



La evolución de la agricultura de precisión

C. VALERO

Universidad Politécnica de Madrid.

RESUMEN

La agricultura está sufriendo un profundo cambio por la aplicación de nuevas tecnologías que están cambiando el paradigma de la producción agrícola, con el uso de diferentes herramientas que conforman la agricultura digital y la agricultura de precisión. El productor actual ha de estar abierto al uso de estos nuevos instrumentos, que le permitirán modernizar su explotación y reducir costes.

Palabras clave: Agricultura de precisión, Agricultura digital, Datos agrícolas, Big data, Sensores.

ABSTRACT

The evolution of precision agriculture.

Agriculture is undergoing a deep change by the application of new technologies that are modifying the paradigm of agricultural production, with the use of different tools within the frames of digital agriculture and precision agriculture. The current producer must be open to the use of these new instruments, which will allow him to modernize his farm and to reduce costs.

Key words: Precision agriculture, Digital agriculture, Agricultural data, Big data, Sensors.

En el panorama agrario actual asistimos a una nueva revolución, del calibre de la introducción del tractor o del uso masivo de los herbicidas, pero en este caso protagonizado por la irrupción de las nuevas tecnologías en la producción agraria.

En este artículo vamos a intentar desgranar los factores de esta revolución, mostrar las diferencias entre la Agricultura de Precisión y la Agricultura Digital, e ilustrar con ejemplos concretos algunas aplicaciones de todas estas tecnologías emergentes.

¿Es lo mismo Agricultura de Precisión que Agricultura Digital?

Para responder a esta pregunta es necesario repasar las distintas etapas por las que ha pasado la agricultura hasta su estado actual. Varios autores coinciden en diferenciar hasta cinco etapas en la evolución de la agricultura, desde los inicios de la humanidad hasta nuestros días. Así, de acuerdo con la profesora Pilar Barreiro (2014), la agricultura ha pasado por las siguientes fases:

– **Agricultura 0.0:** fue la que se dio en los inicios de la civilización y se prolongó en un periodo largo, desde el Neolítico hasta la Edad Moderna. Estaba caracterizada principalmente por el uso de potencia humana o animal, pues es previa a la mecanización y a la 'revolución verde' (uso de variedades de alta productividad desde la década de 1960). No hay que olvidar que en algunas zonas del mundo todavía encontramos este nivel de agricultura.

– **Agricultura 1.0:** es la agricultura industrial, mecanizada, en la que se ha extendido el uso del tractor, las cosechadoras, los aperos y máquinas en general. Es una agricultura que ha perdido el concepto de autosuficiencia que tenía la anterior etapa, necesitando de una externaliza-

ción de *inputs* (energía, semilla, fertilizantes...). También se pierde el conocimiento detallado de cada finca, ya que los medios de producción se aplican de forma homogénea en toda la superficie de grandes extensiones, sin tener a veces en cuenta el impacto ambiental. A cambio, la productividad superficial aumenta notablemente, como ha sucedido en todas las partes del mundo en las que se ha introducido la mecanización y el uso masivo de fitosanitarios en los cultivos.

– **Agricultura 2.0:** en ella las máquinas incorporan elementos electrónicos y podemos hablar de una mecanización avanzada, en la que controlamos de forma precisa el trabajo en campo. Su evolución lleva a la Agricultura de Precisión (AP; desde principios de la década de 1990) gracias al uso generalizado del GPS, las ayudas al guiado de tractores, el control electrónico mediante ISOBUS, la dosificación variable de insumos (VRT), etc. También aparecen en este contexto las primeras aplicaciones del uso de satélites (o UAVs: aviones, drones) para la agricultura, y las redes de sensores inalámbricos (WSN) desplegadas en algunos cultivos. La idea detrás de la AP es recuperar la información detallada de las parcelas, y expresarla en mapas, para poder dar tratamientos diferenciales a distintas partes de la finca.

– **Agricultura 3.0:** es la Agricultura Digital propiamente dicha, y hace uso masivo de las tecnologías de la comunicación, la transferencia de datos mediante redes (internet, GSM...), el almacenamiento en la 'nube' y las aplicaciones para facilitar la captura de datos agrícolas a gran escala. Esta etapa va un paso más allá de la cartografía digital de las fincas y las tareas agrícolas, empleando de forma generalizada herramientas como los cuadernos digitales de explotación, los sistemas de gestión integral de explotaciones agrarias, o las plataformas de gestión de flotas para el trabajo en campo. Todo ello permite aplicar técnicas avanzadas de análisis de datos (*big data*, *machine learning*) para optimizar aún más los insumos empleados.

– **Agricultura 4.0:** en el futuro somos capaces de vislumbrar una agricultura configurada a modo de red permanente de intercambio de información, en el que todos los procesos en el campo y los actores agrarios estén en continuo

contacto a través de las redes, de forma similar a como lo están las diferentes máquinas dentro de una factoría avanzada, o a la hiperconectividad a la que ya nos estamos asomando con el despliegue de la *Internet of Things* (IoT) en nuestras ciudades. En este entorno, el tractor ya no será solamente una máquina trabajando en campo conectada a internet, sino parte de un complejo ecosistema digital conectado con múltiples sistemas de sistemas, de forma coordinada.

La agricultura española se encuentra, mayoritariamente, en la etapa industrial (2.0), con grandes extensiones de monocultivos mecanizados. A pesar de que la Agricultura de Precisión se empezó a desarrollar hace casi 20 años, su implantación en España es bastante escasa, por lo menos en lo que se refiere al uso de tecnologías de dosis variable (VRT) de fertilizantes o herbicidas. La única tecnología de AP que se ha extendido de forma notable es la ayuda al guiado de tractores y cosechadoras (*Foto 1*), con una tasa de implantación de hasta el 80% en algunas áreas de nuestra geografía. La razón es obvia: su coste es relativamente bajo y su uso implica mayor comodidad al tractorista, a la vez que supone ahorros de tiempo, gasóleo y reducción de sobrepesados durante el trabajo en campo.

Sin embargo, se está produciendo un hecho curioso entre la avanzadilla de los agricultores españoles: algunos están pasando de la agricultura industrial a la Agricultura Digital, sin haber hecho uso de las tecnologías de la AP. Son propietarios de fincas que han tomado la decisión de almacenar los datos de la explotación de forma informatizada (cuadernos digitales en la nube, *Foto 2*) y que hacen uso de software de gestión (mediante suscripción anual) para centralizar los datos de trabajo en campo, contables, de almacén, meteorológicos, etc. En muchos casos este salto a la gestión digitalizada viene influenciado por la burocracia de la PAC o los requerimientos legislativos actuales en la trazabilidad de los tratamientos fitosanitarios. Para estos nuevos 'agricultores digitales' no está clara la rentabilidad de tecnologías como la dosificación variable VRT en sus fincas, pero sí las ventajas de centralizar la información de la empresa agraria. Y no están equivocados.



VONDOZEB® GD



FUNGICIDA PARA FRUTAL:

- EFICAZ
- SEGURO
- POLIVALENTE
- FORMULADO DISPERSS®



FUNGICIDA AUTORIZADO EN:

- ALMENDRO
- FRUTALES DE HUESO
- FRUTALES DE PEPITA

Entre otros



EFICAZ CONTRA:

- MONILIA
- ROYA
- MANCHA OCRE
- MOTEADO
- SEPTORIOSIS

entre otras enfermedades



Foto 1. Los equipos de asistencia al guiado de tractores y cosechadoras ya son una realidad habitual en el agro español, debido a la comodidad y los ahorros que generan.

Puede parecer paradójico que, también paralelamente a la adopción de estas nuevas tecnologías, otros agricultores abracen formas de producción que pueden sonar a vuelta al pasado, como la agricultura ecológica (orgánica), sistemas de mínimo laboreo o la agricultura de conservación. Sin embargo, muchos estudios actuales demuestran que, precisamente, la reducción en el uso indiscriminado de insumos agrarios para favorecer una mayor biodiversidad en el campo es la clave para favorecer la sostenibilidad agraria en el futuro, y vendrá de la mano de las enormes posibilidades de captar/analizar información que nos ofrecen la Agricultura de Precisión y Agricultura Digital.

La evolución de la AP desde la óptica de los dispositivos

Sin duda los elementos que más han marcado la diferencia en el uso de las nuevas tecnologías aplicadas a la maquinaria agrícola han sido los equipos electrónicos que se han ido incorporando en ella, como las diversas pantallas, teclados y sensores. Revisando la documentación que algunos de sus fabricantes ofrecen sobre los equipos que han desarrollado a lo largo de su existencia comercial, resulta curioso ver las fechas en las que se comercializaban los diferentes dispositivos:

- Sensor de productividad superficial: a comienzos de la década de los 90 algunos ingenieros se dieron cuenta de que registrar la produc-

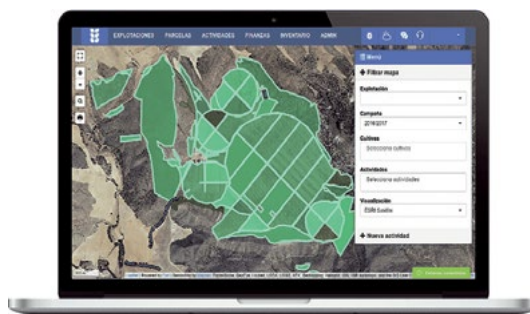


Foto 2. Los cuadernos de explotación digitales son una herramienta útil para facilitar la gestión diaria y contable de una finca (fuente: Cropti).

ción de grano metro a metro según se cosechaba era la clave del éxito para mejorar al año siguiente. Lamentablemente, los sensores para registrar la producción de otros tipos de cultivos (como los frutales) todavía se hacen esperar a fecha actual.

- GPS: inmediatamente otro dispositivo se hizo indispensable, el geolocalizador o antena GNSS (*global navigation satellite system*), para poder hacer casar cada dato de producción con un dato de situación en la parcela. Por entonces los sistemas americano y ruso de GPS estaban en pleno uso militar, pero afortunadamente en el año 2001 se liberalizaron para uso civil.

- Programas de gestión de datos: el almacenamiento de datos por sí mismo no es útil si no se pueden representar y estudiar; a principios de la



Foto 3. Los sensores para la caracterización del suelo ayudan a crear mapas de la variabilidad espacial del suelo, útiles para entender diferencias en la producción dentro de una parcela (fuente: AAMS Ibérica).

década del 2000 surgieron los primeros *software* de gestión de mapas, para que cada agricultor pudiera crear los suyos y analizarlos.

- También en esta época aparecen los primeros sistemas de ayuda al guiado, mediante lucécitas verdes/rojas que indican la dirección a seguir.

- Alrededor del año 2005 surgen las primeras pantallas a color y los sistemas de guiado evolucionan hacia dispositivos integrados en la dirección hidráulica del tractor, o hacia sistemas eléctricos.

- Aunque la dosificación variable de abonos o herbicidas había sido teorizada ampliamente por científicos por entonces, las compañías fabricantes de maquinaria tardaron en empezar a ofrecer modelos capaces de variar la cantidad de semilla, abono o herbicida sobre la marcha. Los primeros equipos electrónicos capaces de gobernar estas máquinas hacían tareas más sencillas, como la apertura o cierre de tramos de su anchura de trabajo.

- Estandarización: a pesar de que la normativa ISO 11783 había sido desarrollada desde el año 1995 para armonizar la electrónica en la maquinaria agrícola, no fue hasta la década de 2010 cuando se empezó a ver de forma generalizada el estándar ISOBUS en tractores y maquinaria; ello facilitó en gran medida la implementación de muchas de las posibilidades de la AP y acercó su uso al público en general.

- Sensores avanzados: aunque desde el principio de la AP estuvo claro que tener más información (captada por sensores) es tener más poder de

decisión, en la segunda mitad de la década de 2010 se comercializan sensores más avanzados, como cámaras multispectrales de bajo coste que pueden volar a bordo de drones, o sensores de suelo (Foto 3), o micro-estaciones meteorológicas. La cantidad de información captada del cultivo, el suelo, la maquinaria... crece exponencialmente.

- Actualmente los fabricantes de equipos electrónicos para la agricultura están poniendo el acento en la conectividad y el acceso a internet. Todos los datos pueden ser volcados instantáneamente a la red, e incluso procesados mediante algoritmos en la nube para dar recomendaciones rápidas al agricultor.

La telemetría

Otra área que ha evolucionado notablemente es la gestión remota de flotas de máquinas. Hoy en día muchos tractores de gama alta y cosechadoras llevan incorporados módulos de comunicación (mediante tecnología GPRS normalmente y con GPS integrado) para poder localizar el punto exacto en el que se encuentra el tractor en cada momento.

Originalmente, las casas comerciales ofrecieron estos dispositivos y la aplicación web en la que se centraliza la información presentándolos como simples contabilizadores de horas de trabajo o para establecer alertas en cuanto a la posición de una determinada máquina (si el GPS me indica que está fuera de cierto perímetro de seguridad, a una hora extraña, posiblemente están robando el tractor). Sin embargo el poten-



Foto 4. Los modernos sistemas de riego permiten variar la dosis en cada sector y en cada boquilla, según las necesidades hídricas registradas por sensores en suelo o a bordo de drones.

cial de estos sistemas de telemetría va mucho más allá y está evolucionando, rápidamente, con aplicaciones como:

- Registro de datos detallados del motor, como consumos, régimen, caja de cambios, conexiones hidráulicas, etc. La integración de estos datos con los más evidentes sobre tiempos de trabajo o superficie trabajada permiten aplicar algoritmos avanzados en análisis de datos que calculen de forma precisa la eficiencia de cada trabajo en campo y puedan dar recomendaciones en tiempo real al tractorista y al gestor de cada máquina.

- Igualmente la comunicación entre varias máquinas permite optimizar tareas coordinadas. Hace pocos años varios fabricantes de maquinaria mostraron desarrollos comerciales en los que dos tractores se comunicaban para colaborar (uno iba sin tractorista, y replicaba en campo lo que le ordenaba el otro), o un tractor con una cosechadora (que colaboran para que el proceso de descarga sin parar sea más eficiente). Sin embargo la telemetría de flotas puede ir mucho más allá. Imaginemos una explotación leñosa en la que un par de cosechadoras tienen que sincronizarse con varios remolques y camiones para acarrear el fruto hasta la industria. El análisis conjunto de la información de cada máquina de esta compleja cadena de recolección es muy útil para optimizar viajes de transporte y tiempos de descarga, y los algoritmos para hacerlo posible están en desarrollo.

– Es obvio que la telemetría no sólo tiene ventajas del lado del usuario, sino también del fabricante: tener en cada máquina que trabaja en campo un sistema que registra su funcionamiento es una poderosa herramienta para realizar seguimiento, predicción de fallos y mantenimiento predictivo, lo cual redundará a su vez en un mejor servicio al cliente (“es probable que una pieza de su motor falle en el próximo mes; le enviamos la pieza y un técnico para su sustitución”; o incluso: “pare y no toque el volante, vamos a actualizar telemáticamente el *software* de la centralita electrónica de su tractor”).

Riego de precisión

La gestión remota de riegos es una realidad desde hace muchas décadas, pero el riego de precisión busca ir un paso más allá, modulando el aporte de agua en cada zona de una parcela gracias a la integración de mucha información procedente de las condiciones climáticas locales, de las variaciones del suelo en distintos puntos de la explotación, del estado real del cultivo gracias a sensores en campo y a simulaciones de su crecimiento, etc. Los modernos sistemas de riego son capaces de variar el caudal localmente (en cada boquilla del aspersor, o en cada ramal de goteros) y de forma dinámica, para responder a cambios rápidamente (Foto 4).

Incluso hay proyectos de investigación en curso que combinan el uso de UAVs (drones), robots y riego de precisión. La Universidad de Califor-

gama **Lanzadera**[®]

LLUVIA DE MICRONUTRIENTES PARA TUS CULTIVOS

PAQUITO NAVARRO
JUGADOR PROFESIONAL DE PÁDEL
TOP 10 RANKING MUNDIAL



Síguenos en:



AGROMÉTODOS

C/ Dublin, 1 (Edificio Sevilla) • 28232 LAS ROZAS (Madrid)
Tel. 91 352 43 96 • Fax 91 352 40 70
agrometodos@agrometodos.com • www.agrometodos.com





Foto 5. Las redes WSN no sólo sirven para registrar datos microclimáticos o del cultivo, sino para predecir el ataque de enfermedades y ahorrar en fitosanitarios (fuente: TAMIC).

nia tiene en marcha el proyecto “RAPID” (*robot assisted precision irrigation delivery*) en el que los drones vuelan sobre las fincas para tomar imágenes de las que extraer el índice de estrés hídrico del cultivo. Posteriormente envían esta información a pequeños robots móviles que se encargarán de ir recorriendo la parcela para abrir o cerrar cada microaspersor y optimizar de ese modo el uso del agua.

Redes de sensores

Las redes de sensores inalámbricas (WSN, *wireless sensor networks*) en campo también se han constituido en una poderosa herramienta que evoluciona rápidamente. En origen se trataba de pequeñas estaciones meteorológicas, pero están sufriendo dos evoluciones paralelas. La primera es la de la sensórica: tener en campo una caja electrónica (nodo, o mota) que registra datos es muy interesante, y por ello cada vez es mayor el número y tipo de sensores que le podemos conectar, para almacenar datos del



Foto 6. La robótica agrícola está muy cercana y es sólo cuestión de tiempo ver segadoras totalmente autónomas como ésta funcionar en nuestros campos (fuente: AAMS Ibérica).

suelo, de la planta, del clima, de las plagas... Por otro lado, estos nodos son capaces de comunicarse entre sí y con redes mayores (móviles, internet) y la segunda evolución está viniendo de la mano de las aplicaciones *online*, en la nube, que integran toda la información recibida y la convierten en recomendaciones útiles para el agricultor en tiempo real, sobre el estado hídrico, nutricional, desarrollo vegetativo o posibles problemas encampo.

Precisamente una de las aplicaciones de las WSN más sorprendentes y útiles que estamos viendo en las últimas décadas es la predicción de plagas (Foto 5). El uso de nodos con sensores microclimáticos en viñedos, asociado a unos potentes algoritmos de análisis de datos, que integran un profundo conocimiento científico de las plagas, permite predecir el momento exacto de ataque de enfermedades como el mildiu o el oídio, y reducir el número de tratamientos (preventivos) de 10–15 a sólo 2–3 tratamientos realmente eficaces, con su consiguiente ahorro.

Conclusión

Podríamos alargar este artículo con muchos más ejemplos de aplicación de las nuevas tecnologías al ámbito agrario, pero en general todas comparten unas líneas comunes en su planteamiento y evolución:

- El uso de sensores avanzados (instalados en campo, o a bordo de máquinas, o volando en drones) nos permite captar gran cantidad de información

– Las tecnologías de comunicación y las aplicaciones en la nube han abierto el mundo digital a la agricultura, y permiten integrar y gestionar dicha información de forma eficaz

– La automatización en la maquinaria, o en algunos casos la robótica (hay ya equipos comerciales que eliminan malas hierbas de forma autónoma, o recogen hortalizas en invernaderos) permiten racionalizar las tareas agrícolas y ser más respetuosos medioambientalmente.

Sin embargo en el momento actual el agricultor que ya usa de estas avanzadas tecnologías está demandando algo más: inteligencia integrada en estos nuevos sistemas. Todas estas tecnologías necesitan un cemento que las una, una trama que las interconecte, e irremediablemente la solución ha de venir de la mano del análisis de datos. De poco sirve almacenar gran cantidad de información si no sabemos qué hacer con ella. Las empresas lo saben y se está poniendo mucho esfuerzo en desarrollar algoritmos, sistemas automatizados de análisis (llamémoslo

big data, o *machine learning*, o inteligencia artificial...) que permitan extraer información realmente útil para que el agricultor tome mejores decisiones agrícolas y comerciales. Dada la rápida evolución de las nuevas tecnologías, y el interés monetario que grandes corporaciones internacionales tienen en los datos agrarios, no tardaremos mucho en ver su aplicación en nuestros campos. Sólo se necesita que todos los actores implicados en esta revolución nos pongamos a trabajar juntos en la misma dirección. •

Bibliografía

BARREIRO ELORZA, P. (2014). Qué se espera de la agricultura digital. *Vida Rural*.

Project "RAPID". USDA funded. Visitado feb-2019: <https://news.ucmerced.edu/news/2016/robots-and-people-working-together-save-water-and-enhance-agriculture>

Documentación AgLeader www.agleader.com y AAMS Ibérica <http://www.aams-iberica.com/>

Documentación TAMIC www.tamic.es

Documentación Cropti www.cropti.com

VIMAR EQUIPOS SL



- NEBULIZADORES
- ATOMIZADORES
- TRITURADORAS
- PREPADORAS
- EQUIPOS HERBICIDA BAJO VOLUMEN
- ESPARCIDORES COMPOST
- EQUIPAMOS FINCAS LLAVE EN MANO
- ASESORAMOS

