

**Correcciones  
diferenciales para  
su uso en la  
agricultura de  
precisión**

**Reducción del uso  
de agroquímicos  
en cultivos  
mediterráneos**

**El manejo de avena  
loca mediante  
técnicas de  
agricultura de  
precisión**

**Viticultura de  
precisión,  
integración de  
sensores en  
vendimiadoras**

## ¿Tiene futuro en España la agricultura del mañana?

A veces parece que la agricultura de precisión es ese sueño dorado del futuro agrícola que nunca termina de llegar. En este artículo vamos a intentar contestar a algunas preguntas: ¿Es futuro o presente? ¿Realmente se usa? ¿Cómo puede evolucionar? En España, por el momento, el agricultor se ha lanzado a comprar sistemas de guiado y autoguiado, pero existen muchas otras utilidades que la agricultura de precisión ofrece, aplicables a cultivos con mayores márgenes de beneficios que el cereal, como pueden ser las hortalizas, los frutales o la olivicultura moderna.

Constantino Valero. Universidad Politécnica de Madrid.

**Y**a se ha escrito mucho sobre la agricultura de precisión (AP), tanto en otros países como en España, y con gran calidad científica y técnica. Sin embargo, todavía a veces pasamos un rato divertido cuando algún conocido nos dice aquello de: «¡Ah, sí! Lo de la agricultura de precisión es conseguir que todas las manzanas tengan 14 cm de diámetro». Si eso llegara a conseguirse en el futuro, dudo que tuviera mucho éxito comercial

(¡que horror comprar frutas exactamente iguales!), pero de cualquier forma no tiene nada que ver con la AP.

Las dos ideas fundamentales de la AP no son nada nuevo:

1. Si cada parte de una parcela crece de forma diferente ¿por qué darle el mismo abono, riego, etc., a todo?
2. Si existen máquinas y tecnologías modernas ¿por qué no hacerlo de forma automática?

Lo que es más novedoso es juntar todas las piezas de las tecnologías de AP que al final salga un puzzle rentable y que funcione. Los componentes necesarios están perfectamente disponibles y se pueden adquirir sin problemas. Los nuevos tractores de gama alta incluyen líneas de comunicación digital para conectar componentes electrónicos (Isobus) y ofrecen como opción varios niveles de autoguiado. Las cosechadoras hace tiempo que incluyen sensores de pérdidas, monitores electrónicos y la opción de integrar un sensor de rendimiento y humedad. Los GPS básicos se regalan con los cupones del periódico y los más avanzados, RTK, necesarios para algunas tareas agrícolas, han bajado sustancialmente de precio. Es posible adquirir un ordenador personal y los programas necesarios para llevar la gestión de las fincas pidiendo un crédito a coste cero al Ministerio. Comprar o adaptar un pulverizador o la sembradora para aplicar dosis variable es también una realidad ya. Tomar fotos aéreas de las fincas o por satélite es también perfectamente posible, aunque su coste no está al alcance de todos.

Las dudas son otras: si lo compramos, ¿al enchufarlo todo funcionará? ¿Sabremos hacer buen uso de ello? La respuesta a la primera pregunta pasa por el esfuerzo común de la estandarización. Hoy por hoy, o le compramos el equipo completo a una empresa especializada o a un fabricante de prestigio o, de lo contrario, si intentamos montar el sistema por partes sin unos buenos conocimientos sobre el tema, tenemos muchas papeletas para que el resultado final sea que el GPS y la sembradora no se entienden con el tractor o la cosechadora. Es loable el trabajo (rápido, muy rápido) que están haciendo muchos fabricantes para adaptar sus tecnologías a los estándares (como Isobus) para que todo funcione sin sobresaltos. Sin embargo, la propia normativa deja libertad a cada empresa para personalizar los parámetros de funcionamiento de su dispositivo y protegerlo así de la competencia.

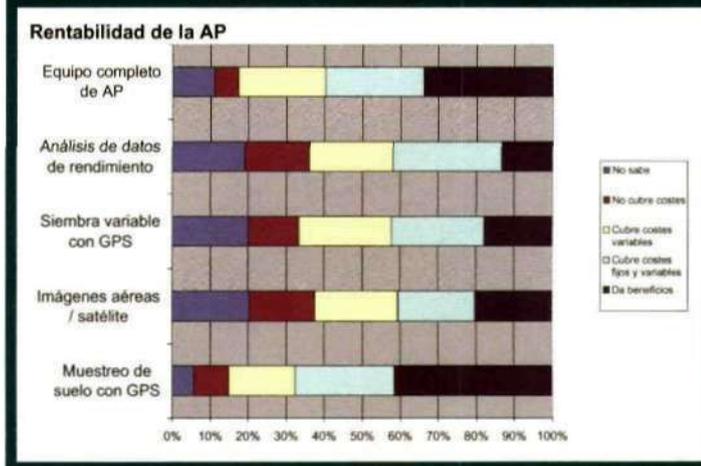
En cuanto a la segunda pregunta, hay dos temas que discutir. Normalmente los agricultores saben lo que quieren y lo que necesitan, pero agradecen un buen asesoramiento técnico que les oriente en las posibilidades ofrecidas por el mercado actual y que les ayude a hacer números antes de acometer la inversión. Son útiles los cursos de actualización de conocimientos dirigidos tanto a los empresarios agrícolas como a los propios técnicos y están empezando a ser ofrecidos por empresas y universidades. Por otro lado, para sacar todo el jugo a los equipos y tecnologías, resulta imprescindible que el usuario se vea acompañado a lo largo de los años por técnicos que le asesoren y le ayuden a tomar las decisiones agronómicas en sus fincas, con sus problemas. Pocas grandes corporaciones están preparadas a día de hoy para ofrecer este servicio y es una buena oportunidad para que pequeñas empresas llenen el hueco que las grandes puedan dejar libre.

## ¿Una única agricultura de precisión?

No han pasado tantos años desde que la agricultura de precisión se empezó a usar, allá por los años noventa en Estados Unidos, y ya se está dejando de hablar de una "única agricultura de precisión".

## FIGURA 1.

El empleo de técnicas de AP en EE.UU. continúa creciendo, especialmente los tratamientos con dosis variable (adaptado de Whipker y Akridge).



Tradicionalmente, el concepto de AP se asocia con las grandes extensiones cerealistas americanas o australianas y con una cosechadora de grano capaz de hacer mapas de rendimiento. Estos fueron los comienzos y así se sigue empleando en muchos países, pero no es la única forma de usar las tecnologías que la AP aporta al agricultor.

En nuestras latitudes puede tener mucho más sentido la horticultura de precisión, dada nuestra temprana cosecha y los mayores márgenes de beneficios respecto al cereal. Sembrar o transplantar hortalizas con menores tasas de error, abonar de forma estrictamente localizada o ahorrar en fitosanitarios son motivos suficientes para hacer números y llevarlo a la práctica. El sector de la remolacha, aunque "tocado" por las recientes reformas y cambios empresariales, necesita aumentar su rentabilidad y reducir costes; la AP puede aportar algunas soluciones.

Para el fruticultor, las presiones llegan de muchos frentes: el comprador y las autoridades exigen producción controlada y garantías sanitarias, el consumidor final no encuentra ese "sabor a huerto" en las frutas que come y su propio bolsillo le pide mejorar su economía. La fruticultura de precisión también tiene cosas que ofrecer: posibilidad de realizar mapas de producción con la cantidad que da cada árbol a lo largo de los años; mapas de contenido en azúcares o acidez del fruto para ajustar abonado y riegos en años sucesivos (incluso hay equipos que confeccionan mapas en tres dimensiones de la densidad del arbolado para dosificar con precisión los tratamientos). Igualmente, la olivicultura de precisión y la citricultura de precisión son casos particulares de la AP.

Hace años que el sector del vino descubrió las posibilidades de la viticultura de precisión. Poder saber desde la oficina si las cepas están creciendo según lo esperado, si las bayas maduran o si necesitan riego, gracias a sensores localizados en el campo, proporciona una capacidad de control nunca antes vista. Las vendimiadoras se están armando con sensores y monitores para crear mapas de rendimiento y la coordinación de la recolección con la bodega es inmediata. Otro paso más allá será la recogida selectiva para elaborar vinos sólo con los racimos de mayor calidad.

Tampoco hay que desdeñar las ventajas que la informática asociada a la AP ofrece para ayudar a la mejor gestión agrícola. Tener un registro de las operaciones realizadas en todas las fincas

de una explotación durante años es útil: ayuda a hacer balance económico, a demostrar unas buenas prácticas agrícolas y a aquilatar los recursos de mano de obra y maquinaria. De igual modo, un pequeño ordenador de mano y un GPS son herramientas valiosas para un técnico en seguros agrarios que haga valoraciones en campo.

También se habla de AP especializada según las tareas agrícolas. La lucha contra malas hierbas usando alta tecnología ha dado paso a la malherbología de precisión. Dentro de pocos años podremos tratar no sólo las zonas afectadas, sino reconocer con cámaras hierbas individuales y extirparlas con métodos casi quirúrgicos. También es destacable el auge que está teniendo el riego de precisión aplicado a sistemas de riego con control por zonas, como puede ser un pivot. La combinación de datos del suelo, clima, estado de desarrollo de la planta y rendimiento de cosechas anteriores permite dosificar con exactitud el riego e incluso la fertirrigación en regiones donde se permite esta práctica.

## ¿Cuánto se usa?

No es fácil contestar esta pregunta, ya que no se han hecho muchos estudios al respecto. Uno de los centros que más tiempo lleva realizando encuestas a agricultores y fabricantes de equipos de AP es la Universidad de Purdue. En la encuesta de 2005, los autores, Linda Whipker y Jay Akridge, llegan a interesantes conclusiones después de diez años de uso de la AP en EE.UU.

De 390 encuestados usuarios de AP, el 70% eran propietarios y cooperativas y el resto, empresas de servicios y fabricantes que ofrecen servicios de AP. En cuanto a las fincas, la mitad son explotaciones de entre 200 y 400 ha, un 30% de más de 400 y el resto de menor tamaño.

Las empresas que dan servicios relacionados con la AP ofrecen principalmente la aplicación de abonos, fitosanitarios y siembra con dosis variables. Además, la mitad de las veces que realizan el tratamiento emplean también sistemas GPS de ayuda al guiado, aunque todavía el uso de guiado totalmente automático es muy reducido.

Si se estudia el tiempo dedicado a las distintas tareas relacionadas con la AP (figura 1), las aplicaciones de tratamientos con dosis variable son la dedicación principal de la mayoría de los encuestados, seguidas por las ayudas al guiado y los mapas de rendimiento. Sin embargo, no deja de sorprender el empleo (reducido) de otras tecnologías más avanzadas, como la teledetección o los

mapas de conductividad eléctrica del suelo.

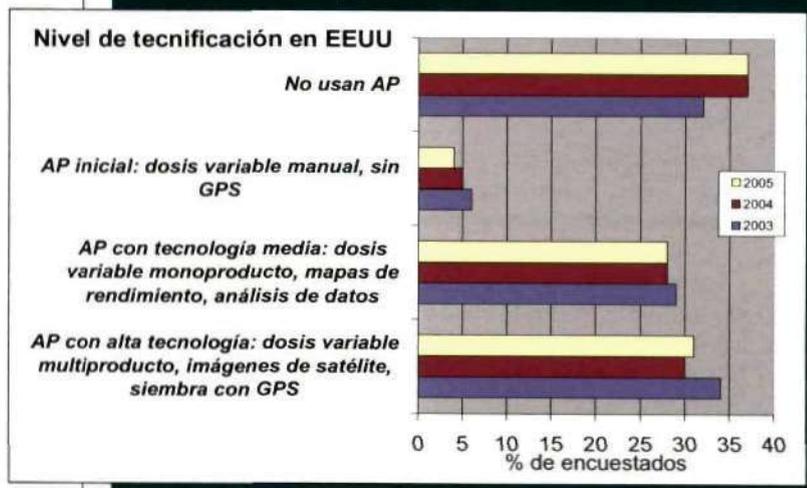
El nivel de tecnificación de los agricultores que usan la AP es sorprendentemente alto. Da la impresión de que, una vez que han probado las posibilidades de los equipos más sencillos, la adopción de tecnologías más avanzadas no supone problema para ellos (figura 2).

El coste medio de las diferentes tareas de AP no ha cambiado mucho en diez años; en EE.UU. oscila entre los 13 €/ha para aplicaciones con dosis variable de varios productos a la vez, a 1,5 €/ha de un análisis de datos en el ordenador (figura 3). Cuando se pregunta al usuario si cree que es rentable, casi un 40% de los encuestados aseguran que el equipo completo de AP genera beneficios (figura 4). Considerando todos los resultados de esta encuesta en general, parece evidente que un buen número de agricultores le están encontrando utilidad y rentabilidad a las técnicas de AP, al menos en EE.UU.

Para traducir las cifras norteamericanas a los usos europeos, hay que acudir a estudios como los realizados en Dinamarca por Pedersen, Fountas y colaboradores, en 2001, 2002 y 2003. De sus datos se desprende que ya hay unos cuatrocientos agricultores en Dinamarca que usan técnicas de AP, si bien sólo diez pueden ser considerados capaces de aplicar múltiples tecnologías a la vez. La superficie media de la explotación supera las 200

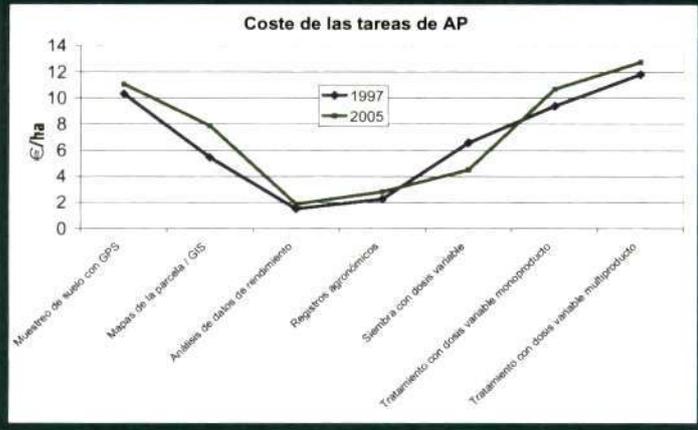
## FIGURA 2.

Es destacable que el nivel de tecnificación de los usuarios de AP es alto (adaptado de Whipker y Akridge).



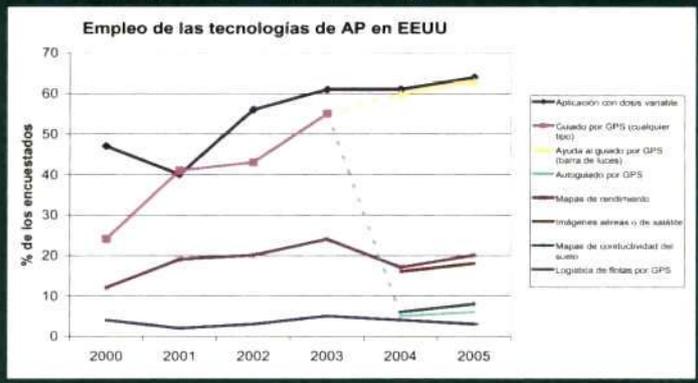
### FIGURA 3.

El coste de emplear las técnicas de AP no ha variado mucho en diez años (adaptado de Whipker y Akridge).



### FIGURA 4.

Cuando se les pregunta por el resultado económico, los agricultores norteamericanos se muestran optimistas: cubren costes y generan beneficios (adaptado de Whipker y Akridge).



ha, y los cultivos a los que se aplica son los cereales, pero también la remolacha, patatas, guisantes, pradera y otros.

La mayoría de estos agricultores daneses poseen sus propias cosechadoras con monitor de rendimiento y luego piden a empresas especializadas que les ayuden con el análisis de datos o con los tratamientos.

La utilización de herbicidas aplicados en dosis variable es, de lejos, la actividad más rentable según este estudio. Se pueden conseguir ahorros de entre el 50 y el 70% de producto, con el consiguiente beneficio económico y medioambiental. Otra actividad llevada a cabo frecuentemente por los agricultores entrevistados es la aplicación variable de nitrógeno, que también se muestra rentable para sus condiciones de cultivo. Otras técnicas, como las fotografías aéreas, presentan dificultades para su aplicación en ese clima (cuando hay nubes la información es defectuosa), y los mapas de conductividad eléctrica tampoco han dado resultados concluyentes. En resumen, los daneses llevan unos cuantos años haciendo los deberes y le están sacando buena parte del potencial a la AP según sus necesidades y particularidades. Casi medio centenar de usuarios para un país de tamaño reducido no es desdeñable en absoluto.

En otra parte de su estudio, los autores daneses comparan

los equipos y usos de los agricultores en EE.UU. y Dinamarca. En general, el empleo de la AP en ambos países es muy similar, lo cual deja atrás la creencia de que Europa está atrasada en AP. Es más, los daneses son más dados a comprar muchos equipos de AP y usarlos ellos mismos, mientras que los norteamericanos los alquilan o pagan a empresas para que les hagan el servicio.

### Dificultades de uso

También en ambos países los usuarios se encuentran con las mismas dificultades al emplear la AP:

- Falta de conocimientos técnicos (electrónicos) para operar o ajustar los equipos.
- Falta de experiencia informática. Excesiva complicación en los programas necesarios.
- No es fácil tomar decisiones sobre los datos obtenidos. El caso típico es que un mal mapa de rendimiento puede generar más preguntas que respuestas, mientras que un buen mapa de suelo es más fácil de interpretar.
- La AP requiere un tiempo adicional que en ocasiones no tiene el agricultor.

Curiosamente, los usuarios no se quejan del precio o de que las tecnologías sean muy avanzadas. Lo que piden es ayuda para su uso y que realmente funcionen.

### En España ¿es presente o futuro?

Francamente, en nuestro país cuesta vender una cosechadora de cereal con el equipo completo de AP instalado de fábrica. ¿Cuántas se han vendido? Aun a riesgo de equivocarme, no creo que muchas más de diez o quince. ¿Cuántas se usan en realidad? A eso ya no se puede responder fácilmente. Quizá es pronto para hacer en España encuestas como las de EE.UU. o Dinamarca. Pero quizá volvemos a caer otra vez en el tópico: ¿qué sentido tiene meter con calzador la AP típica cerealista en nuestro país, con rendimientos medios del cereal rondando los 1.500 kg/ha? Tiene mucho más sentido adaptar la tecnología y hacerla útil para otros cultivos, como decíamos al principio del artículo como hortalizas, viñedo, olivo, etc. Así se está haciendo, tanto por iniciativa privada como en centros de investigación, y habrá que esperar un poco para que se vean resultados en el campo.

Sin embargo, el agricultor español ya ha visto una pieza del puzzle de la AP que le puede ser útil y se ha lanzado a comprarla: los sistemas de ayuda al guiado y autoguiado. Realmente han supuesto una revolución comercial y se han moviliado grandes fabricantes y pequeñas empresas para ofrecer productos a la medida de cada cliente. Puede que haya llegado el momento de empezar con las encuestas a los agricultores de nuestro país para poder hacer públicos en unos meses resultados sobre si han encontrado la utilidad que esperaban en los equipos de guiado.

## Bibliografía

2005 precision agricultural services dealership survey results. L. Whipker y J. Akridge. Staff Paper No. 05-11. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Purdue. Septiembre, 2005.

Systems Analysis of Precision Agriculture. S. Fountas. Tesis doctoral. Real Universidad de Agricultura y Veterinaria de Dinamarca, 2004.