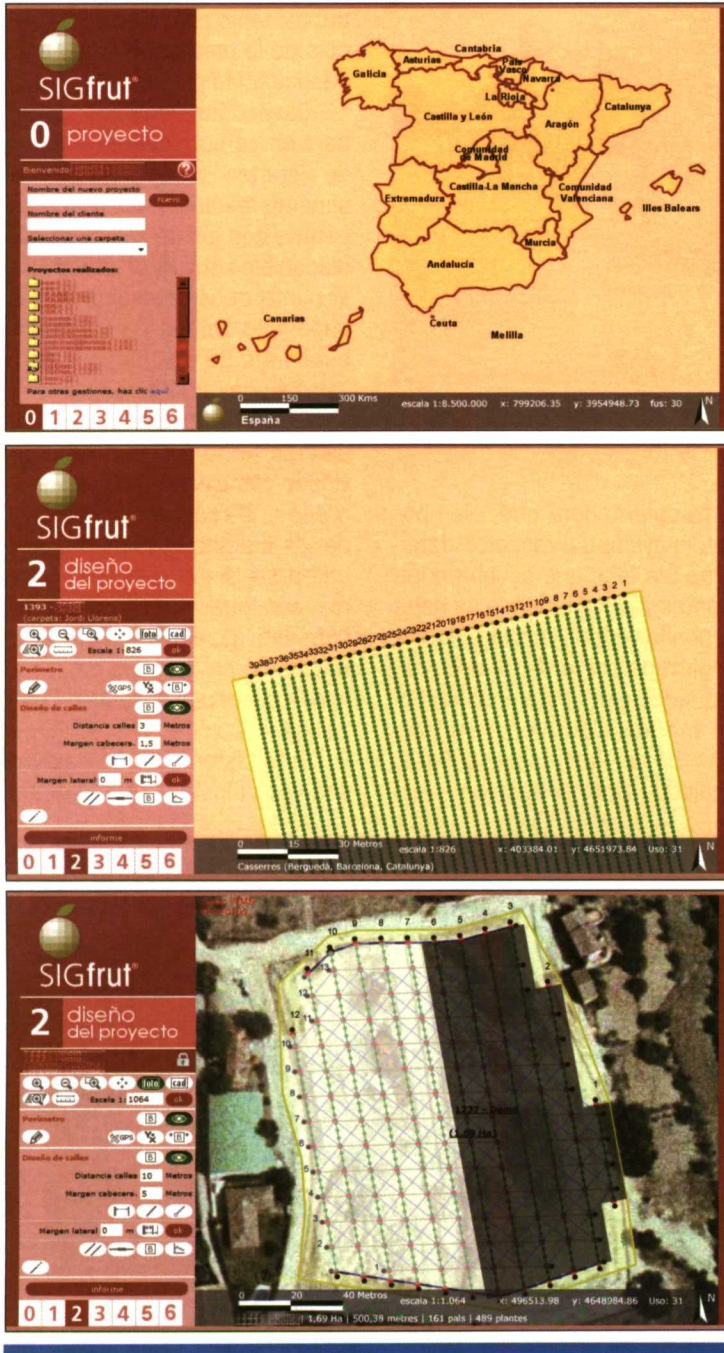
- Diseño ultra compacto que une facilidad de manejo y robustez.
- Equipamiento completo para una máxima ergonomía, seguridad y confort de utilización: tolva de incorporación, panel Berlogic...
- Nueva generación de ventiladores con aspiración trasera o invertida.
- 100% Buenas Prácticas: nuevo indicador de nivel, volumen residual mínimo, enjuague del circuito con agua limpia...

100%
buenas
prácticas

BERTHOUD[®]

Figura 3.

APLICACIÓN INFORMÁTICA SIGFRUT PARA DISEÑO DE PLANTACIONES EN RETÍCULA, DESARROLLADA POR SERVEI DE SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA Y TELEDETECCIÓ DE LA UNIVERSITA DE GIRONA.



ca Industrial bajo el soporte del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (foto 5). Una empresa del sector de plantación de viveres ha colaborado en el proyecto. Se describe el sistema con mayor detalle en el número 195 de **Vida Rural**. Como consecuencia de la investigación de estas entidades durante el año pasado se tramitó la patente del invento: "Aparato para ayuda a la plantación de vegetales en retícula con ayuda de GPS".

Nueva aplicación para el diseño de plantaciones

Sigfrut es una aplicación web de uso público y dirigida a la comunidad agrícola de todo el Estado español. Esta herramienta se ha desarrollado en el Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica y Teledetecció de la Universita de Girona, bajo el encargo de la Empresa Nova Fructicultura. La aplicación permite a un usuario localizar su parcela (a partir de un ortofotomapa), digitalizar el perímetro y elaborar un presupuesto acerca del coste que supondría proteger su parcela del riesgo de granizo y nieve. La aplicación también permite planificar la plantación definiendo los parámetros que la componen, marco de plantación, formación, distribución de líneas, soporte, etc. Esta aplicación funciona bajo el uso de la base de datos Postgres y PostGIS y utiliza como visualizador Scalable Vector Graphics (Adobe SVG Viewer). Se pueden ver algunas de las pantallas que componen la aplicación en las fi-

guras 3a, 3b y 3c.

Este sistema es un avance importante mediante las TIC (tecnologías de la información y comunicación) que, ligado a los sistemas de información geográfica (SIG), proporciona una herramienta importante para los agricultores e indispensable para los técnicos encargados de planificar plantaciones. Además, el sistema es capaz de almacenar la información necesaria para utilizarla en el equipo que trabajará en campo con un sistema DGPS y que llevará a la práctica la plantación previamente diseñada. ■

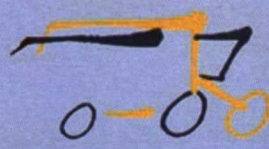
AGRADECIMIENTOS

A Carlos Bernat, por darme la oportunidad de escribir el artículo; a Àlex Escolà, por la información facilitada; a Lluís Laporta, por el conocimiento sobre la aplicación Sigfrut; y a Joan Solé, por la visita a la explotación familiar de frutales.

Bibliografía

- Ruiz de Velasco, M. Cambra. "Diseños de plantación y formación de árboles frutales". Consejo Superior De Investigaciones Científicas, ISBN: 9788400082796. Madrid 2004.
- J. Eugenio Naranjo, Carlos González, Jesús Reviejo Ricardo García, Teresa de Pedro. "Plantación de viñas y frutales con ayuda de GPS". Revista Vida Rural, nº 195, Año XI-14/2004.
- Ricardo García Rosa, Teresa de Pedro, J. Eugenio Naranjo, Jesús Reviejo, Carlos González. "Sistema de ayuda a la plantación de viñas basado en navegación por satélite (GNSS)". CLCA 2002, Congreso Latinoamericano de Control Automático, 3-6 diciembre, IFAC. Guadalajara, México.
- Basso Bruno, Luigi Sartori, Matteo Bertocco. Coordinadores ed. española: Jacinto Gil Sierra, Andrés Seco Remeses. "Manual de agricultura de precisión: conceptos teóricos y aplicaciones prácticas", Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: Eumedra, cop. 2007.
- Manuel Coque Fuertes, M^a Belén Díaz Hernández. "Poda de frutales y técnicas de propagación y plantación". Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: Mundi-Prensa, DL 1996
- <http://www.novafрут.info/inici.html>

Cosechadoras de OCASIÓN



Enrique Segura

www.enriquesegura.com



Polígono industrial Sector 4, nº 9 • 50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza) España
Tfno.: 976 18 50 20 • Móvil: 609 300 299 • E-mail: info@enriquesegura.com