

¿Es rentable la Agricultura de Precisión?

Al cabo de ocho artículos de la sección Precision Ag Corner en los que se revisan las diferentes herramientas de la agricultura de precisión (AP) que se utilizan en las diferentes etapas del ciclo de la AP, es el momento de evaluar su rentabilidad. ¿Vale la pena invertir en todas las tecnologías descritas en los números anteriores? ¿Es rentable invertir en la capacitación y educación necesarias para entender y manejar las soluciones de la AP? Jaume Arnó, José A. Martínez-Casasnovas y Alexandre Escolà del Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión (GRAP) de la Universitat de Lleida-Agrotecnio Center, tienen las respuestas.

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: UN TEMA DE BALANCE ECONÓMICO

¿Cuánto cuesta adoptar la agricultura de precisión? La respuesta no es fácil. Como una primera idea, el costo podría oscilar entre 3 y 15 euros/hectárea (ha) para técnicas muy sencillas de AP, agregándole casi 40 euros/ha para soluciones más avanzadas. Estos datos se tomaron de ejemplos australianos y deben ser revisados para cada caso en particular. Sin embargo, se trata de cifras muy generales. La cuestión clave es analizar si vale la pena adoptar la AP, si se considera la noción más amplia de economía agrícola integral. Probablemente la respuesta es sí, en algunos casos, y en otros, quizás, no.

Para abordar este tema, comenzar con un balance económico entre costos y beneficios es una manera sencilla de obtener información y apoyar la toma de decisiones. Sin

embargo, aparte de las consideraciones estrictamente financieras, hay otros aspectos que, al ser más difíciles de evaluar a largo plazo, también son muy importantes para la sustentabilidad de las explotaciones agrícolas. Nos referimos a los impactos positivos de la AP en el medio ambiente, en la logística operacional de la empresa agrícola, e incluso en darle valor social al trabajo de los agricultores. Por lo tanto, además de los beneficios económicos en la cuenta del balance, deben tenerse en cuenta otras cuestiones importantes antes de decidir si se invierte en AP.

Un análisis así de exhaustivo es difícil de realizar porque no es tan fácil asignar un valor económico (en euros o dólares) a las ventajas e impactos mencionados anteriormente. Por ejemplo, ¿cómo deberían cuantificarse las reducciones de la contaminación externa por plaguicidas mediante el uso de tecnologías

AP con una mayor precisión en la entrega de insumos? O bien, ¿qué valor económico se le debe asignar a la navegación automatizada y su influencia en la disminución de la fatiga del conductor, permitiendo operaciones sobre el terreno de mayor calidad?

Por estas razones, muchas veces la decisión de invertir en AP no es sólo una cuestión de costos y beneficios. Tomando un ejemplo similar al mostrado por el Laboratorio de Agricultura de Precisión de la Universidad de Sidney, considera la compra de un teléfono celular. En la actualidad, los usuarios pueden elegir entre dos tipos de teléfonos inteligentes: de gama media y de gama alta. Mientras que el primero es de precio medio, el segundo puede ser dos a tres veces más caro. Los teléfonos inteligentes de gama media tienen suficiente memoria para almacenar datos y archivos multimedia, buena calidad de pantalla, cámaras de varios megapíxeles y funciones de seguimiento GNSS. Los teléfonos de gama alta tienen todo esto además de pantallas HD más grandes, procesadores más potentes, más memoria e incluso cámaras traseras y frontales para obtener fotos de mayor calidad. Por lo tanto, la decisión de invertir en estos teléfonos inteligentes más caros no está basada sólo en la necesidad, sino también en otros aspectos como los objetivos de alta tecnología, la satisfacción personal y el estatus de riesgo y financiero.

Algo similar sucede en las inversiones en agricultura de precisión. Dado que existen diferentes niveles de tecnología y diferentes formas de llevar a cabo la AP, los agricultores deben optar por las tecnologías que mejor se adaptan a sus cultivos. Las

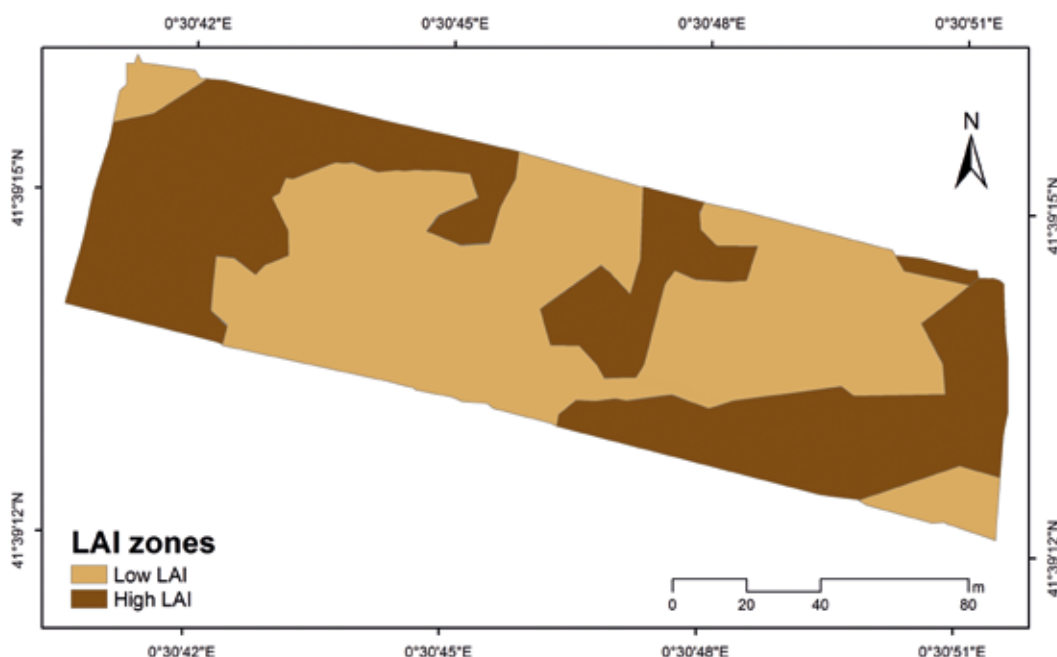


Imagen 1: Mapa IAF clasificado de acuerdo con dos clases (IAF bajo e IAF alto) en una plantación de viñedo.

aplicaciones de AP que pueden funcionar en una explotación agrícola específica pueden no ser las más apropiadas en otra. Siguiendo con el ejemplo anterior, hay explotaciones en las que la inversión en una AP 'media' es suficiente y se ajusta a lo esperado, y otras explotaciones con mayor tamaño y sistemas de producción más tecnológicos permiten que la inversión en AP 'alta' sea una opción económicamente viable. Ciertamente, las necesidades de AP son más bien específicas dependiendo de cada empresa. Comenzar con un análisis económico es lo primero que el agricultor desea y, por esta razón, evaluar los resultados de la inversión en agricultura de precisión a través de un balance financiero es a menudo una buena opción para empezar.

Cuando se considera la posibilidad de adoptar la AP, el análisis económico primero debe centrarse en la posible reducción de insumos (fertilizantes, productos fitosanitarios, semillas) derivados del uso de las tecnologías de la AP. Es decir, se deben compensar los costos de inversión adicionales en agricultura de precisión (si es factible, en el corto plazo) por mayores beneficios al reducir los insumos y los costos de aplicación en terreno. Cuando no se pueden reducir los insumos debido a la redistribución de los insumos en el campo, es de esperar que se produzca un aumento de la producción y/o de la calidad. Para considerar todo esto en términos económicos, un balance financiero proporciona un método confiable para evaluar los resultados de la inversión en AP. De hecho, los agricultores sólo necesitan hacer una estimación de los costos y beneficios de forma fidedigna.

Aunque hay muchas operaciones en la agricultura de precisión que pueden generar beneficios económicos, hay dos áreas que más atraen a los agricultores. En primer lugar, muchos de ellos han adoptado con éxito la navegación vehicular (autodirección y orientación) basadas en los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), conscientes de que para poder obtener una re-

Cuadro 1: Costos estimados de inversión y contrato de servicios para tecnologías AP

	COSTO	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Ayuda de vehículos con navegación		
Sistema de asistencia de guía automatizada	5.750 a 8.250 €	7
Dirección automática	9.050 a 15.000 €	7
Monitoreo terrestre o de proximidad		
Monitor de rendimiento (cultivo de cereales)	12.200 €	7
Cosecha (cereal)		
(precio contrato: combinado + mapeo)	70 a 80 + 5 €/ha	1
Sensores de proximidad de reflectancia cultivo/maleza	4.050 €	7
Encuesta ECa del suelo (precio contrato)	12,1 a 14,5 €/ha	3
Análisis y muestreo del suelo	52 €/muestra	3
Monitoreo por sensores remotos		
Imagen satelital (3 m/píxel)	2,4 a 6 €/ha/año*	1
Imagen aérea	5 a 10 €/ha/vuelo	1
Imágenes UAV	20 €/ha/vuelo	1
Aplicación tasa variable (VRT)		
Siembra (precio contrato) (siembra convencional +VRT)	45 + 10 €/ha	1
Cultivo sin labranza (precio contrato) (siembra + VRT)	55 + 10 €/ha	
Aplicación variable de fertilizante (precio contrato)	10 a 13 €/ha **	1
Aplicación variable de spray (precio contrato)	10 a 13 €/ha **	1
Consultor/Analista		
Servicios de consultoría para toda la temporada	10 a 35 €/ha	1

*2,4 €/ha/año para agricultores con más de 5.000 ha

**Este precio no incluye el costo del consultor que elabora el mapa con las indicaciones

ducción de los insumos se requiere que las aplicaciones en el terreno (incluso dosis uniformes para todo el terreno) sean lo más eficientes posible. El monitoreo de vehículos es tan preciso mediante el uso de estos sistemas de navegación, que permite ahorrar insumos al reducir las zonas que se superponen o que son doblemente tratadas. Asimismo, se evitan zonas no tratadas (lo que contribuye a mejorar el rendimiento y a reducir el consumo de combustible por tratamientos adicionales), mientras se registra la trazabilidad y se puede geo-referenciar para posteriores decisiones de gestión. En segundo lugar, los agricultores deberían valorar la inversión en dichos sistemas de orientación y en otras tecnologías de aplicación de tasa variable (VRT) para manejar la variabilidad de los cultivos dentro de sus parcelas o campos. En este caso, el manejo de sitio específico de cultivo (SSCM) es la forma más eficaz de optimizar los insumos y aumen-

tar los ingresos por producción.

Para ayudar en la toma de decisiones, ya sea en uno u otro caso, una simple hoja de cálculo (fácil de crear o disponible de varias fuentes) debería permitir obtener el balance económico, teniendo en cuenta los costos y beneficios por hectárea. Entonces, ¿qué es lo que hace más difícil el análisis económico? Bueno, es muy simple. La dificultad radica en cuantificar los costos y beneficios que, en última instancia, dependen del manejo de las variables para cada tipo de cultivo. En el cuadro 1 se puede tener una idea económica de su importancia, este proporciona los costos estimados de los componentes y de la información necesarios para las tecnologías de la agricultura de precisión (precios de 2018). Los precios son variables, dependiendo del equipo y del tipo de servicios, por lo que los agricultores deben contactar a sus proveedores de servicios para obtener los precios que más se ajusten a sus sistemas

de producción. En cuanto a los contratos, los precios normalmente varían dependiendo de la superficie (hectáreas) del cultivo. Además, los costos de la imagen remota dependen no sólo de las hectáreas, sino también, en ocasiones, del número de vuelos contratados. Dependiendo del tipo de cultivo, el mapeo y la interpretación de imágenes remotas, se puede suponer un costo adicional de 5 a 10 euros/ha en cultivos arbóreos en comparación con los cultivos herbáceos.

DIFERENTES RETORNOS DE LA INVERSIÓN EN AP

Como se mencionó anteriormente, los beneficios de adoptar la agricultura de precisión variarán de una empresa agrícola a otra. Los campos son diferentes en dimensión (hectáreas) y en estructura productiva (orientación de los cultivos y del mercado) y, por esta razón, los beneficios esperados de la utilización de la SSCM son, por naturaleza, específicos de cada empresa agrícola, además de específicos de cada campo. Debido a que la variabilidad dentro del campo se refiere a una escala espacial más manejable, muchas veces la oportunidad de utilizar la AP debe ser evaluada basándose en cada predio. Veamos cómo los agricultores pueden utilizar la información económica disponible para decidir sobre i) el sistema guiado a utilizar, y ii) la ventaja de la aplicación de una dosis variable de fertilización.

¿Es un sistema de dirección automática conveniente para mí? ¿O es suficiente un sistema de guiado más sencillo? Desde el punto de vista económico, la elección entre un sistema y otro es una simple cuestión de precio y hectáreas. Se sabe que la superposición de aplicaciones utilizando herramientas de marcado convencionales puede alcanzar valores del 10 % en las áreas doblemente tratadas dentro del terreno. En forma comparativa, el uso de sistemas de navegación puede reducir significativamente estas cifras al 2 % (guiado) y al 1% (dirección automática). De esta manera, el impacto sobre el beneficio

Terry Griffin, Terry Griffin, Economista de Sistemas de Cultivos, Universidad Estatal de Kansas

El Dr. Terry Griffin ha estado evaluando la rentabilidad de la tecnología agrícola de precisión desde mediados de la década de 1990. Su investigación del doctorado evaluó técnicas estadísticas espaciales que analizaban datos digitales específicos 'in situ' para experimentos en terrenos de cultivo.

Los actuales intereses de la investigación incluyen herramientas para la toma de decisiones a partir de un conjunto de datos agregados provenientes de la explotación agrícola. Gracias a sus esfuerzos en la agricultura de precisión y en la utilización de datos agrícolas, Griffin recibió el premio Pierre C. Robert International Precision Agriculture Young Scientist Awar del 2014 (premio internacional de AP al joven científico), el premio Conservation Systems Precision Ag como Investigador del Año 2012, y el 2010 el premio de excelencia Precision Ag Researcher (Investigador de Agricultura de Precisión). Terry es Tesorero de la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión.

Han pasado varios años desde que la agricultura de precisión (AP) se ha posicionado en el mundo agrícola, pero ¿es realmente rentable en términos económicos? Los agricultores, ¿en qué áreas pueden obtener mayores beneficios al aplicar AP?

Como economista debo decir que depende. La rentabilidad de la tecnología de la información depende de cuándo, dónde y quién. La rentabilidad del sistema de guiado automático y del control automatizado de sección depende de la geometría del terreno. En terrenos rectangulares con pasadas relativamente

largas, el guiado automático suele ser ventajoso. En terrenos más pequeños y de forma irregular, el control automatizado de sección tiene una ventaja comparativa. En las tecnologías de recolección de datos, como los monitores de rendimiento, la toma de muestra de suelo con cuadrícula y las aplicaciones de velocidad variable, la rentabilidad depende de las características inherentes del terreno y también de la persona que toma las decisiones, es decir, el 'quién'. Estos datos pueden ser valiosos, pero sólo para la persona que toma las decisiones, y que es capaz de tomar mejores decisiones con esa información.

Tomar la decisión de invertir en AP no es un asunto fácil e inmediato, así que, ¿qué deben considerar los agricultores para tomar decisiones razonables sobre qué nuevos equipos y tecnologías necesitan?

Para tomar las mejores decisiones con respecto a cuál tecnología adoptar, los agricultores deben examinar detenidamente sus propias capacidades de gestión. Los agricultores deben considerar la cantidad de tiempo y esfuerzo que están dispuestos a dedicar a mejorar su capital humano. Si los agricultores no están dispuestos a invertir en capital humano para hacer uso de la tecnología, entonces es probable que sea mejor para ellos utilizar sólo las tecnologías automatizadas, tales como la guiada y el control de sección. Si la persona que toma las decisiones en la empresa agrícola tiene la capacidad y está dispuesta a invertir tiempo y esfuerzo para hacer que las tecnologías de datos funcionen en su campo, entonces puede considerar la posibilidad de utilizar monitores de rendimiento y la tecnología asociada a ello.

A los agricultores les gusta ver las ventajas de la agricultura de precisión en el ahorro de insumos y en el aumento del rendimiento. Pero ¿qué beneficios ambientales y sociales se les pueden atribuir a la AP?

Los beneficios sociales de la utilización de la agricultura de precisión han sido de interés para mí. El sistema de guía



automatizada ha mejorado la vida de los agricultores, los operadores de equipos agrícolas y sus familias. Se dice que las cabinas de los tractores con aire acondicionado mejoraron las vidas de los agricultores y de los hogares rurales. Mediante el sistema de guía automatizada se mejoró la vida de los cónyuges e hijos de los operadores de maquinaria agrícola. Los operadores de equipos estaban menos fatigados y cansados al final de la jornada laboral cuando se usaron tecnologías como la guía automatizada.

Por último, además de invertir dinero, los agricultores deben invertir en aprender a adoptar y utilizar las AP de manera eficiente. ¿Hasta qué punto están dispuestos los agricultores a invertir su tiempo en capacitación? ¿Será la experimentación enterreno clave en todo este proceso?

Mirando las estadísticas en Kansas, podemos constatar que los agricultores adoptan más fácilmente las tecnologías que están automatizadas y utilizan menos las tecnologías de datos intensivas como los monitores de rendimiento. Creo que esto refleja la voluntad de los agricultores de invertir en capital humano para aprender a sacarle el máximo partido a la tecnología. La guía automatizada implica poco capital humano para que la tecnología sea rentable en la empresa agrícola. Los datos de monitoreo de rendimiento implican mucha más inversión en aprendizaje y administración para utilizar dichos datos. Nuestras estadísticas de adopción reflejan estas diferencias. Lo más citado como ejemplo práctico de uso de datos de monitoreo de rendimiento en métodos rentables la experimentación en el terreno agrícola. Los agricultores pueden obtener información local para su campo en forma mucho más rápida realizando su propia investigación en terreno.

debe buscarse inicialmente en el ahorro de insumos que estos sistemas puedan lograr. Según los datos del cuadro 1, un sistema de asistencia de guía automatizada (el más sencillo) cuesta 5.750 euros, suponiendo siete años de uso potencial. Por lo tanto, se debería contabilizar un costo aproximado de 820 euros/año. Los agricultores que optan por un sistema más preciso (de unos 15.000 euros, el más caro) aumentan el costo anual hasta 2.150 euros/año. Suponiendo un costo de fertilización de unos 50 €/ha (rociador más fertilizante), el costo de superposición de los sistemas convencionales (superposición del 10 %) es de 5 euros/ha/año. Este costo se convierte en 1 €/ha/año y 0,5 euros/ha/año para la navegación asistida y automática, respectivamente. La siguiente fórmula permite el número de hectáreas requeridas de trabajo (punto de equilibrio) a calcular para ambos sistemas:

$$N = \frac{CVNA}{5 - CU}$$

Donde N es el número de hectáreas que compensan la adquisición del sistema de guiado, y CVNA es el costo de amortización del uso de la navegación vehicular en euros/año. En la fórmula, se utilizará 1 o 0,5 como costos unitarios (CU) en función del sistema que se vaya a adquirir (1 para el sistema de asistencia guiada y 0,5 para la dirección automática). Utilizando los valores anteriores, el sistema de asistencia guiada es rentable si se pueden acumular al menos 205 ha en un año. Por otro lado, 475 ha son necesarias para los agricultores que desean utilizar sistemas de autogestión más complejos y precisos. Este equilibrio económico debe tomarse como una guía. Sin embargo, los agricultores son conscientes de que estos sistemas reportan otros beneficios. Además de la disminución del uso de insumos, se mejoran otros aspectos relevantes, como el consumo de combustible, el ritmo de trabajo y la puntualidad de las operaciones, así como la fatiga del conductor.

El segundo ejemplo se refiere al

uso de VRT basados en mapas para aplicaciones de pesticidas. La imagen 1 muestra una parcela de viñedo en la que previamente se habían delimitado dos clases diferentes de índices de área foliar (IAF) (bajo y alto) utilizando un escáner láser terrestre móvil o cualquier otra técnica adecuada. La aplicación de pesticidas se puede realizar utilizando dos tasas de volumen diferentes de acuerdo con las clases IAF. En teoría, el uso de dos tasas de volumen que mejor se adapten a las clases puede reducir el uso de plaguicidas y aumentar las ganancias al no desperdiciar este insumo, además de reducir los riesgos potenciales de contaminación.

El imagen 2 muestra una comparación de dos estrategias de aplicación: (A) se usa una dosis estándar uniforme, y (B) se usan dos dosis diferentes optimizadas de acuerdo a las clases de IAF. En el primer método (A), se adoptó una tasa de volumen de 400 l ha-1, ya que es la tasa típicamente aplicada por los

Cuadro 2: Ahorro en pesticidas mediante la aplicación de spray con tasa variable basado en dos dosis (mapa de prescripción con IAF bajo y alto)

		Área (ha)	IAF de referencia	V (l ha)	Volumen total aplicado (l)
(A) Tasa uniforme de dosis standard		1,75	-	400	700
Tasa de dosis específica basada en la clase	IAF bajo	0,94	1,61	297	279
	IAF alto	0,81	2,15	397	322
Ahorro de pesticidas					14,1%

viticultores en la zona de estudio. En el segundo método (B), se utilizaron valores representativos del IAF de cada clase para establecer las tasas de volumen correspondientes. Al dividir la parcela en dos clases, el ahorro de pesticidas alcanzó un valor del 14,1 % (Tabla 1) y, en consecuencia, esta última estrategia logró mejorar la cantidad de agua y pesticidas en comparación con las dosis tradicionalmente utilizadas en aplicaciones convencionales (400 l ha-1).

Pero, aparte de este ahorro, la aplicación basada en mapas permitió que las dosis se asignaran convenientemente considerando el ajuste óptimo de la dosis de volumen para las necesidades específicas (vigor) de cada clase. La ventaja ambiental también es evidente al ver que la sobredosis y la pérdida de pesticidas se reducen, especialmente en la clase IAF bajo (bajo vigor). La aplicación de herbicidas de tasa variable para el control químico de malezas es otra área de especial in-

terés para aumentar las ganancias. Por lo general, las malezas sólo cubren una área pequeña dentro del terreno (por lo general por debajo del 15-20 %). Por lo tanto, se están adoptando cada vez más tecnologías basadas en sensores en tiempo real que logran identificar la ubicación de las malezas para una aplicación de encendido/apagado, con el fin de reducir el uso de herbicidas. En otras palabras, se espera que los agricultores sustituyan gradualmente las aplicaciones de dosis uniformes y generalizadas por aplicaciones específicas para cada lugar. Los estudios sobre la aplicación de herbicidas que utilizan sensores de proximidad de reflectancia apuntan a reducciones de hasta un 80% en este insumo.

MAPAS DE RENTABILIDAD PARA EVALUAR LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Como hemos visto en columnas anteriores de Precision Ag Cor-

PRECISION AGRICULTURE

In our Magazines and online News
www.newaginternational.com

NEWAG INTERNATIONAL

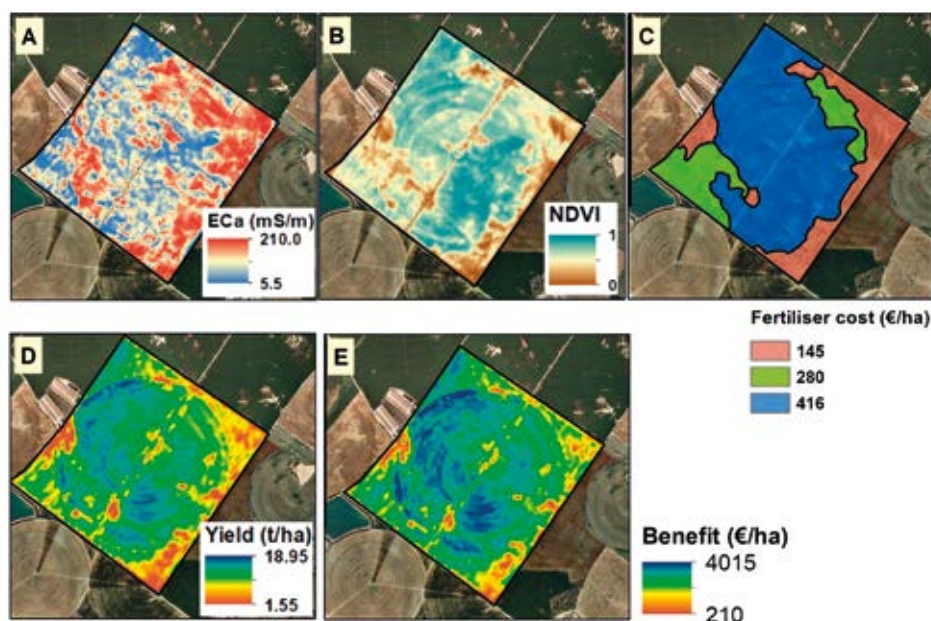


Imagen 2: Caso real de mapa de utilidades que muestra el beneficio bruto de la aplicación de fertilizantes de tasa variable. A: Mapa de conductividad eléctrica visible; B: Mapa NDVI (Índice de Vegetación Diferencial Normalizada) antes de la cosecha de maíz; C: Zonas propuestas para fertilización específica y los costos derivados; D: Mapa de rendimiento como resultado de la aplicación de tasa variable; E: Mapa de beneficio bruto resultante de la sustracción del costo variable de fertilización al mapa de renta variable (rendimiento x precio del grano de maíz).

ner, los mapas de rendimiento se pueden generar fácilmente después de la recolección de datos con un monitor de rendimiento. Estos, junto con otros mapas que muestran la variabilidad espacial de las propiedades del suelo y/o el vigor a lo largo del ciclo de cultivo, pueden utilizarse para manejar la variabilidad dentro del campo aplicando soluciones de AP (por ejemplo, aplicación de fertilizantes en dosis variables). Estos mapas son muy útiles en la toma de decisiones, pero al final, los agricultores quieren ver las utilidades o beneficio económico de invertir en decisiones basadas en AP, ya sea mediante la inversión en tecnología propia o mediante la contratación de servicios de agricultura de precisión. Esto se logra transformando los datos de rendimiento en otra métrica económica como los mapas de ingresos brutos o de utilidades. Es decir, los mapas de utilidades permiten conocer el beneficio económico bruto al aplicar un manejo diferencial en cada punto del campo en comparación con el manejo uniforme. Para ello, es necesario transformar el mapa de rendimiento en un mapa de ingresos, de acuerdo con el pre-

cio del producto (por ejemplo, el grano de maíz). Las aplicaciones de insumos de tasa variable deben transformarse en mapas de costos variables, y los costos fijos en mapas de costos uniformes para todo el campo. Entonces, la diferencia entre el mapa de utilidades y los mapas de costos resultará en el mapa de beneficios brutos. A continuación, veamos un caso real que nos llevará a verificar los posibles beneficios económicos de la aplicación de conceptos y técnicas de agricultura de precisión.

La Imagen 2 muestra un campo de 100 ha en el que la variabilidad espacial del vigor del cultivo (maíz) observada en años anteriores llevó al agricultor a adoptar una aplicación variable de fertilizantes en la temporada siguiente. Para ello, el agricultor se puso en contacto con un servicio técnico que midió y mapeó la variabilidad espacial de los suelos (Figura 2.A) mediante un monitor de conductividad eléctrica visible (ECa) (Veris 3100, Veris Technologies, Salina, KS) y monitoreó el vigor del cultivo anterior con imágenes multi-espectrales Sentinel-2. De esas imágenes, se obtuvo un mapa del Índice de Vegetación Diferencial Normalizada (NDVI)

(Figura 2.B). De acuerdo con la información y las visitas de campo, el servicio técnico propuso un mapa de prescripción de fertilizantes de dosis variable para ser aplicado en la fertilización del maíz en la temporada siguiente: fertilización base (antes de la siembra) así como fertilización lateral (en la etapa de maíz V5-V6). Se aplicaron tres dosis de fertilizantes diferentes según el potencial productivo de cada zona (Figura 2.C). Éstos se detallan en el cuadro 3 junto con los costos, incluida la aplicación. Las limitaciones de la zona de bajo potencial se debieron principalmente a problemas de salinidad y drenaje. Estos no pudieron resolverse en breve, por lo que se propuso una reducción de las dosis de fertilizantes.

Las figuras 2.D y 2.E muestran los resultados de la cosecha. El primero es el mapa de rendimiento en toneladas métricas de grano de maíz por hectárea con un contenido de humedad de referencia del 14 %. Este mapa se multiplicó por el precio obtenido por el grano (233,8 euros/tonelada) y luego se restó por el costo total de la fertilización con dosis variable, en cada zona, lo que dio como resultado el mapa de utilidades brutas (Figura 2.E). Ideal-

mente, el mapa de utilidades brutas debería mostrar un solo color con el máximo de utilidad. No obstante, se pueden observar valores entre 210 y 4.015 euros/ha, con un valor medio de 2.705 euros/ha. Si la fertilización hubiera sido uniforme, con dosis únicas (700 kg/ha de 8-15-15 como abono base y 625 kg/ha de N32, que son las dosis habituales en la zona), el beneficio bruto medio habría sido de 2.625 euros/ha. La diferencia entre ambos tratamientos (variable versus uniforme) fue, en este caso, de 80 euros/ha. A esta cantidad hay que restar otros costos de implementación de la estrategia AP (Tabla 1), como 10 euros/ha del levantamiento topográfico y elaboración de mapas de ECa; 5 euros/ha del monitor de rendimiento y mapa más unos 10 euros/ha del servicio de consultoría. En total, estos otros costos fueron de 30 euros/ha. Esto dio como resultado un beneficio bruto total medio de $80 - 30 = 50$ euros/ha. Los costos fijos uniformes deben ser deducidos en este punto, pero no son considerados en este estudio. 50 euros/ha podrían considerarse como un pequeño beneficio de la aplicación de la AP, pero hay una forma de mejorarla. El Mapa 2.E indica que las zonas fertilizadas en la temporada siguiente podrían modificarse aún más para aumentar el beneficio bruto promedio. Este sería el caso si los problemas de limitación del suelo no se resolvieran todavía. Deben considerarse otros beneficios adicionales, como los ambientales (más difíciles de evaluar). Por ejemplo, con el ajuste de las dosis de nitrógeno (N) según el potencial productivo y las limitaciones del suelo, el agricultor estará contribuyendo a evitar la lixiviación de N y la contaminación de las aguas subterráneas.

Como hemos visto en columnas anteriores de Precision Ag Corner, la AP debe considerarse como un ciclo donde los resultados y conocimientos adquiridos en una temporada son la retroalimentación para la siguiente, y así sucesivamente. A

Cuadro 3: Tasa variable de fertilizante, tasa de dosis y costo aplicado en el estudio de caso de fertilización del maíz.

Potencial productivo	Tasa de abono base	Costo de abono base (€/ha)	Tasa de abono adicional	Costo de abono adicional (€/ha)	Costo base (€/ha)
Bajo	300 kg/ha 8-15-15	95	625 kg N32/ha	50	145
Medio	500 kg/ha 8-15-15	155	390 kg N32/ha	125	280
Alto	700 kg/ha 8-15-15	216	156 kg N32/ha	200	416

veces, los beneficios de la agricultura de precisión no son tan obvios, y se requieren varias temporadas aplicando estos beneficios para tratar de reducir o estructurar la variabilidad del campo. Así, poco a poco, se podrán ir mejorando sucesivamente los rendimientos y beneficios del campo.

**AP EN LA PRÁCTICA:
APRENDER DE LA EXPERIENCIA**

En resumen, existen varios métodos para comenzar a implementar la agricultura de precisión a nivel comercial de manera rentable.

Todos ellos requieren una importante inversión inicial, tanto en equipos, servicios de consultoría, capacitación y formación, o tiempo. Un agricultor puede optar por una agricultura de precisión sofisticada o menos sofisticada, o puede optar por desarrollar sus propias soluciones adaptadas, o por utilizar equipos generales disponibles. Otra cosa para considerar es si usar agricultura de precisión basada en mapas o en sensores en tiempo real (ver columnas anteriores de la Precisión AgCorner). Como en cualquier otro tema, se

deben tomar decisiones después de entender qué hay detrás de cada una de las posibles alternativas. Por un lado, la AP dura, junto con las soluciones en tiempo real basadas en sensores y disponibles en el mercado, suele implicar menos capacitación de parte del agricultor, pero un mayor capital inicial. Por otro lado, la AP basada en mapas blandos requerirá más capacitación y servicios de asesoría para adaptar las soluciones a cada campo.


Cualquiera que sean las soluciones adoptadas, es crucial

asegurarse de que sean viables, confiables y rentables. Una buena manera de evaluarlas es mediante el uso de técnicas de experimentación en terreno. ¿Cuáles son las dosis de fertilizantes más apropiadas en cada una de las zonas de manejo trazadas? ¿Cuál es la cantidad óptima de semillas? ¿Cuál es la mejor dosis de pesticidas/herbicidas? ¿Cuándo y cuánto regar? Estas son preguntas a las que hay que responder y que afectan en gran medida los resultados de la temporada. Las técnicas de experimentación en terreno, junto con las soluciones de monitoreo de la AP, pueden ayudar a los agricultores a tomar decisiones más informadas. El objetivo es aumentar la productividad de los cultivos y/o la calidad de los productos a través de un uso más eficiente de los recursos, para asegurar la sustentabilidad y minimizar los riesgos ambientales. Así es la agricultura de precisión. ■

NEW AG INTERNATIONAL

DON'T MISS THE LATEST NEWS ON HIGH TECH AGRICULTURE

FOLLOW US!
Thousands of friends have already connected with us

-  /New Ag International
-  /New Ag International
-  @NewAgIntl
-  New Ag International

www.newaginternational.com