

Apoyo a la toma de decisiones para la mejora de la gestión en explotaciones agroforestales

13 junio, 2017

La agricultura actual se encuentra inmersa en un proceso acelerado de actualización y adaptación a un modelo digital de trabajo que se extiende imparable a lo largo de toda la cadena agroalimentaria. Parte de esta evolución viene marcada por la incorporación de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), y por la disponibilidad de nuevas soluciones de hardware y software que están cambiando la forma de trabajar en el campo mediante la monitorización de las labores agrícolas y el análisis de los datos generados en las explotaciones.

Juan Agüera Vega¹, Jacob Carballido del Rey², Rafael Bernal Sanz², Luis Muñoz², Salvador Correa², Miguel A. Polo², Jorge Martínez² y Manuel Pérez-Ruiz². ¹Universidad de Córdoba. ²Universidad de Sevilla.

Se suele decir que “lo que no se mide, no se puede mejorar”, y ese es precisamente el objetivo de este tipo herramientas. AgroPlanning es una solución web española nacida inicialmente para monitorizar en tiempo real el trabajo de vehículos agrícolas. Con el tiempo, ha crecido incorporando nuevas funcionalidades hasta convertirse en una plataforma capaz de integrar y conectar otros sistemas, ya sea un cuaderno de campo, una solución de sensorización de suelos, microclimaestado de vegetación o del ganado, o de riego inteligente; todo ello de forma inalámbrica. La plataforma ofrece así, a un concepto abierto en el que se pueden ir sumando “módulos” para incluir nuevas capacidades, nuevas fuentes de datos o nuevos métodos de análisis.

Se trata de medir para aprovechar al máximo toda la información generada por la parcela y por sus vehículos, de modo que cada elemento de una explotación (tractor, sistema de riego, cosechadora, etc.) se beneficie de los datos proporcionados por el resto del sistema y pueda adaptar su labor en función de las circunstancias, buscando la máxima rentabilidad para el agricultor.

Gestión de flota de vehículos agrícolas

Esta plataforma web nace de la evolución de un sistema de gestión de vehículos agrícolas avanzado en el ámbito académico indicado para:



Figura 1 Recorrido de tractor con vibrador de troncos cosechando en olivar y conteo automático del número de total de árboles y el tiempo dedicado a cada uno de ellos para una jornada de trabajo.

1) **La optimización del uso de vehículos agrícolas y aperos:** recorridos y rutas, tiempos de trabajo, maniobra, transporte, superficies, rendimientos, consumos de combustibles u otros insumos, y todo desglosado por parcelas y tipos de actividad (**figura 1**). Este módulo de la aplicación, permite al usuario, con los sensores adecuados instalados en los vehículos, obtener informes o gráficas donde se evalúa la productividad de la flota y se detalla la actividad por separado de cada vehículo, aspectos capitales en la gestión adecuada de un conjunto de maquinaria agrícola. Usando esta información, el empresario agrícola podrá tomar decisiones más precisas para la organización, seguridad y sostenibilidad de su flota de vehículos en el contexto de una explotación agroforestal o de una empresa de servicios. Además, pueden configurarse diversos tipos de alarmas para monitorizar en tiempo real situaciones no deseadas, o para optimizar las labores de mantenimiento.

2) **El envío en tiempo real y remotamente de la información obtenida** por los vehículos en sus diferentes tareas, mediante redes móviles GPRS/3G.

3) **La aplicación de insumos basado en necesidades reales (figura 2)**, poniendo al alcance del usuario las técnicas más avanzadas en el campo de la distribución variable. La información recogida por sensores de suelo, cultivo, drones, satélite o incluso la misma información de los sistemas GPS incluidos hoy en día en cualquier tractor o apero moderno, pueden visualizarse en la aplicación. Esta solución web incluye un Sistema de Información Geográfica (GIS) y las herramientas necesarias para procesar dichos datos y obtener información valiosa.

4) **Ser una solución integral de manejo basada en web.** El objetivo es aglutinar todos los datos referentes a cada parcela y procurar que estén centralizados, permanentemente actualizados y en un formato homogéneo. Esto evita engorrosos trasiegos de datos y el uso de herramientas y dispositivos poco eficientes para tales fines (fotos, documentos de texto, pdfs, emails, Dropbox, etc.)

5) **Ser una herramienta colaborativa.** Se pretende mejorar la interacción entre el agricultor, sociedad gestora y empresas de servicios agrícolas. La información podrá ser compartida entre diferentes usuarios, con el fin de facilitar el acceso a los datos relevantes de la explotación por cada uno de los roles mencionados. Todo ello sin perjudicar la privacidad de la información contenida en el sistema, ya que el usuario decidirá qué datos deben compartirse, a quién y durante cuánto tiempo, y cuáles otros permanecerán privados.



Figura 2. Ilustración de un pulverizador inteligente aplicando de forma localizada en los lugares donde el dron detectó mala hierba en campo.

6) **La emisión y creación del cuaderno de explotación (cuaderno de campo):** cuaderno de fertilización (para zonas vulnerables), cuaderno de fertirrigación, cuaderno de ayudas agroambientales y cuaderno de producción integrada. Por supuesto, los datos recogidos de las máquinas y sensores, se ordenan automáticamente y el software ayuda al agricultor en otras tareas como la de mantener actualizado y en tiempo real, las entradas que se van añadiendo al cuaderno de campo. Para estar al día de la distinta y cambiante normativa que guarda al uso de fitosanitarios, fertilizantes y zonas vulnerables, AgroPlanning

colabora con AgrosLab, asistente inteligente para la confección del Cuaderno de Explotación y el Asesoramiento en Gestión Integrada de Plagas, la herramienta más potente del mercado para tales fines que ya usan miles de agricultores en toda España.

7) **Aglutinar un amplio espectro de usuarios.** La herramienta está diseñada con una interfaz de usuario muy sencilla e intuitiva. Esto permite a usuarios menos familiarizados con estas tecnologías el poder visualizar la información más relevante sin ningún esfuerzo, mientras que para los más avanzados, la aplicación ofrece la posibilidad de ir adentrándose en funciones más profesionales.

Son muchos los bloques que dan forma a un sistema como este:

- **Hardware del equipo embarcado en vehículo.** Se trata de un microcontrolador encargado de la gestión de los sensores y un módulo de comunicación de bajo consumo de energía, capaces de mantener la información almacenada incluso con el dispositivo completamente desconectado de cualquier fuente de alimentación. El receptor GPS utilizado proporciona mensajes según el protocolo NMEA 0183 a intervalos de tiempo configurables y está conectado al microcontrolador mediante un puerto bidireccional serie RS-232 por donde recibe/envía datos. Las comunicaciones remotas con la nube se realizan a través de un módulo terminal GPRS/3G de doble banda diseñado para uso industrial. Todos los módulos se alojan bajo un mismo encapsulado de dimensiones similares a las de una caja de cigarrillos.

- **Software del equipo embarcado.** El programa está dividido en dos bloques, un bloque de adquisición de datos y un bloque de comunicación con el servidor en la nube. El primero de ellos se activa automáticamente cuando se pone en marcha el vehículo con la llave de contacto. En esta situación, tanto el microprocesador como sus periféricos se alimentan desde el sistema eléctrico del vehículo. Los mensajes que el GPS envía sirven para desencadenar la rutina de lectura de las entradas digitales y el almacenamiento del registro generado en la memoria. Puesto que el GPS envía mensajes a intervalos de 10 segundos, los registros tienen este período aunque se puede modificar fácilmente con sólo cambiar la configuración del GPS.

Los campos almacenados en cada registro incluyen la fecha y hora UTC, latitud, longitud, altitud, velocidad, rumbo y un total de 20 campos más con información del vehículo y autodiagnóstico del sistema. En cuanto al bloque de comunicaciones con el servidor, se realizan envíos de información, cola de registros, o tareas de mantenimiento, como la actualización del software del propio modem. Este bloque puede activarse tanto con el vehículo en marcha como cuando está en reposo, alimentándose en este último caso de sus propias baterías.

- **Aplicación para la visualización de las rutas.** Los datos recibidos desde el vehículo pueden visualizarse directamente en el SIG embebido en la aplicación web. Cada registro genera un punto cuyo aspecto puede ser diferente según el estado del vehículo en ese instante. Haciendo clic sobre cualquiera de esos puntos aparece un globo con la información asociada a ese punto, es decir, el contenido de todos los campos que componen el registro, excepto los de longitud y latitud que siempre pueden leerse en otras ventanas de la aplicación. Además permite conocer fácilmente dónde se encontraba el vehículo a una hora concreta y cuál era su estado de trabajo.

Con estas herramientas ya podría hacerse un análisis de las tareas realizadas por el vehículo en cuanto a parcelas visitadas, tiempos empleados, superficie trabajada y distancias recorridas en los desplazamientos, sin embargo esto exigiría un tiempo considerable. El usuario puede también lanzar un análisis automático del día de trabajo, donde aparece un informe, desglosado por parcelas trabajadas, informando de las horas de entrada y salida, tiempos, distancias y superficies de trabajo, productividades, etc.

- Además se han incorporado **herramientas para la evaluación de la flota en conjunto.** Se utilizan para ello gráficas sencillas que comparan datos agregados globales de los vehículos durante periodos configurables, último día, semana, mes, etc.

Cuaderno de campo avanzado

El objetivo de los agricultores que integran las técnicas de agricultura de precisión en sus explotaciones es aumentar la eficiencia en el conjunto de las etapas del cultivo, reduciendo costes y mejorando el rendimiento. La transición desde un modelo de gestión agrícola basado únicamente en la experiencia del agricultor a uno que aglutine dicha experiencia junto a los datos generados por los diferentes sensores y dispositivos montados a bordo del tractor constituye un objetivo que ya se está abordando por el sector.

La ayuda a la toma de decisiones continúa siendo un aspecto clave en la gestión agrícola y en la generación de valor, habiendo sido estudiado en los últimos años por numerosos autores (Sørensen *et al.*, 2010; S. Fountas *et al.*, 2014) los cuales argumentan que la clave de dicha toma de decisiones es comprender por qué los agricultores actúan de la forma en que lo hacen y gestionar las tareas que llevan a cabo.



Foto 1a. Nodo instalado en un olivar superintensivo usado para la programación de riegos de precisión.

En la actualidad existen empresas especializadas en el sector que ofrecen paquetes configurables de tecnologías que van desde software para campo y oficina a sistemas GPS de guiado automático, o los propios sistemas de gestión de flotas agrícolas. Sin embargo, es en el momento en el que se adoptan de forma conjunta estas tecnologías cuando empiezan a resultar realmente atractivas para el usuario.

Por ejemplo, la interconectividad que propone Agroplanning entre la información proveniente de las explotaciones (a través del cuaderno de campo) con la obtenida a partir de la flota de vehículos de la propia explotación, potencia de forma significativa una mayor precisión y acierto a la hora de tomar decisiones en campo.

La integración de un completo cuaderno de explotación en una plataforma en la nube como esta, permite al usuario generar y recopilar de forma eficaz la información sobre sus áreas de trabajo, mantener un registro de las actuaciones fitosanitarias, agronómicas y de labores que se vayan realizando a lo largo de los ciclos de cultivo, y al mismo tiempo, optimizar el resto de las gestiones que se tengan que realizar en su explotación.

Las posibilidades que ofrece la suma de diferentes servicios en una misma plataforma permite, por ejemplo, al técnico gestor de una explotación, generar un mapa de prescripción para la aplicación de fitosanitarios en el que se incluya, además de la información puntual recogida por los sensores distribuidos en campo, datos de los registros históricos de la misma actuación en parcela en años anteriores.

De esta forma, incorporando a los datos agronómicos información acerca de la maquinaria agrícola, y recomendaciones que vienen del cuaderno de campo (como pueden ser las limitaciones por el marco de actuación para el uso sostenible de fitosanitarios), AgroPlanning resulta una herramienta eficaz en tareas sensibles como pueden ser asegurar la trazabilidad de los productos o realizar aplicaciones con dosis variable en función del estado del cultivo, si se dispone de la maquinaria capaz de ello.

Por otro lado, conocer con precisión las rutas que ha seguido el tractor en la parcela para aplicar una determinada cantidad de insumo u obtener datos e información acerca de los rendimientos en la cosecha, pueden ser aspectos que repercutan en el consumo de insumos para las próximas campañas y por consiguiente en la elaboración del siguiente cuaderno de la explotación.

De esta manera, en la plataforma se genera un flujo de trabajo e información bidireccional (del cuaderno de campo al gestor de flotas y viceversa). Se pretende así crear un marco de trabajo en el cual el agricultor se sienta cómodo, facilitándole que trabaje desde una misma plataforma con varios servicios integrados en ella sin tener que “bucear” de forma complicada entre ellos, y haciéndolo de forma personalizada y en base a sus necesidades.

En definitiva, si se considera el cuaderno de campo como una herramienta beneficiosa para el técnico agrícola y no únicamente como un trámite obligatorio con la administración, la disponibilidad de la información que contiene, la inmediatez que se desprende del uso de esta plataforma, su integración con la gestión de los vehículos agrícolas y el resto de elementos de la plataforma como los datos recogidos in situ mediante sensores y los obtenidos a partir de mapas y teledetección, da lugar a un entorno modular dinámico en el que la gestión completa de la explotación se puede llevar a cabo de forma fácil, estructurada y efectiva.

Monitorización de suelo, planta y microclima

Si hay un elemento fundamental para la actividad agrícola ese es el suelo. Sin él no hay agricultura, y cuanto mejor conoce un agricultor el estado de su suelo, mejor puede trabajarlo y cuidarlo. Esta es la base sobre la que esta solución web comenzó a desarrollar su nuevo módulo para la monitorización de suelos, que permite contar con información detallada de humedad, temperatura y conductividad eléctrica (**foto 1**).

Este sistema se basa en un dispositivo de medición denominado nodo que agrupa tanto el conjunto de sensores como los elementos encargados de la conexión y la alimentación. El nodo cuenta con una placa base, una placa de conexión para cinco sensores y un módulo que recibe las señales y las transmite mediante una conexión GPRS de datos hasta los servidores de la compañía.



Foto 1b. Sensores colocados en el suelo para medir la temperatura, la humedad y la conductividad eléctrica.

El sistema cuenta con baterías y una placa solar que garantizan su total autonomía, y le permiten funcionar sin necesidad de ningún mantenimiento. El conjunto resulta muy eficiente energéticamente, ya que, aunque la toma de datos se realiza con una alta frecuencia (ej. 15 min), el equipo solo se conecta para transmitir sus datos cada cierto periodo de tiempo (ej. 30 min). Esto reduce enormemente el consumo y aumenta la vida útil de las baterías.

Una vez recibida la información procedente de los nodos repartidos por la parcela, los datos pueden ser analizados por el usuario a través de la interfaz web de la plataforma. El módulo desarrollado para la gestión de sensores de suelo permite a un gestor o a un agricultor conocer el estado puntual de un sustrato desde su ordenador o dispositivo móvil y también realizar un seguimiento de su evolución a lo largo del tiempo. Se trata de un servicio íntimamente ligado a la gestión del riego. Una vez identificados y definidos los principales indicadores clave de rendimiento (KPI por sus siglas en inglés) para nuestro cultivo y zona geográfica, AgroPlanning define ciertos umbrales para cada valor monitorizado, que al alcanzarse, lanzan una alerta al usuario para que pueda tomar una decisión informada sobre el riego.

De igual forma, el nodo podría ser configurado con sensores de grosor de tronco, flujo de savia o temperatura de hoja entre otros, para monitorizar el estado del cultivo, así como con sensores atmosféricos (temperatura del aire, humedad ambiente, velocidad y dirección del viento, etc.) para la caracterización del microclima de las parcelas.

Conclusión

Esta solución es un buen ejemplo de implementación inteligente del big data en la agricultura. Un sistema capaz de tomar y almacenar un gran volumen de datos para posteriormente procesarlos, analizarlos y finalmente ofrecer un informe y una recomendación capaz de mejorar el proceso productivo.

El siguiente reto que se plantea el equipo que ha desarrollado este sistema integrado es web es difundir de forma general entre los agentes del sector agroforestal, y en particular con aquellos que tengan vínculos con maquinaria agrícola (cooperativas, OPFH, empresas

de maquinaria, técnicos de explotaciones, asociaciones interprofesionales, etc.) y todos los interesados, las oportunidades que se desprenden de los resultados positivos de la utilización de un sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la gestión de maquinaria y explotaciones agroforestales, así como poner en conocimiento del sector los avances tecnológicos que el producto prototípico ha demostrado y proponer recomendaciones y asistencias para su implementación en la realidad empresarial del sector. n

Agradecimientos

Los autores agradecemos la financiación del proyecto Nacional “AGL2013-46343-R” y el proyecto Autonómico de Excelencia “P12-AGR_1227”. Esta financiación nos permite continuar investigando y trabajando en técnicas de agricultura de precisión, para contribuir al avance de sector agrícola en ámbito nacional y regional.

Bibliografía

- S. Fountas, G. Carli, C.G. Sørensen, Z. Tsiropoulos, C. Cavalaris, A. Vatsanidou, B. Liakos, M. Canavari, J. Wiebensohn, B. Tisserye. «Farm management information systems: Current situation and future perspectives.» *Computers and Electronics in Agriculture* 115 (2015) , 2015: 40-50.
- Sørensen, C.G., S. Fountas, E. Nash, L. Personen, D. Bochtis, y Søren Marcus Pedersen. «Conceptual model of a future farm management information system.» *Computers and Electronics in Agriculture* 72, 2010: 37-47.