

Agricultura de Precisión: ¿Qué se oculta detrás del nombre?

El término Agricultura de Precisión (AP) se ha discutido mucho durante los últimos años en exhibiciones y conferencias sobre agricultura, encuentros profesionales, revistas y cafés. Por otra parte también se usan expresiones que especifican el cultivo en que se aplica, por ejemplo, Viticultura de Precisión o se usan nombres más elegantes tales como Agricultura Inteligente o Agricultura Digital. El número de los trabajos académicos, publicaciones y documentos científicos, en que se encuentra los términos 'Agricultura de Precisión' o 'Agricultura Inteligente', pasó -asombrosamente- de 0 en 1995 a más de 2.250 en 2015. La práctica de la AP se refiere mayormente a el uso racional de los insumos agrícolas. Para apoyarnos en el lanzamiento de nuestra sección de AP en la revista, New Ag International se asoció con uno de los líderes europeos en el área: El Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión, del Departamento de Ingeniería Agroforestal, de la UdL-Agrotecnio Center, de la Universidad de Lleida, en Cataluña, España. En cada edición de la revista, Alexandre Escolà, Jose Antonio Martínez y Jaume Arnó, junto a nuestro equipo editorial, entregarán contenidos cuyo propósito es ayudar a los inversores a cruzar la brecha entre los datanomics y la agricultura comercial.

Aunque mucha gente ha escuchado alguna vez sobre AP, no todos saben exactamente qué es o qué no es. Al conversar con los agricultores nos damos cuenta de que todavía existe confusión sobre la AP, lo que se traduce en graves concepciones equivocadas. Eso explicaría porqué muchos agricultores aun consideran que es demasiado arriesgado, complicado y caro, son renuentes a la adopción de nuevas tecnologías y a cambiar la manera en que manejan sus campos. En algunos casos puede no ser aconsejable cambiarse a AP, pero en muchos otros las granjas pueden beneficiarse de una mayor eficiencia en el uso de insumos productivos si se adoptan técnicas de AP.

SU OBJETIVO PRINCIPAL: EL USO RACIONAL DE INSUMOS AGRÍCOLAS

Como la práctica de la AP se refiere principalmente al uso racional de insumos, es interesante



Los autores de izquierda a derecha: Dr. Alexandre Escolà, Dr. José Antonio Martínez y Dr. Jaume Arno, Universidad de Lleida.

comenzar con un ejemplo simple sobre fertilización. En una agricultura moderna y tecnificada los fertilizantes son aplicados de manera uniforme, a tasas iguales sin importar el lugar del campo en que se aplique. Más aun, los agricultores más adelantados realizan dicha operación evitando

innecesarios traslapes, por ejemplo, utilizando sistemas de guía satelital (Sistema Satelital de Navegación Global) para controlar los desplazamientos en el campo. Sin embargo, contrariamente a lo que se pueda pensar, esa manera de distribuir los fertilizantes no corresponde exactamente a

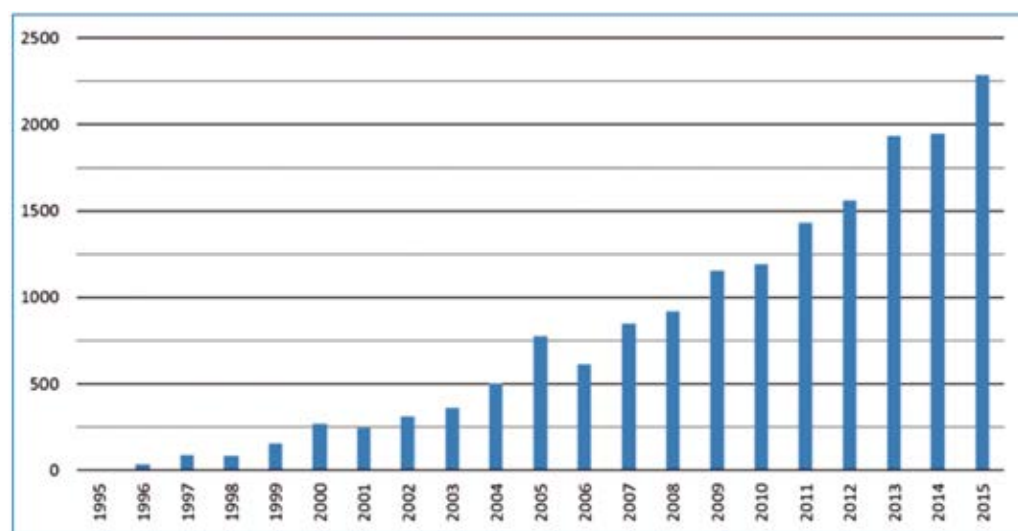


Figura 1: La evolución de los documentos científicos indexados en Scopus que contienen alguna combinación de Agricultura con Precisión o Inteligente (en inglés). Scopus es una base de datos que indexa la mayor cantidad de literatura científica publicada en revistas científicas, libros y actas de conferencias. Allí la combinación que más aparece por lejos es Agricultura de Precisión. Eso, junto con el nombre de la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión, nos hace optar por Agricultura de Precisión para referirnos a estas técnicas y métodos.



Figura 2 : El ciclo agrícola de prescripción. La AP se puede reducir a 4 etapas. La primera consiste en juntar la mayor cantidad posible de datos sobre el cultivo, suelo, terreno y ambiente en general. El resultado de esta etapa son datos que serán procesados durante la etapa de extracción de la información. Una vez que los datos son convertidos en información es tiempo de tomar decisiones de manejo. El resultado de esta etapa es la prescripción que será implementada en la última etapa. Las flechas alrededor del círculo son los posibles insumos requeridos en cada etapa. Cuando la información y la prescripción se muestran en un mapa y el círculo tarda varios días en completarse; es el caso de lo que se conoce como AP basada en mapas. Cuando la información no es mapeada y el círculo se completa en milisegundos, es el caso de AP basada en sensores en tiempo real.

AP. La razón es que esos mismos agricultores saben que a menudo el rendimiento no es uniforme en todo el campo pese a la igual distribución de los insumos, es esperable una variación espacial y temporal. En otras palabras, no se sorprenden por la discordancia entre la uniformidad y precisión de la aplicación de fertilizantes y la variabilidad de los patrones de rendimiento dentro del campo. Hay, entonces, dos consecuencias inmediatas, i) el uso de los fertilizantes es ineficiente tanto del lado de la agronomía como de la economía, y ii) se provocan efectos medioambientales negativos al sobre fertilizar áreas de menor potencial productivo. Es así que algunos agricultores están aplicando tasas diferenciadas de acuerdo a las expectativas de rendimiento en las diferentes zonas dentro del campo, para lograr una fertilización más eficiente e impedir el desperdicio de fertilizantes. ¡Esa es verdadera AP! Los aplicadores modernos, con sistemas de posicionamiento y control electrónico de aplicación, pueden sin duda ayudar a implementar este tipo de prácticas. Sin embargo, la maquinaria no resolverá el problema por sí misma ya que será necesario

recolectar datos del cultivo y del suelo, convertirlos en información útil y en base a eso tomar buenas decisiones para el mejor plan de fertilización. Esta manera de cultivar se puede extender a la siembra, a la aplicación de productos fitosanitarios o el riego, entre otras operaciones. En resumen, la AP comienza a tener sentido cuando los cultivos son afectados por la variabilidad espacial y temporal dentro de los campos y las acciones de los agricultores apuntan a corregir o adaptarse a esas diferencias.

Los fabricantes y comercializadores de insumos agrícolas no pueden quedarse al margen de esto ya que la previsible implementación a gran escala de la AP puede significar nuevas oportunidades de negocios. Y parte de esos nuevos negocios pueden estar basados en el desarrollo de nuevos servicios de apoyo a las necesidades emergentes de los agricultores.

CÓMO DETERMINAR LA VARIABILIDAD DEL SUELO

Los agricultores saben que el suelo puede variar dentro de una misma unidad productiva. Dependiendo del terreno o del material parental, el suelo puede ser más o menos

profundo, arcilloso o arenoso, o sufrir de mayor o menor salinidad. El rendimiento es mayormente afectado por esas variaciones del suelo dada la interacción de este con la planta. Esas variaciones pueden encontrarse a diferentes escalas espaciales y reflejarse en el rendimiento del cultivo dentro de una misma parcela incluso cuando esa unidad productiva es pequeña. Para conocer el nivel de variabilidad del suelo es necesario muestrearlo y mapearlo. Existen muchas estrategias para muestrear suelo.

Además del muestreo sistemático en grilla, el muestreo selectivo es una buena alternativa y se lleva a cabo de acuerdo a áreas que pueden haber sido previamente definidas con la ayuda de mapas de rendimiento. Se debe encontrar un balance entre el costo y un representativo número de muestras. Una alternativa que gana aceptación es el uso de sensores móviles, ya que estos muestrean continuamente el suelo incrementando así la resolución espacial de muestreo. El parámetro del suelo más comúnmente medido es la conductividad eléctrica (CE), la que es interesante porque usualmente se correlaciona bien con propiedades

del suelo tales como textura (arcilla), humedad y salinidad. Debido a que dichas propiedades afectan el potencial productivo, la información de los sensores de suelo puede ser visualizada en mapas que permiten determinar áreas que requieren diferentes prácticas de manejo. Además, al sobreponer los mapas de rendimiento y CE se entiende mejor qué está ocurriendo en el campo y se puede determinar qué causa la variabilidad espacial. Y se obtienen datos adicionales usando sensores remotos.

MAPAS DE RENDIMIENTO PARA ANALIZAR LA VARIABILIDAD ESPACIAL

Una de las maneras de comenzar a incorporar AP es a través de mapas de rendimiento, lo que ahora es factible para varios cultivos, por ejemplo, cereales, forrajeras, uva para vino y algunas hortalizas. Los agricultores pueden reunir datos de cosecha y usarlos para crear mapas de rendimiento como herramienta para analizar la variabilidad espacial de sus campos. Existe una variedad de software para generar y visualizar mapas, entre los que los Sistemas de Información

(Continúa en la página 30)



ENTREVISTA CON...

Nicolas Tremblay, presidente de la Sociedad Internacional de

Nicolas Tremblay es agrónomo y tiene un Ph. D. en Biología Vegetal de la Universidad Laval de Quebec, Canadá. Ha investigado en nutrición y manejo de cultivos en el Centro de Desarrollo e Investigación en Agricultura y Agro alimentos Saint-Jean-sur-Richelieu de Canadá. Su programa incluye estudios en manejo de tasa variable de aplicaciones de nitrógeno en base a sensores remotos, geomática, geoestadística y meta análisis. En la actualidad el Dr. Tremblay es presidente de la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión (ISPA).

-¿Cuándo y con qué propósito fue creada la Sociedad Internacional de AP?

-La ISPA se estableció en 2010 por iniciativa del Dr. Raj Khosla, profesor de la Universidad Estatal de Colorado en Fort Collins, EEUU. Se fundó como sociedad científica y profesional para empujar el avance de la investigación en AP a nivel global. Además de mantener la serie de conferencias internacionales de AP (ICPAs) que comenzó en 1992, en Minnesota, por iniciativa del fallecido Pierre C. Robert, quien es conocido como el "padre" de la AP. La ISPA se transformó en una plataforma de comunicación de sus miembros en todos los continentes. Hoy la ISPA es la principal guía en asuntos relacionados con AP.

-Aun cuando la investigación en AP comenzó a principios de los 90' no se ha implementado ampliamente a nivel de agricultura comercial. ¿Cuáles son las principales razones que explican esto? y, ¿qué falta para su adopción?

-Algunas tecnologías de AP han sido ampliamente adoptadas por los agricultores con gran éxito. Es el caso, por ejemplo, del control automático y del monitoreo de rendimiento. Se ha intentado con otras tecnologías pero que han demostrado mayor dificultad para cumplir con las expectativas. La tasa variable de aplicación y el muestreo por zona son algunas de ellas. La diferencia en el nivel de adopción se relaciona con su impacto efectivo en la operación del campo. En general, las tecnologías de AP que se han implementado con éxito son aquellas que resuelven problemas puramente "tecnológicos", como conducir sin piloto o por líneas predefinidas. Si embargo, en cuanto el resultado de la tecnología se vincula con el funcionamiento de un suelo complejo (incluyendo microorganismos) o relación planta atmósfera, es mu-

cho más difícil obtener el resultado esperado. Tomemos como ejemplo la tasa variable de aplicación de nitrógeno. La decisión sobre la cantidad de nitrógeno será función de la cantidad de aire y agua que hay en el suelo en los diferentes horizontes, del proceso de mineralización por el que los microbios naturalmente liberan el N de la materia orgánica, de la cantidad esperada de lluvias y extensión en el tiempo de estas en las siguientes semanas y del cultivo anterior, por mencionar solo algunas. Al enfrentar un sistema así de complicado existe la necesidad de apuntar a los factores que realmente limitan nuestra capacidad de asegurar los impactos deseados. Por ejemplo, puede ser relativamente fácil medir el estatus de vegetación con alta resolución espacial, pero esto es solo una pequeña parte del rompecabezas que necesitamos armar. Debemos comprender otros componentes que pueden ser menos fáciles de evaluar pero más críticos para el resultado esperado. Por otro lado, nuestra habilidad de reconstruir eficazmente el cuadro nunca llegará a un nivel aceptable.

-Existen importantes brechas entre la academia, la industria y los agricultores. ¿Cuál es el rol de la ISPA en cuanto cubrir esas brechas?

-Todos ellos tienen trabajo que hacer. Pero la forma para realmente asegurar el éxito mundial es que los tres grupos trabajen coordinadamente. Me atrevería a decir que los científicos tienen la clave de la futura adopción de la AP y el impacto estará sujeto a su capacidad de reconocer los límites de sus propios estudios y de considerar los componentes que permitirán a los agricultores adaptar sus conclusiones a la realidad de cada uno de ellos. En otras palabras, en el futuro los científicos deben prestar más atención a comprender los factores de contexto que determinan el éxito o

fracaso de sus propuestas. El actual problema es que se premia demasiado las publicaciones científicas y no lo suficiente la efectiva adopción de los resultados de esa investigación por los usuarios. El ISPA es la red de trabajo perfecta para que los científicos compartan sus resultados y experiencias a través de las Conferencias Internacionales de AP (ICPA, por sus siglas en inglés) y de las Conferencias Europeas de AP (ECPA, por sus siglas en inglés). Además el ISPA tiene "comunidades" trabajando más específicamente en asuntos críticos y proponiendo soluciones. Nuestra Sociedad ha sido la primera en establecerse en lo que ahora es un boom y es nuestra responsabilidad jugar un papel de liderazgo.

-Cuando los pequeños y medianos agricultores escuchan de AP en muchos casos afirman que no es para ellos, que es algo para grandes agricultores de países altamente desarrollados. ¿Qué les diría? ¿Le parece que las compañías involucradas en tecnología de AP debieran explorar el potencial de pequeños y medianos agricultores?

-La AP no es solo cuestión de comprar lo último y más caro en sensores o partes de maquinaria. Sí, es importante hacer ajustes espaciales, pero las resoluciones más básicas pueden ser suficientemente buenas para lograr importantes mejoras en las prácticas de manejo de los productores que no pueden acceder a la última tecnología. Pero hay otro componente esencial de la AP que puede ayudar a los pequeños productores: la climática. La agricultura es un negocio de gestión de riesgo principalmente controlado por el clima y los eventos climáticos. Si la AP es una estrategia de gestión que utiliza un amplio rango de tecnologías para reunir y procesar datos con el propósito de orientar acciones dirigidas a mejorar la precisión, eficiencia y productividad de las operaciones

agrícolas, mucho de eso puede ser canalizado a través de los smart phones que están en todas partes. Me impresionó el trabajo hecho en África por el que se utiliza métodos de computación para ayudar a la toma de decisiones a través de smart phones, de modo de mejorar el manejo integrado de plagas de los agricultores locales. Productores de Nigeria, Etiopía y Tanzania procesan su información en Nairobi, Kenia. Estoy seguro de que veremos más y más ese tipo de aplicaciones de AP que permiten influenciar sabiamente a los pequeños agricultores para que mejoren su toma de decisiones en tiempo real. Esto se basará principalmente en la recuperación y procesamiento de datos meteorológicos de temporada disponibles e incorporados en mapas de suelo digitales. La inteligencia artificial u otros modelos adecuados serán usados para ofrecer la decisión más inteligente a los agricultores en base a la particular situación de su campo y clima. Se puede ganar bastante productividad orientando a los muchos medianos y pequeños agricultores. Los gobiernos debieran prestar atención a la AP para los pequeños propietarios como la forma de mejorar rápidamente la productividad y rentabilidad del sector agrícola. Hemos visto recientemente un incremento importante de compañías desarrolladoras de productos de alta tecnología para maquinaria.

-¿Cuál es el rol en la AP de las compañías que producen y distribuyen insumos agrícolas tales como pesticidas, fertilizantes, bioestimulantes, micronutrientes, etc.? ¿Deberían adaptar sus productos y estrategias a la AP y cómo?

-Es cada vez más difícil poner "balas de plata" en el mercado. Las compañías han hecho un gran trabajo desarrollando nuevos productos que podrían (o quizás no) estar a la altura de sus promesas a nivel de

Agricultura de Precisión (ISPA, por sus siglas en inglés)

usuario. La AP se trata de personalización. Las compañías hi-tech deberían considerar el uso de las fuentes de datos de AP para documentar las condiciones de suelo y clima que permiten que sus soluciones funcionen efectivamente y establecer qué se necesita a nivel de usuario para garantizar el éxito. Estos se puede hacer en etapa de desarrollo de los productos pero también en etapa de ensayos de campo. Es importante probar en diversas condiciones y obtener no solo los datos (los resultados) sino también los metadatos (antecedentes de suelo y temporada). Con suficientes datos y metadatos acumulados y procesados, las condiciones para el apropiado uso de los nuevos productos pueden ser establecidas para su efectiva adopción y uso del productor. Además de una cierta cantidad de tecnología, la AP requiere de nuevos expertos para que conviertan la enorme cantidad de datos disponibles en infor-

mación y esta última en decisiones acertadas. Sin embargo, la educación en AP es todavía incipiente.

-¿Están ya disponibles dichos expertos? y, ¿está la educación y entrenamiento en AP correctamente dirigida?

-La AP tiene un gran futuro porque es el futuro de la agricultura. La revolución digital ya está en marcha en diferentes sectores de la vida cotidiana y no hay razón para que la agricultura deje pasar esta oportunidad. Existe una gran demanda por especialistas en gestión de datos en oceanografía, astronomía, ciencias sociales, por nombrar solo algunas áreas. El rostro del mundo está cambiando rápido y el mercado laboral cambia con él. La capacidad de las tecnologías de AP para medir y documentar la eficiencia de las operaciones agrícolas en algunos casos cambia los conceptos tradicionales. Me gusta la idea de que la AP con-

siste en gestionar adecuadamente la interacción de G x M x M (genética x medioambiente x manejo). Históricamente cada parte ha sido dirigida como un silo. Sin embargo, hemos llegado a la conclusión de que la solución para la agricultura está más en las interacciones que en cada componente individual de la relación. El sector de la AP está muy necesitado de expertos con fuerte experiencia en agronomía, biología, ciencia de datos y estadísticas, que sean capaces de comprender el todo. La gran oportunidad para las universidades está allí para que la tomen. Algunas de ellas se están orientando en la dirección correcta pero la industria está evolucionando tan rápido que el proceso de ajuste completo tardará algún tiempo.

-¿Cuáles serán los principales retos de la AP en los próximos años?

-En los años por venir, el acceso

al conjunto de datos agrícolas comerciales será crítico. Los científicos pueden fácilmente obtener datos de uno o dos campos experimentales, los que normalmente tienen a su disposición, pero en el marco de la AP esto no es suficiente. Debido a que las consideraciones de suelo y clima impactan tanto en los resultados de los ensayos de campo, la única forma de hacer progresos rápidos y confiables es acceder a datos de numerosos lugares mediante una caja de herramientas del tipo "big data". Esa es la razón por la que debemos alentar a los agricultores a que faciliten sus datos a los investigadores en un acuerdo de beneficio mutuo. Esa es la única forma en que pueden ayudarnos a ayudarlos en un futuro en que la AP se volverá omnipresente. La Agricultura de Precisión tiene el potencial para cambiar positivamente la respuesta de los cultivos y la ganadería. Es responsabilidad de cada uno de los productores hacer que esto suceda.

PRECISION AGRICULTURE

Also Covered In Our
15th New Ag International Conference &
Exhibition in Berlin, March 15th-17th 2017

Join As A Delegate:
www.newagconference.com

NEW AG INTERNATIONAL

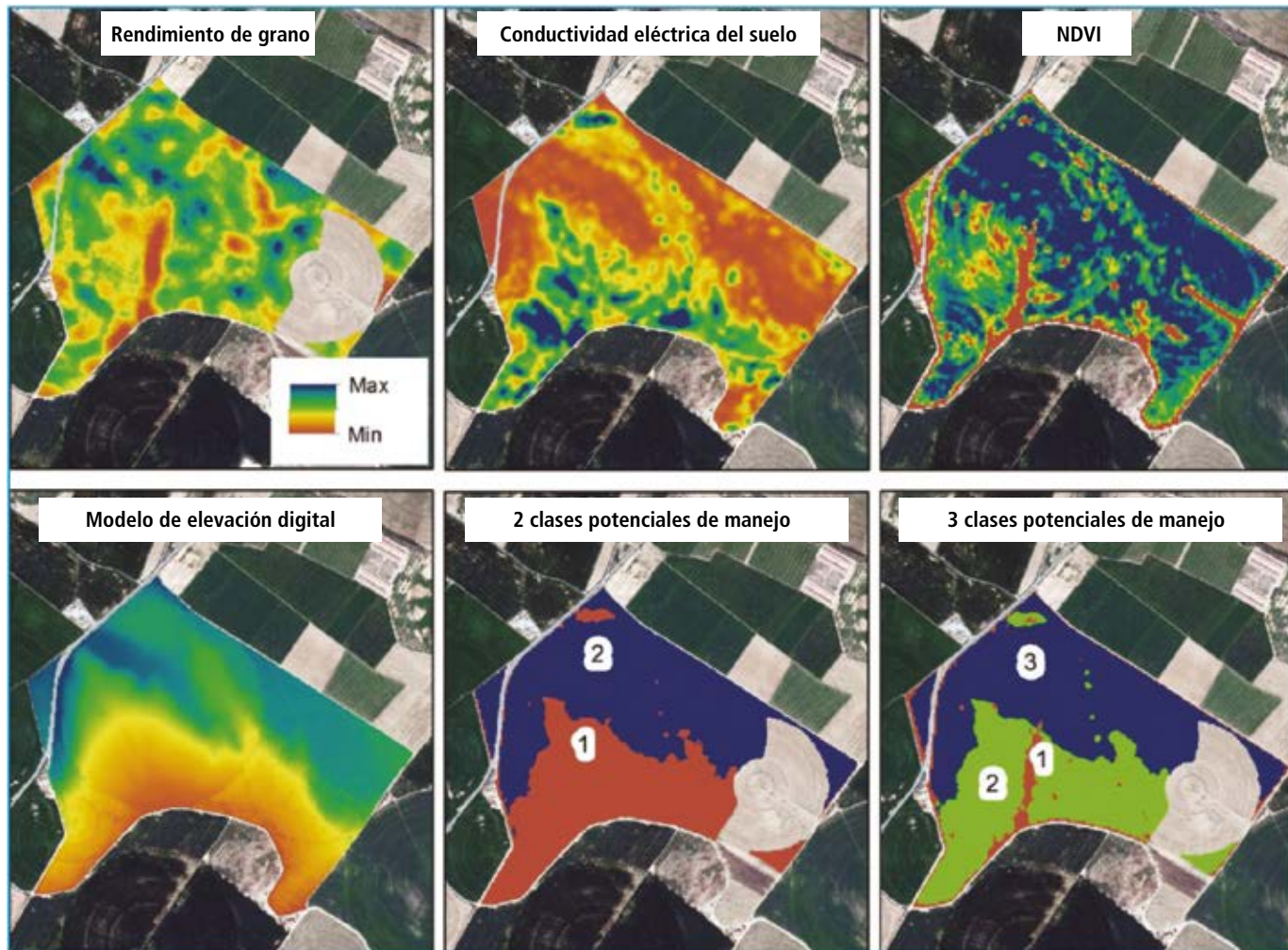


Figura 3: Tipos de manejo potencial dentro de un campo basado en el análisis de datos adquiridos de sensores próximos y remotos. Arriba (de izq. a der.): Mapa de rendimiento de granos derivados de un monitor de rendimiento (Ceres 8000i, Sistema de Agricultura de Precisión RDS); Mapa de datos de conductividad eléctrica aparente del suelo adquiridos con un sensor de resistividad (Veris 3100, Veris Technologies); NDVI derivado de un Sentinel-2A de imagen multiespectral. Abajo (de izq. a der.): Modelo de elevación digital.

(Viene de página 27)

Geográfica (SIG) o programas basados en SIG, son una interesante opción para almacenar y procesar los datos recopilados en el campo. Una vez obtenidos los mapas de rendimiento los agricultores y sus asesores deberán transformar esa información en decisiones que permitan manejar la variabilidad espacial y temporal de sus cultivos. Los patrones de variación de rendimiento son críticos en esta etapa. Cuando estos patrones se estructuran correctamente se puede definir diferentes áreas dentro de las unidades productivas para estrategias de manejo específicas. Sin embargo, es necesario conocer las causas de dicha variabilidad de modo de tomar las mejores decisiones de manejo antes de

realizar cualquier acción. Los mapas de rendimiento permiten ver los efectos de varios parámetros que afectan la productividad del cultivo junto a los resultados del manejo del productor.

MONITOREO DE LA VARIABILIDAD DEL CULTIVO Y ESTATUS NUTRICIONAL

El uso de teledetección (sensores remotos) involucra monitorear y procesar información espectral, por ejemplo, reflectancia visible y de infrarrojo cercano desde el suelo y el follaje del cultivo para obtener índices de vegetación adecuados (IV), tales como NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Tanto el desarrollo de las hojas del cultivo (o producción de biomasa) como el contenido de

clorofila en las hojas, son indicadores del estatus nutricional del cultivo y ambos pueden ser monitoreados usando teledetección. Por esa razón el IV es especialmente útil para evaluar la variabilidad dentro del campo y detectar posibles deficiencias nutricionales o problemas de crecimiento. Al final, toda práctica agrícola basada en las propiedades expresadas en el IV de alguna forma ya considera la variación espacial del suelo debido a la mencionada interacción suelo-planta.

De los datos de suelo, rendimiento y cultivo los agricultores pueden obtener información muy interesante para compartir con asesores y proveedores de insumos agrícolas, de modo de definir un plan que incorpore la variabilidad es-

pacial y temporal de sus campos. Todos esos datos (o algunos de ellos) son el punto de partida para la implementación de la AP. De los datos a la información y de esta al conocimiento, la última etapa de la AP es transformar el conocimiento en mejores decisiones de manejos de los cultivos.

LA UTILIDAD DE LA AP DEPENDERÁ DE LA MAGNITUD DE LA VARIABILIDAD Y SUS PATRONES ESPACIALES

Hay dos aspectos clave a considerar en AP antes de tomar cualquier decisión: la magnitud de la variabilidad y sus patrones espaciales. Cuando no hay pequeñas variaciones de rendimiento, CE o NDVI a través de la unidad productiva, no es razonable implementar AP.



PNA
potassium nitrate association

www.kno3.org es tu portal para todas las ventajas agronómicas y económicas del nitrato de potasio en los distintos cultivos a nivel mundial. Además de características y beneficios actualizados, este sitio web también ofrece recomendaciones de nutrición específicas por cultivo, artículos científicos relevantes y resultados de ensayos.

Visite nuestra nueva sección de literatura: <http://www.kno3.org/es/literature-library>





www.kno3.org

De igual forma, una situación en que hay escasa estructura espacial hace muy complicado delimitar áreas homogéneas manejadas mediante máquinas agrícolas equipadas con tecnologías de tasa variable (TTV). Los agricultores entonces deberán manejar e interpretar la información reflejada en los mapas de manera individual o combinada. Por esto, deberán poner especial atención en los dos componentes antes mencionados de la variabilidad espacial para evaluar la conveniencia de implementar AP. Si la variabilidad presenta una magnitud razonable y patrones espaciales estructurados, es tiempo de considerar un manejo sitio específico del cultivo. Tomar la decisión correcta es un asunto importante porque tanto productividad, beneficio económico como sustentabilidad dependen de un adecuado manejo del campo. Veamos un ejemplo de cómo la información derivada

de los datos de los sensores es de gran interés para optimizar la distribución de fertilizantes y otros insumos productivos. Una vez probada la variación espacial del rendimiento (magnitud y patrones) y una vez que las diferentes áreas han sido definidas dentro del campo, el agricultor entonces enfrenta la difícil decisión de qué dosis aplicar en cada zona. Si se ha implementado muestreo selectivo para comprender las causas de la variabilidad de rendimiento, se puede optimizar la fertilización en función de los resultados del muestreo. Si las variaciones de rendimiento se explican principalmente por deficiencias de ciertos nutrientes en el suelo, la fertilización de tasa variable puede corregir ese desbalance, de modo de que se obtenga un rendimiento similar en toda la parcela. Es posible que el agricultor no obtenga un rendimiento uniforme en una sola temporada, pero se deberían

obtener beneficios en el mediano o largo plazo. Sin embargo, en parcelas en que el suelo es el factor limitante para lograr el potencial productivo (ej. debido a diferencias en la profundidad de suelo o restricciones de textura), las tasas de aplicación deberán adaptarse a los rendimientos esperados de cada área. En ambos casos, se establece la aplicación sitio específica de fertilizantes en un número limitado de zonas o clases dentro de la parcela, práctica que es conocida como manejo clase específico del cultivo o AP basada en mapas. Para esto son muy útiles los Sistemas de Soporte de Decisiones.

EL RETO DE OBTENER LAS HERRAMIENTAS ANALÍTICAS CORRECTAS

Las compañías proveedoras pueden ser las que deban cubrir esta brecha en términos de proveer al agricultor de herramientas sen-

cillas para manejar los recursos productivos de acuerdo a la variabilidad interna del campo. Este es uno de los actuales desafíos para asegurar una mayor adopción de la AP. Otra posibilidad es optar por una fertilización basada en mapas en la que solo se devuelve al suelo los nutrientes removidos por el cultivo. Esta fertilización sitio específica resulta en lo que se conoce como aplicación de mantenimiento sitio específico. Algo parecido puede ocurrir con los micronutrientes y hay quienes afirman que la remoción de micronutrientes por el cultivo puede ser correctamente descrita vía mapas de rendimiento.

Distribuir los insumos en base a mapas de prescripción se facilita mediante máquinas equipadas con tecnología de tasa variable. Tanto los sistemas de tasa variable como los Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS, por sus siglas en inglés), han avanzado mucho y la industria continúa desarrollando nuevos conceptos y equipamiento con este propósito. Al mismo tiempo, la posibilidad de almacenar datos en equipos operativos permite al agricultor controlar la calidad y trazabilidad de las acciones de campo. Esta última provee de muy interesante información de respaldo para las temporadas por venir. Un aspecto importante es la necesidad de construir un mapa de prescripción por insumo a aplicar, el que debe calzar con los requerimientos específicos de cada punto de la parcela. Este mapa se construye antes

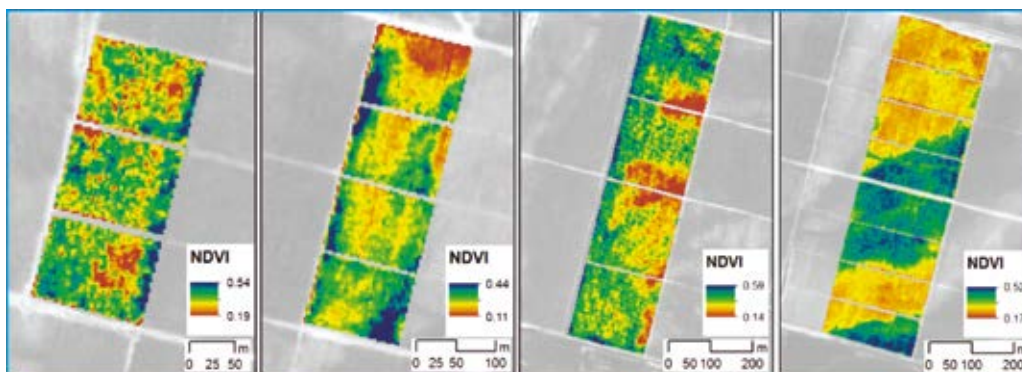


Figura 4: Viña con variabilidad similar en magnitud pero con diferentes patrones espaciales. De izquierda a derecha la variabilidad espacial se va estructurando más y más permitiendo manejar zonas fáciles de delimitar.

de la aplicación y completa el ciclo que comienza con la adquisición de datos y continúa con las subsecuentes etapas de análisis y toma de decisiones. Dependiendo del insumo, el tiempo requerido para completar el ciclo puede llegar a corresponder al ciclo del cultivo. Sin embargo, la aplicación en tiempo real de nitrógeno y herbicidas es otra posibilidad a implementar. En ese caso, la tasa instantánea es decidida en el trayecto durante la aplicación misma. En estos sistemas, los datos del cultivo son tomados por sensores específicos e inmediatamente transferidos a un controlador electrónico que decide la tasa de aplicación sin la necesidad de seguir un mapa. Hoy en día, el tiempo del ciclo completo puede durar milisegundos. Una tercera opción es la fusión de ambas posibilidades al operar con un enfoque macro de acuerdo a mapas de prescripción (tasas base) y con sensores en tiempo real para ajustar la tasa de aplicación final. ■



Figura 5: Ejemplo de monitor de tasa variable de aplicación que permite tasas variables de siembra en base a un mapa del campo que muestra diferentes zonas de manejo de acuerdo a la variabilidad espacial de las propiedades del suelo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agricultura de Precisión (AP): Como AP es una disciplina muy transversal se pueden encontrar muchas diferentes definiciones de acuerdo a los diferentes enfoques. Acá listamos algunos de ellos.

- La aplicación de insumos agrícolas en el tiempo correcto, en la cantidad correcta y en el lugar correcto (Robert et al.), usando la fuente correcta (IPNI) y de la manera correcta (Khosla).
- El uso de nuevas tecnologías de información junto a la experiencia agronómica para sitio específico i) máxima eficiencia productiva, ii) máxima calidad, iii) minimizando el impacto medioambiental y iv) minimizando el riesgo (McBratney y Taylor).
- Observación, evaluación del impacto y respuesta estratégica oportuna a la variación a escala fina de los componentes causales de un proceso de producción agrícola (McBratney y Whelan).
- La aplicación de tecnologías y principios para manejar la variabilidad espacial y temporal asociada a la producción agrícola con el propósito de mejorar el comportamiento del cultivo y su calidad medioambiental (Pierce y Nowak).
- Información y producción integrada en base al sistema agrícola para incrementar en el largo plazo, de manera sitio específica la eficiencia de la producción agrícola completa, la productividad y rentabilidad en tanto se minimizan los impactos indeseados en la vida salvaje y el medioambiente (Cámara de Representantes de EEUU).
- Un enfoque sistemático para gestionar suelo y cultivo para reducir la incerteza de las decisiones por medio de la mejor comprensión y gestión de la variabilidad espacial y temporal (Dobermann et al.).
- Una estrategia de gestión del campo completo basada en el uso de datos e información tecnológica con el fin de obtener una mayor eficiencia de producción y rentabilidad sustentable en tanto se minimizan los impactos medioambientales (los autores).

Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS, por sus siglas en inglés): Término genérico usado para describir un sistema de cobertura global para determinar la ubicación en la superficie de la tierra del receptor (longitud, latitud y elevación) por medio de la recepción de señales de radio desde satélites.

Sistema de soporte de decisiones (DSS): Un sistema computacional que integra datos con conocimiento experto y se retroalimenta de temporadas previas para ayudar a la toma de decisiones de manejo.

Manejo sitio específico del cultivo (SSCM, por sus siglas en inglés): una forma de implementar AP aplicando insumos agrícolas de acuerdo a los requerimientos variables de suelo y cultivo en el campo.

Gestión de clases potenciales (PMC): Las diferentes áreas dentro del campo que podrían recibir diferentes prácticas de manejo o tasas de aplicación debido a que presentan diferente potencial productivo o requerimientos medioambientales. Por lo general se definen dos, tres o cuatro clases e incluso una misma clase se puede fragmentar en varias zonas de manejo diferentes.

Tasa variable de aplicación (VRA, por sus siglas en inglés) usando Tecnologías de Tasa Variable (VRT, por sus siglas en inglés): El ajuste variable de insumos para alcanzar los requerimientos del cultivo dentro de la parcela (VRA) por medio de máquinas equipadas con aparatos de control automáticos de tasa variable (VRT). Además VRT puede facilitar VRA en base a mapas de prescripción. Es posible implementar VRA con maquinaria convencional si las zonas de manejo está apropiadamente definidas.

TRABAJAMOS PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD.

- PARA USO AGRÍCOLA OFRECEMOS PRODUCTOS BASADOS EN AMINOÁCIDOS.
 - PARA USO FOLIAR Y AL SUELO.
 - TAMBIÉN PARA APLICACIONES POR FERTIRRIEGO Y EN VETERINARIA.
 - SON MINERALES ORGÁNICOS (QUELATOS MINERALES DE AMINOÁCIDOS Y GLICINATOS) EN POLVO Y LÍQUIDOS
- BUSCAMOS DISTRIBUIDORES**



PRIYA CHEMICALS

2, Larissa, 396/B, Off S. T. Road, Mahim, Mumbai – 400 016. India.
Tel: 91-22-2444 9379 / 2446 0419/20, Fax: 91-22-2444 9459
Email: angle@vsnl.com Web: www.priyachem.com