

## **Agricultura de Precisión**

Emiliano García y Fernando Flego \*

### **Abstract**

Este trabajo de investigación consta principalmente en dar a conocer las tecnologías Agropecuarias de la agricultura de precisión así como también los productos y servicios que se brindan para hacer más ágil el proceso de la misma. Ofreceremos información relacionada con todos los dispositivos electrónicos que interactúan en la producción y el proceso de agricultura de precisión.

### **Keywords**

Campo, Agricultura, Precisión, GPS(Sistema de posicionamiento global), GIS(Sistema de información geográfica), Mapa de rendimiento, Banderillero satelital, Análisis foda, Análisis estratégico, INTA.

## **I. Introducción**

### **A. Reseña Histórica**

Esta nueva tecnología surgió en nuestro país durante el año 1995, de la mano del INTA con el apoyo inicial de algunas empresas del sector privado como D&E, Tecnocampo, Agrometal, A&T, Agrimax, Acopio Arequito, entre otras. La Agricultura de Precisión se concibió desde EE.UU. como un círculo que se retroalimentaba año a año y donde el único objetivo culminaba con la realización de dosis variable de insumos. O sea, que se incorporó la idea de utilizar la tecnología de información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad natural y/o inducida presente dentro del lote.

Dentro de esta tecnología se cuenta con herramientas claves dentro del sistema, como lo son el GPS y la electrónica, medios para recopilar datos en tiempo real sobre lo que sucede o sucedió en un cultivo.

Antes de contar con herramientas para implementar la agricultura de precisión, se consideraban los lotes como una unidad productiva, tomando datos promedio de productividad y de características físicas y químicas del suelo. Tratando grandes áreas

---

\* Alumnos de la Facultad de Ingeniería - UP.

de la misma manera, el productor pasaba menos tiempo en el campo y cubría más hectáreas por día.

Hoy en día la tecnología ha alcanzado un nivel que le permite al productor medir, analizar, y manejar la variabilidad dentro de los lotes que era conocida previamente pero que no se podía manejar. La habilidad de manejar variaciones en la productividad dentro del lote y maximizar los rendimientos han sido siempre los deseos de los productores, especialmente de aquellos con limitaciones en el recurso suelo. Ref. Web [3].

## B. ¿Que es la Agricultura de Precisión?

El concepto sobre el que se basa la agricultura de precisión es aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. Es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote. La agricultura de precisión (AP) involucra el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. Las tecnologías de la agricultura de precisión permiten satisfacer una de las exigencias de la agricultura moderna: el manejo óptimo de grandes extensiones. Se presenta como principal ventaja que el análisis de resultados de los ensayos se puede realizar por sectores diferentes dentro de un mismo lote, y de esta manera ajustar el manejo diferencial dentro de los mismos. Por ejemplo, los rendimientos de dos cultivos pueden ser idénticos si se usan los promedios, pero diametralmente opuestos en una situación de loma y en una de bajo en un determinado lote. Este dato sólo podrá obtenerse mediante la realización de un mapa de rendimiento. Del mismo modo, podrán analizarse, el tipo y la dosis de fertilizante a aplicar, la densidad de semilla, la fecha de siembra, el espaciamiento entre hileras, etc. El uso de las tecnologías de la agricultura de precisión puede ayudar a mejorar los márgenes, a través de un aumento del valor del rendimiento (cantidad o calidad), de una reducción en la cantidad de insumos, o de ambos simultáneamente. Ref. Web [3].

## C. Agricultura de precisión en Argentina.

Las técnicas de la agricultura de precisión más usadas en Argentina son el monitor de rendimiento y el sistema de guía por GPS (banderillero satelital). También se incluyen dentro de ésta, densidades de siembra variable, dosis variables de fertilizantes, manejo localizado de plagas y sensores remotos, entre muchas otras aplicaciones. Argentina comenzó a principios de 1996 en el INTA Manfredi, Córdoba, con el lanzamiento de lo que hoy es el Proyecto Nacional de Agricultura de Precisión. Este proyecto alcanzó nivel nacional en 1999, y actualmente incluye cinco estaciones experimentales ubicadas en cuatro provincias (Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos), con la coordinación en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Córdoba.

## D. ¿Qué le puede brindar esta tecnología al productor?

- Reducción de costos - reducción del uso de insumos.
- Mayores rendimientos con el mismo nivel de insumos.
- Mayor calidad en las cosechas debido a una mejor combinación de los requerimientos y los insumos aplicados.

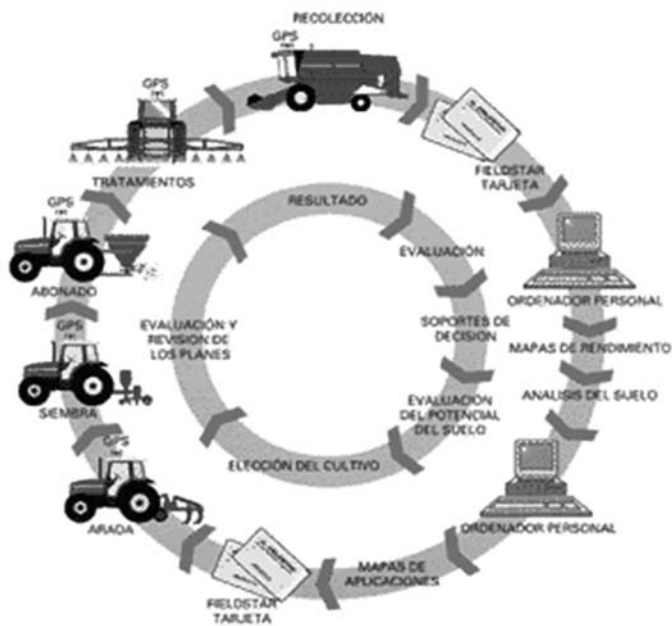
## E. Definición

La Agricultura de Precisión corresponde a una estrategia de administración que utiliza tecnología de la información y las comunicaciones para recolectar datos útiles desde distintas fuentes con el fin de apoyar decisiones asociadas a producción de cultivos. Ref. [1].

Existen dos definiciones que hay que tener en cuenta para comprender el informe: **Gestión Sitio-Específico de Cultivos**- Consiste en realizar la gestión correcta, en el lugar indicado y en el momento oportuno.

**Agricultura de Precisión**- Consiste en automatizar la gestión Sitio-Específico de Cultivos usando las TICs

## F. Ciclo completo de la Agricultura de Precisión



**Figura 1** (Ciclo Completo)

La agricultura de precisión proporciona la capacidad de recopilar, interpretar y aplicar información específica de las explotaciones, transformando datos e información en conocimiento y rentabilidad. Estos sistemas no sólo posibilitan una gestión agronómica más eficaz, sino que además permiten aumentar la precisión de las labores y la eficiencia de los equipos. Ver figura 1.

## **II. Empresa de Servicios**

### **A. Análisis de fortalezas, debilidades y oportunidades**

#### **Factores que favorecen la adopción (Fortalezas)**

- Productores que trabajan grandes extensiones de tierra, con una relación relativamente alta capital/empleado.
- Alto nivel de educación de grandes productores y de los asesores rurales.
- Tecnología disponible de Norteamérica y Europa, y desarrollos locales post-devaluación.
- Necesidad de los grandes productores de contar con mayor información.
- Facilidad de compartir datos para analizar problemas y buscar soluciones a través de agrupaciones de Productores.

#### **Factores que desfavorecen la adopción (Debilidades).**

Para la adopción de la agricultura de precisión en Argentina, hay por lo menos cuatro diferencias clave con países desarrollados:

- Mayor costo de la inversión en hardware y software por la devaluación y por la falta de crédito.
- Mayor riesgo de producción por retenciones, ausencia de subsidios, poca difusión del seguro de cosecha, falta de infraestructura de comercialización y transporte, inundaciones, etc.
- Menor variabilidad inducida de suelos por una historia de agricultura más reciente que el hemisferio norte y por el poco uso de fertilizantes o enmiendas.
- Uso generalizado de contratistas, lo que puede dificultar la cosecha de datos de calidad.

#### **Oportunidades**

Para una mayor difusión y adopción de la agricultura de precisión en Argentina hay que vencer un número de desafíos:

- Entrenar a los agrónomos y a los productores a recolectar información útil para un análisis sitio específico.

Ejemplo de esto puede ser ensayos a campo en los que se pueda establecer una relación entre las características de los ambientes dentro del lote y los rendimientos obtenidos.

- Capacitar a los operarios de cosechadoras y contratistas a recoger datos geo referenciados.
- Formar a los Ingenieros Agrónomos y a los Economistas Agrarios para que realicen análisis de rentabilidad en el espacio y en el tiempo.
- Interpretar datos. Esto es un desafío siempre que se usa la agricultura de precisión y no se conocen las causas de la variabilidad.
- Usar datos de bajo costo, tales como mapas de rendimiento, mapas de elevación digital, imágenes satelitales, fotografías aéreas y en el futuro, sensores remotos y sensores de suelo.
- Desarrollar redes locales de investigación y experimentación adaptativa, ya que la agronomía y la economía de la agricultura de precisión son sitio-específicas.

### **Pronóstico**

- Rápida adopción del monitor de rendimiento por parte de productores y contratistas.
- Rápida adopción del banderillero satelital en aviones y pulverizadores autopropulsados, por parte de contratistas.
- Lenta pero sostenida adopción de la dosis variable, en la medida en que se identifiquen los factores limitantes de rendimiento y se prescriban recomendaciones adecuadas para cada zona de manejo. Ref. Web [1].

## **B. Agentes Involucrados en la Agricultura de Precisión**

### **El productor empresario**

Debido al crecimiento de las escalas productivas y la mayor cantidad de tareas gerenciales que debe realizar, el productor empresario cada vez tiene menos tiempo para recorrer sus parcelas. Mediante la AP dispondrá de información más detallada pudiendo realizar el seguimiento de los resultados de sus cultivos. También podrá evaluar y supervisar el trabajo de sus tractoristas y de los responsables de campo dado que todo queda perfectamente registrado y geo-referenciado en los mapas de rendimiento. El productor, mediante estas herramientas, podrá cuantificar fácilmente la variabilidad natural de su campo para luego realizar ajustes de manejo junto con su asesor, evaluar el resultado de nuevas técnicas, el comportamiento de diferentes materiales genéticos, las recomendaciones de su consultor o proveedor de insumos, los errores de manejo que pueden haber cometido por decisiones equivocadas u omisión, etc. Es posible que conociendo estos beneficios comiencen a demandar a sus contratistas de cosecha el equipamiento de sus cosechadoras con monitores de rendimiento y GPS.

### **Los asesores o consultores**

Los asesores o consultores encontrarán en esta tecnología, a parte de las ventajas mencionadas anteriormente, una importante ayuda para su trabajo. Además, las fotos

aéreas, satelitales y digitalizadas, les permitirán observar los cultivos durante el desarrollo del mismo, pudiendo identificar y ubicar aquellos ambientes o sectores con problemas que requieren una rápida atención. Los sensores en tiempo real permitirán relacionar aspectos del cultivo y/o del suelo con cuestiones de gestión. Al referirse a los ajustes de gestión no sólo se tiene en cuenta el ajuste en las dosis o mezclas de fertilizantes, sino a todos los aspectos agronómicos que pueden tener solos o combinados repercusión en el resultado económico de los cultivos.

### **Las empresas proveedoras de insumos**

Estas empresas dispondrán de una tecnología que les permitirá ofrecer recomendaciones a los productores sobre el uso de sus productos ajustado para los ambientes más representativos de cada zona, como una forma de aprovechar al máximo el potencial de los mismos y brindar un mejor servicio.

### **Las empresas proveedoras de equipamiento**

Las empresas proveedoras de equipamiento para agricultura de precisión deberán estar muy cerca del productor y de su asesor para detectar sus necesidades y poder responder a las mismas.

## **C. Barreras de la Agricultura de Precisión**

- La Agricultura de Precisión no está disponible para todos los agricultores, es más probable que se limite a los que tengan una escala grande de producción.
- El costo de los equipos es percibido por los agricultores como alto, sin que estos analicen sus ventajas.
- Problemas de compatibilidad con la maquinaria existente.
- Se requieren ciertas habilidades informáticas para la implantación de los sistemas.
- Poca cultura de innovación en el sector.
- Sólo un 30% de los agricultores tiene ordenador.
- Resistencia en el sector a pagar por formación.

## **D. Beneficios de la Agricultura de precisión**

- Gestión optimizada de las explotaciones.
- Reducción de la aplicación de pesticidas y fertilizantes.
- Menor impacto medioambiental.
- Productos con mayor valor nutritivo.
- Obtención de información más precisa y de trazabilidad, muy importante en las zonas con carencias de nitrógeno.
- Reducción de combustible en los tractores.

Ref. [1].

### III. Desarrollo del producto

#### A. Aplicaciones electrónicas / Tecnológicas

- 1) La agricultura de precisión consiste en el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote. La agricultura de precisión involucra el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. La información obtenida puede usarse para implementar planes de manejo de la variabilidad.
- 2) Las técnicas de la agricultura de precisión más usadas en Argentina son el monitor de rendimiento y el sistema de guía por GPS (banderillero satelital), aunque la agricultura de precisión también incluye la densidad de siembra variable, la dosis variable de fertilizantes, el manejo localizado de plagas, los sensores remotos y muchas otras aplicaciones. Las tecnologías de la agricultura de precisión permiten satisfacer una de las exigencias de la agricultura moderna: el manejo óptimo de grandes extensiones.
- 3) El uso de las tecnologías de la agricultura de precisión puede ayudar a aumentar la rentabilidad a través de un aumento del valor del rendimiento (cantidad o calidad), de una reducción en la cantidad de insumos, o de ambos simultáneamente.

#### B. Herramientas de la agricultura de precisión

Para facilitar su estudio, las herramientas de la AP se pueden clasificar en categorías:

##### 1. Sistema de posicionamiento global (GPS)

En la década de los '80 la armada de USA puso en funcionamiento un sistema de navegación basado en las emisiones de un reducido grupo de satélites. Este sistema llamado SATNAV fue el antecedente del actual GPS. El GPS fue desarrollado por el Departamento de Defensa de EE UU al final del período de la “Guerra fría” con fines militares. Superada esta fase, se extendió su uso a aplicaciones civiles, comenzando a utilizarse en náutica y aviación.

El sistema GPS permite localizar y ubicar en cualquier punto de una explotación, personas y objetos en tiempo real.

La precisión obtenida por el sistema varía entre 5 y 20 metros.

En la actividad agropecuaria es innumerable la cantidad de situaciones en las que necesitamos conocer la superficie de un potrero; siembra de un cultivo, distribución de fracciones de pastoreo, confección de un silo, liquidación de trabajos a contratistas o clientes, etc.

La tecnología satelital permite grabar el recorrido del área a calcular, para luego informar en la pantalla del equipo el valor. Entre otras cosas los GPS miden las alturas de cada punto de ese recorrido con respecto al nivel del mar. Algunos modelos tienen incorporado un barómetro que le permite dar un valor de altura más exacto. Estos valores sirven para el trazado de líneas de aguadas, canales, etc.

Son necesarios como mínimo, tres puntos del perímetro para realizar el cálculo de área. A medida que se tomen mayor cantidad de puntos referenciales, el error que normalmente tiene este tipo de medición, tiende a disminuir. Ver figura 3.

### **Composición del Sistema**

El Sistema de Posicionamiento Global está compuesto por una red de 24 satélites denominada NAVSTAR, situados en una órbita a unos 20.200 km. de la tierra y los receptores GPS, que permiten determinar la posición en cualquier lugar del planeta, de día o de noche y bajo cualquier condición meteorológica.

Los satélites procesan los datos que permiten conocer su ubicación exacta y con relación a los otros satélites de la red. Cuando se enciende un receptor GPS portátil y se apunta la antena hacia el cielo, se reciben las señales de los satélites (el receptor GPS no emite ninguna señal, solo las recibe), empezando por las más fuertes, de manera que puede empezar a calcular la distancia exacta hasta ese satélite, así como saber donde buscar los demás satélites en el espacio. Una vez que el receptor GPS ha captado la señal de por lo menos tres satélites, entonces puede calcular su propia posición en la tierra. Esa es la información que presenta en la pantalla como Longitud y Latitud. Si un cuarto satélite es captado, esto proporciona precisión a los cálculos y se muestra también la Altitud calculada en pantalla.

### **Conclusión**

El uso del GPS es muy amplio. Es una herramienta de simple manejo, útil para toda persona que esté vinculada a la actividad agropecuaria, ya sea para localización, o para conocer la superficie de un predio, sea cual fuera su magnitud. Su costo es relativamente bajo, con respecto a las innumerables posibilidades que brinda.

## **2. Monitoreo de rendimiento y mapeo**

El mapa de rendimiento produce información detallada de la productividad del campo y brinda parámetros para diagnosticar y corregir las causas de bajos rendimientos en algunas áreas del campo y/o estudiar las causas por las cuales el rendimiento es más alto en algunas zonas. El sistema guarda registros de:

- Campos
- Variedades
- Descargas
- Tiempos



Un monitor de rendimiento es un sistema que recoge la información procedente de distintos sensores y gracias a un software calcula el rendimiento de un cultivo en el tiempo y en el espacio, basándose en la información de localización de cada parcela proporcionada por el sistema de localización por satélite GPS. El resultado se representa en un mapa gráfico.

El monitor de rendimiento también estima y graba el contenido de humedad y la cantidad de grano de cada sitio. El rendimiento, ya sea base “seca” o base “húmeda”, se calcula como la cantidad de grano de cada sitio dividida por el área de ese sitio de cosecha en particular.

### **Componentes del monitor de rendimiento**

Todos los monitores de rendimiento que se usen para recoger datos para crear un mapa de rendimiento necesitan los siguientes componentes básicos

1. Sensor de flujo de grano.
2. Sensor de humedad del grano.
3. Sensor de velocidad de avance.
4. Antena GPS.

### **Ventajas del monitor de rendimiento**

- Mejor administración de lo que está siendo cosechado.
- Si hubiera algún desvío en el rendimiento instantáneo, el operador puede proceder inmediatamente a realizar los ajustes necesarios a la máquina.
- Totalización de la cantidad recolectada en cada lote, pudiéndose comparar los datos con los de la balanza.
- Conocimiento exacto de qué está siendo recogido por la cosechadora en el campo.

## **3. Muestreo intensivo de suelos**

Es el proceso que permite al agricultor conocer cuál es el factor limitante que provoca las diferencias de rendimiento dentro de las distintas parcelas de un mismo cultivo y tomar acciones para mejorar este hecho.

Consta de tres etapas:

1. Toma de muestras representativas de cada área considerada (guiado por un GPS).
2. Análisis en laboratorio e Interpretación de resultados.
3. Toma de decisión sobre el siguiente tratamiento del cultivo a realizar.

### **Mapa de aplicación y dosis variable de insumos**

Con la información disponible a partir del muestreo intensivo de suelos y del mapa de rendimiento, el sistema de información genera un mapa con las futuras acciones: el mapa de aplicación. Este mapa se crea sobre una base de datos GIS, que contiene todos los datos relativos a la explotación y a rendimientos anteriores.

Este paso supone la realimentación de toda la información recolectada durante todo el período de cultivo de la última cosecha, por lo que un adecuado uso de esta información, permitirá aumentar el rendimiento de la siguiente cosecha. Posteriormente, gracias al GPS y a controladores en la salida de insumos, se puede realizar un ajuste en tiempo real de la aplicación de insumos, de acuerdo a las indicaciones del mapa de aplicación. La incorporación de este tipo de tecnología a los distintos tipos de maquinaria existente trae consigo la automatización de los procesos en el campo, con la consiguiente optimización de recursos y aumento de productividad.

### **Guiado semiautomático**

Consiste en la incorporación a la maquinaria que realiza las operaciones en el campo, de un sistema de posicionamiento DGPS que posibilita el conocimiento en cada momento de su posición. Con la ayuda de un panel gráfico, es posible trazar líneas rectas perfectas para trabajar la tierra.

### **Simulación de cultivos**

Con la gran cantidad de información que permite tener disponible la agricultura de precisión, es posible generar modelos agronómicos de predicción y diagnóstico para la simulación de cultivos, donde el agricultor pueda entender lo sucedido en una situación particular o predecir lo que va a pasar a partir de los datos disponibles.

### **Sistemas Expertos y Sistemas de Soporte a la Decisión**

Los sistemas expertos (SE) permiten utilizar el conocimiento de agricultores y expertos en diversas áreas (entomología, horticultura y agro meteorología) con el fin de resolver las necesidades específicas de un agricultor y ofrecer soluciones a los problemas relacionados con sus cultivos. Combinan la experiencia y conocimiento de un experto, con las capacidades intuitivas de razonamiento de multitud de especialistas. Para ello se basan en un programa informático que simula el comportamiento de un experto ante un problema y proporciona una solución.

## **4. Percepción remota**

Es la ciencia y el arte de obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de datos obtenidos con un aparato (sensor remoto) que no está en contacto físico con ese objeto, área o fenómeno bajo estudio. El sensor remoto puede estar a pocos centímetros o a varios kilómetros, dependiendo del sistema usado y de la información deseada. Ej.: sensor de Nitrógeno, fotografías aéreas, imágenes satelitales, etc.

### **Los Sensores.**

Se conoce como sensor cualquier dispositivo que permite convertir una magnitud física en una señal eléctrica que, posteriormente, puede manejarse para suministrar información o para ser tratada directamente por un ordenador.

Los sensores son los que servirán para determinar, en cada momento y posición de la máquina, su velocidad de avance, la temperatura en un determinado lugar, el estado de cualquiera de sus mecanismos, o también la cantidad de grano instantáneamente cosechado por la máquina, la fertilidad del suelo en una zona del campo, el nivel de vegetación del cultivo.

Cualquier máquina agrícola, o para uso doméstico, incluye numerosos sensores que proporcionan información al usuario, dentro de sistemas para la medida electrónica de magnitudes mecánicas. Ver figura 2.

Lo innovador en la Agricultura de Precisión es que se utilizan dispositivos que permiten determinar, en tiempo real, algunas de las características agronómicas de las micro-parcelas por las que se desplazan las máquinas sobre el campo.

Los sensores agrarios más experimentados y fiables son los que se encargan de determinar el caudal instantáneo de grano que llega a la tolva de una cosechadora trabajando en situación normal, que debe efectuar la pesada teniendo en cuenta la temperatura y la humedad del grano trillado.

### **Sensores necesarios para el monitor de rendimiento Instantáneo o de tiempo real.**

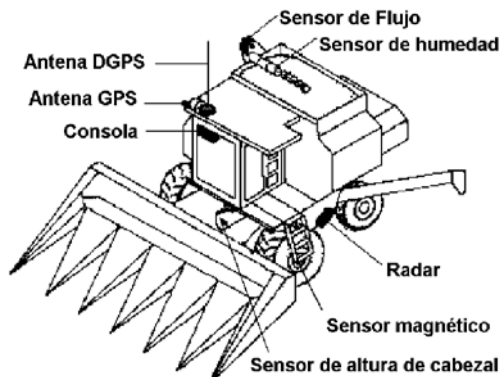
Estos monitores miden y graban los rendimientos sobre la marcha.

Los datos necesarios para que trabaje un monitor son los siguientes:

1. Flujo de grano por unidad de tiempo.
2. Humedad del grano por unidad de tiempo
3. Velocidad de avance de la cosechadora.
4. Ancho de corte del cabezal.

### **Sensores necesarios para el control del rendimiento.**

1. Sensor de flujo de grano.
2. Sensor de humedad del grano.
3. Sensor de velocidad de avance.
4. Switch de posición del cabezal.
5. Consola del monitor.
6. Receptor DGPS.



**Figura 2**

## 5. Dispositivos electrónicos

Se trata de pequeños ordenadores portátiles, que se instalan a bordo de la maquinaria agrícola, y permiten el almacenamiento de los datos proporcionados por los sensores, un procesamiento básico de los mismos, y su posterior representación en pantalla.

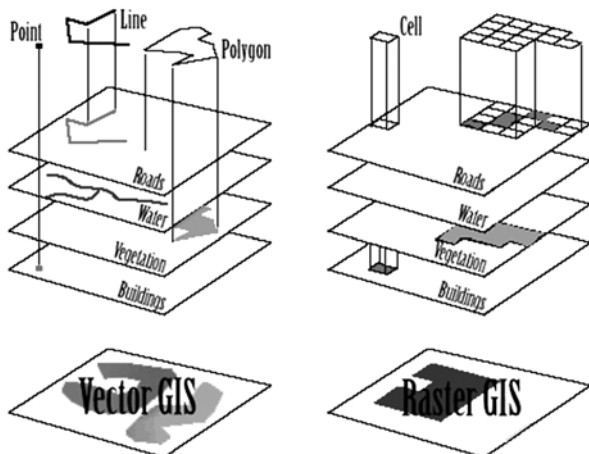
También poseen funciones de control, que les permite lanzar órdenes a la máquina, de modo que permita variar su velocidad o controlar la cantidad de insumos aplicada.

## 6. Redes de comunicación.

Las redes de comunicación permiten transferir toda la información recogida por los sensores ubicados en la maquinaria agrícola, desde el campo hasta un lugar donde sea posible procesarlos y tomar decisiones con más comodidad. De esta forma se dispone de información precisa y oportuna, disminuyendo la incertidumbre a la hora de tomar decisiones.

## 7. Sistema de información geográfica (GIS).

Un Sistema de Información Geográfica (GIS) es en realidad un programa de ordenador pensado para almacenar, recuperar, analizar y mostrar datos cartográficos. En GIS, los datos acerca de la superficie de la Tierra no se representan como un dibujo, como sucede con los mapas convencionales, sino como información o datos. Estos datos de GIS contienen toda la información espacial de un mapa convencional, pero con la ventaja de ser mucho más flexibles a la hora de representarlos, permitiendo además la obtención de nuevos mapas a partir de datos ya existentes.

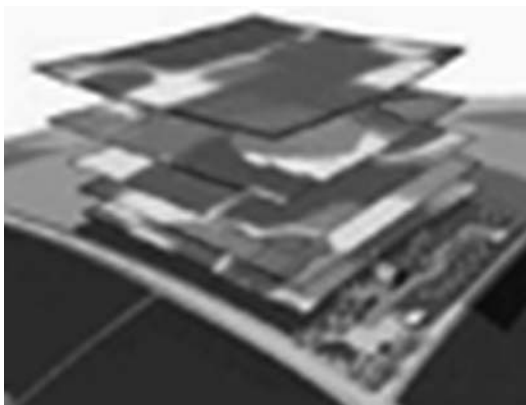


**Figura 3**

El mayor logro de GIS es que todos los datos espaciales se almacenan de forma estructurada, en una base de datos espacial. La propia estructura de esta base de datos determinará la sencillez en el manejo del programa.

GIS utiliza dos modos de representación de los datos: **modo vector** y **modo rastreo**. En el modo vector se considera que todas las características de la superficie de la tierra se pueden interpretar como un punto, línea o polígono. Cada característica almacenada en la base de datos de GIS debe estar especificada por su localización en la superficie de la tierra, y mantener relación espacial con el resto de características que le rodean. Este modo se prefiere en aplicaciones urbanas. El modo rastreo es el preferido a la hora de trabajar con imágenes digitalizadas, datos remotos y análisis estadístico. En este modo se almacenan los datos en celdas (o píxeles), determinados según una rejilla, generalizando así la localización de características a una matriz regular de celdas.

Por otro lado, los datos en GIS suelen almacenarse en diferentes capas, cada una de las cuales tiene una característica topográfica particular. Es decir, habrá una capa para los ríos, otra para vegetación, para asentamientos humanos, facilitando el acceso a datos concretos. Aparte de los modos de almacenamiento de los datos, en GIS también puede incluirse información no espacial, relacionada con cada punto o zona del mapa.

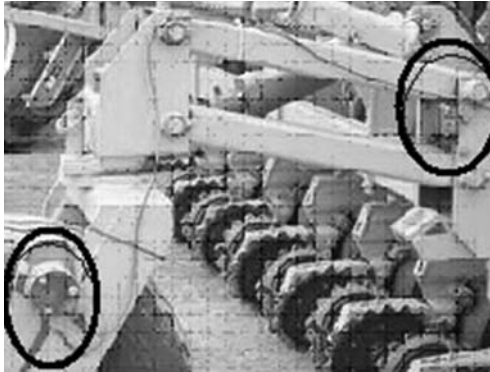


**Figura 4**

Hasta ahora se ha mencionado el uso de GPS en la Agricultura, pero por sí solo no constituye a la Agricultura de Precisión. Se requiere de un sistema que permita el acceso a toda esa información recopilada de un modo organizado, el manejo de los datos y análisis de los mismos, facilitando su interpretación y la toma de decisiones. Aquí es donde cobra importancia el papel de GIS, debido a todas sus características previamente mencionadas. Así, a medida que la agricultura de precisión se expande, GIS se expande con ella. Ver figuras 3 y 4.

## 8. Dosis variable de fertilizantes y densidad de siembra variable

Permite ajustar la dosis de insumos de acuerdo al mapa de aplicación realizado en un GIS. Requiere del uso de un GPS para conocer la ubicación del equipo en el lote. Una computadora integra la información del mapa de aplicación y del GPS, enviando la información al controlador del equipo para variar la dosis recomendada sobre la marcha. Si no se dispone de un sistema de dosis variable automático, una alternativa es la dosis variable manual, o la paralelización de zonas de manejo. Ver figura 5.



**Figura 5**

## 9. Banderillero satelital

Es un sistema guiado por GPS usado para que el equipamiento siga una trayectoria determinada en el mapa de aplicación. Es usado principalmente en pulverizadoras autopropulsadas y en aviones aplicadores. Una evolución de este sistema es el piloto automático o autoguía, como así también el volante automático, que permite que el implemento siga una trayectoria predeterminada. Permite trabajar en líneas rectas o curvas. Orienta al operador para permanecer sobre una línea de aplicación predeterminada, a través de aviso sonoro e indicación en la pantalla. Cuando el operador se sale de la línea predeterminada, la pantalla indica el desvío o error, y emite un sonido característico de error para cada lado de la línea. Se puede instalar en cualquier unidad con cabina que posea alimentación de 12 Voltios. Puede ser tractor, pulverizador o cosechadora. Ver figura 6.

### **Principales usos del banderillero satelital:**

- Pulverización
- Apertura de surcos
- Aplicación de fertilizantes
- Cultivo
- Marcación de líneas para plantaciones en áreas extensas

- Contabilización de líneas durante las maniobras en cultivos ya plantados
- Preparación de suelos



**Figura 6**

### **Beneficios del Banderillero satelital:**

- Aumentar el rendimiento de la maquinaria
- Reducir solapamientos y evitar dejar zonas sin trabajar en las pasadas sucesivas
- Aumenta la duración de la jornada permitiendo trabajar con precisión aún durante la noche
- Ayuda a reducir la fatiga del operador
- Elimina los marcadores de espuma
- Permite al operador controlar más de cerca el funcionamiento del implemento o pulverizador
- Aplicación más racional de productos químicos
- Permite trabajar a velocidades más altas, cubriendo más superficie con menores costos
- Facilita la operación, especialmente en labores de difícil orientación

## **10. Software**

Permite al agricultor controlar varios aspectos importantes de las operaciones de su explotación agrícola, desde su oficina. Permite administrar costos y hacer un seguimiento, asociados a variables como campos, cultivos, variedades, rendimientos, máquinas, fertilizantes y agroquímicos, entre otros. Es fácil almacenar y administrar una gran variedad de informaciones referentes a cultivos y explotaciones agrícolas. Es el programa para crear y manipular los mapas de rendimiento a partir de los datos recolectados por la cosechadora. Ref [4] [5]

## **11. Beneficios y barreras de las TIC en la agricultura de precisión**

### **Beneficios**

- Mejora de la gestión de la explotación y de la documentación para la trazabilidad de sus productos.

- La informatización de los datos recogidos, junto con la aplicación de los conocimientos edafológicos del agricultor, favorecerá la realización de previsiones de comportamiento y simulación de cultivos, que permitan aprender de experiencias anteriores.
- El despliegue de redes de comunicación permite la conectividad dentro y hacia fuera de la explotación, reduciendo el aislamiento de los agricultores.

### **Barreras**

- La inversión inicial en equipos hardware y software es percibida por los agricultores como alta, ya que los beneficios pueden no ser evidentes a simple vista.
- La falta de usabilidad de las interfaces tecnológicas y el bajo nivel de informatización del sector.
- Existe un bajo nivel de formación e información de los agricultores, que en ocasiones desconocen las implicaciones y beneficios que la agricultura de precisión puede aportarles.

## **IV. Conclusión**

A pesar de que los trabajos en los que se apoya la “agricultura de precisión” se iniciaron en la década de los ‘80, y que el lanzamiento público de los mapas de rendimiento se realizó hace ya más de 10 años, se puede decir que esta tecnología acaba de comenzar. Se ha avanzado bastante en todo lo que se relaciona con mapas de cosecha pero para obtener resultados prácticos hay que trabajar mucho. No sirve la información procedente de los campos de cultivo de otros países europeos o americanos. Es necesario hacerlo durante varios años antes de poder sacar conclusiones. Deberán de ser programadas formando parte de los Sistemas para el Soporte de la Decisión (SSD), que ayuden al agricultor a tomar decisiones en cada circunstancia de una manera razonada, como si dispusiera permanentemente de un excelente consejero agrónomo que le diera continuamente recomendaciones para cada zona de su campo. Con esta técnica se puede minimizar el impacto ambiental de la agricultura, reduciendo las cantidades de agroquímicos aplicadas sin que esto signifique reducir la producción, llegando a una agricultura más eficiente con menores costes de producción. Indiscutiblemente, aprovechar las ventajas que se vislumbran no va a ser sencillo; todavía queda mucho por hacer, especialmente en todo lo que se refiere a la mejora del conocimiento agrónomo que se puede considerar, para muchas situaciones, incipiente.

Esta tecnología viene inevitablemente ligada al empleo de medios informáticos que interpreten los datos recopilados y resuelvan el problema concreto del modo más óptimo. De modo que no se trata tan sólo de una inversión en tecnología por parte del agricultor, sino que requiere también de una asimilación de conocimientos y una preparación previa.

La aplicación de estas tecnologías no es tan obvia como en un principio parece. Para que resulte rentable es necesario disponer de medios, tantos tecnológicos como



físicos. Por tanto, se ha demostrado cómo en América esta visión innovadora está logrando éxito. Se han dado los primeros pasos, pero todavía queda mucho por investigar y aplicar a nuestros campos.

## **V. Bibliografía**

### **Periódicos**

- [1]. La Nación, sección campo , 8 de Marzo.
- [2]. La Nación, sección campo, 15 de Marzo.
- [3]. Clarín, sección rural, 15 de Marzo.

### **Páginas Web**

- [1]. [www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar).
- [2]. [www.johndeere.com](http://www.johndeere.com)
- [3]. [www.agriculturadeprecision.org](http://www.agriculturadeprecision.org)
- [4]. [www.e-campo.com](http://www.e-campo.com)
- [5]. [www.agro-gps.com.ar](http://www.agro-gps.com.ar)
- [6]. [www.claas.com](http://www.claas.com)
- [7]. [www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/cultivosintensivos/maquinas/default.htm](http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/cultivosintensivos/maquinas/default.htm)
- [8]. [www.agrarias.tripod.com/agricultura\\_precision.htm](http://www.agrarias.tripod.com/agricultura_precision.htm)
- [9]. [www.produccionbovina.com/empresa\\_agropecuaria/empresa\\_agropecuaria/16-GPS.htm](http://www.produccionbovina.com/empresa_agropecuaria/empresa_agropecuaria/16-GPS.htm)
- [10]. [www.agrositio.com](http://www.agrositio.com)
- [11]. [www.eumed.net/](http://www.eumed.net/)
- [12]. [www.mitecnologico.com/Main/MicroambienteOFactoresControlablesEmpresa](http://www.mitecnologico.com/Main/MicroambienteOFactoresControlablesEmpresa)
- [13]. [www.dye.com](http://www.dye.com)
- [14]. [www.medicionesgps.com.ar](http://www.medicionesgps.com.ar)
- [15]. [www.fao.org](http://www.fao.org).

## Papers

- [1]. Las TICs en la agricultura de precisión.
- [2]. La agricultura de precisión en la cosecha.
- [3]. Proyecto Agro precisión 2005.
- [4]. Herramientas de la Agricultura de precisión.
- [5]. Tecnologías de la información y las comunicaciones en agricultura.