

## **Agricultura de Precisión**

Matías L Marote\*

### **Abstract**

One of the most important economic branches in Argentina is agriculture. Not only meets domestic demand but also its products are exported to the world. From colonial times until the beginning of this new millennium, has undergone various transformations that have enabled it to position itself as a global production model. Through this work is to show how technology, a faithful supporter of what is now known as precision agriculture, can improve production efficiency levels, reducing production costs and minimizing environmental impact.

The development of a country, based on quality foods, it is difficult to understand without an industry sector, innovative and competitive. Gone are the days where competitiveness is analyzed only in economic terms, today and looked towards environmental stewardship and sustainable development policies as key variables. The best agricultural machine will be that “tool” that will enable the achievement of agronomy at the lowest cost (economic and environmental) preserving the physical integrity, health of the operator and surrounding environment (safety of the production environment).

---

Fecha de recepción del original: 27/05/2010 | Fecha de evaluación del original: 21/07/2010

• Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería, Honduras 3724 4º B, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, 1180 | e-mail: matiasmarote@hotmail.com

## Resumen

Una de las ramas económicas más importantes de la Argentina es la agricultura. No sólo satisface la demanda interna sino que además sus productos se exportan al mundo. Desde la época de la colonia hasta el comienzo de este nuevo milenio, ha sufrido diversas transformaciones que le han permitido posicionarse como un modelo productivo global. A través de este trabajo se pretende mostrar como la tecnología, fiel impulsora de lo que hoy se denomina agricultura de precisión, permite mejorar niveles de eficiencia productiva, disminuyendo los costos de producción y minimizando el impacto ambiental.

El desarrollo de un país, en base a alimentos de calidad, es difícil de entender sin una industria del sector, innovadora y competitiva. Atrás quedaron los tiempos en donde la competitividad se analizaba solo en términos económicos, hoy se fija la mirada en el resguardo del medio ambiente y en políticas de desarrollo sustentable como variables fundamentales. La mejor máquina agrícola será aquella “herramienta” que permitirá el logro del objetivo agronómico con el menor costo (económico y ambiental) preservando la integridad física, la salud del operario y la del medio que lo rodea (seguridad del ambiente productivo).

## 1. Introducción

Desde fines del siglo pasado hasta hoy en día, la economía argentina se basó en la exportación de productos provenientes del campo. El centro de actividades comerciales se ubicaba en la ciudad de Buenos Aires y el Litoral. La importancia del volumen negociable era tal que hacia 1910 nuestro país llegó a ocupar el puesto número once del ordenamiento mundial.

A partir de los años 60 comenzó un progreso técnico. Se difundieron semillas híbridas, agroquímicos, nuevos tipos y manejo de ganado, con fuerte tractorización y mecanización, y se abandonó definitivamente el anacrónico sistema de cosecha, transporte y comercialización de granos en bolsa.

Ya en los años 70 la difusión explosiva de la soja, con aplicación masiva de agroquímicos, maquinaria de mucha mayor precisión, siembra directa y transgénicos, provocó profundos cambios en las formas de producción.

Era ya el auge de una producción introducida merced a estudios técnicos y tecnológicos. Nuevas y renovadas prácticas culturales de mayor complejidad valorizaron al personal capacitado y relativizó la importancia de la experiencia tradicional, antaño capital primordial de los productores. La agricultura de precisión ya daba sus primeros pasos.

Los primeros datos publicados del Censo Nacional Agropecuario 2002 muestran el gran desarrollo de los granos, con retroceso ganadero pampeano, todo en un marco de fuerte concentración de las explotaciones.

Una vez ya introducida en la cultura, en la sociedad, la agricultura de precisión otorgaba cambios técnicos que derivaron en menores costos por unidad producida, pero mucho mayores costos por hectárea, con predominio de gastos fijos. Cobraron mucha mayor importancia el capital, el financiamiento y la cobertura de riesgos, aspectos que no registraron los cambios necesarios; todo agravado por una estructura tributaria regresiva, por el fuerte peso de impuestos sobre la producción y el consumo, no sobre la tierra y las ganancias.

La Agricultura de Precisión se presenta como una excelente herramienta útil para maximizar rendimientos en los sitios donde sea económico hacerlo y minimizar los costos en áreas del lote con limitantes económicamente incorregibles, pero por sobre todas las cosas viene a vincular al productor con el concepto de sustentabilidad del medio ambiente. Concepto que durante décadas se dejó lado y sólo aparecía la rentabilidad por hectárea. Hoy gracias a esta nueva generación de agricultura es posible enlazar la idea de cuidar nuestra tierra, de utilizar cada vez métodos menos nocivos y a vez lograr el rendimiento esperado.

El resto de éste trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se muestra el análisis del ambiente competitivo, o sea el Macroambiente, desde

el punto de vista político, económico, cultural, social, tecnológico y ecológico. La sección 3 se describe el análisis FODA. El desarrollo específico del producto se muestra en la sección 4. Finalmente las conclusiones son descritas en la sección 5.

## **2. Análisis del Ambiente Competitivo: Macroambiente**

### **2.1 Macroambiente Político**

El ambiente político en el que hoy se encuentra inmersa la agricultura no hace posible que ésta puede llegar a sus puntos máximos de florecimientos, ni mostrar todo el potencial que es capaz de brindar.

La llegada de las retenciones móviles hizo que el campo se estancara, se paralizara. Este proceso comenzó hacerse notar en diferentes áreas hasta llegar a los polos que concentra a toda la industria de la agricultura: menos ventas, menos partidas para investigación y desarrollo. El accionar de algunos bancos y las atractivas fuentes de financiamiento que brindaron hicieron que se pueda volver a ver un reactivamiento de dicha industria.

De eliminarse las trabas arancelarias que rigen hoy para los productos agrícolas, el crecimiento sería aún mayor del que hoy se registra. Puede decirse que el crecimiento de este sector no tiene techo.

Según la Sociedad Rural Argentina existe disponibilidad tecnológica de alta precisión que permite aumentar la productividad y que podría llevar a superar los 120 millones de toneladas de granos para la campaña 2015/16. Eso si hubiera una política amigable para invertir.

Un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), para 2050 será necesario aumentar la producción de alimentos en un 70% para evitar que haya hambre en el mundo.

### **2.2 Macroambiente Económico**

La industria agropecuaria Argentina tiene un peso fuerte en el mercado, no por nada el 98% del mercado es dominado por la industria nacional. El mundo también reconoce todo el desarrollo e innovación tecnológica que brindan nuestros equipos, y es por eso que coloca unas 300 sembradoras por año en más de 15 mercados.

En la Argentina hay 70 fabricantes de sembradoras y se estima que sólo siete marcas satisfacen el 60 por ciento del mercado.

El mercado nuevo o nicho que trajo la llegada de la agricultura de precisión fue tal que hoy en día ya existen 17 fabricantes de herramientas de agricultura de precisión.

El concepto de “sector agropecuario” evolucionó hacia el de “sector agroindustrial”, entendiéndose por tal al sistema dinámico que implica la combinación de dos procesos productivos, el agrario y el industrial. Este es el sector de mayor participación en las exportaciones nacionales y el que mayor aporte realizó a su crecimiento desde la más crítica crisis económica que atravesó el país, a fines del año 2001.

### 2.3 Macroambiente Tecnológico

La revolución tecnológica que trajo Internet tiene mucho por aportar para mejorar la productividad del campo. No sólo por las mejoras en los equipos, sino también por la velocidad de procesamiento de los datos y el uso que se le puede dar a esa información.

Empresas agropecuarias están ingresando en la llamada Web 2.0, que coloca al usuario de Internet como creador de contenidos más que como mero receptor. Consiste en pasar de la agricultura de precisión a la agricultura de decisión. Se basa en utilizar el enorme volumen de datos que se recolecta por los equipos de agricultura de precisión para darle una lectura que favorezca la toma de decisiones, que permita mejorar la eficiencia en la agricultura por ambientes y, finalmente, que lleve al ahorro de costos. Todos esos datos son cargados en una plataforma web.

El paso de la agricultura de precisión a la decisión también representa un cambio en la forma de valorizar la tierra. Antes se la valoraba por la mejora que tenía esa tierra, pero ahora se la puede evaluar por la cantidad de información que tiene adentro [1].

### 2.4 Macroambiente Cultural

La incorporación de la tecnología en la agricultura Argentina pasó por diversas barreras culturales que impedían su florecimiento. El desarrollo de equipos electrónicos siempre fue más rápido que el desarrollo del conocimiento agronómico. Así, en un primer momento fueron traídos diversos equipos para “hacer agricultura de precisión”, pero sin un fundamento agronómico, como la utilización de equipos de dosificación diferenciada de insumos. Entonces hubo un mayor incentivo a las investigaciones agronómicas para dar fundamento adecuado a la utilización de esta tecnología. Hoy, este escenario cambió. Existen hasta empresas de consultoría especializadas en el tema, como así también todo el desarrollo en investigación que brinda el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

En Argentina, la Agricultura de Precisión está iniciando su camino, los productores comienzan a ver los resultados de su utilización, y se acorta ese proceso de adaptación a esta nueva era, basado en una justificación o beneficio que lleva a la disminución del uso de insumos, disminución de los costos de producción, y optimización del uso de la tierra disponible para explotación.

## 2.5 Macroambiente Social

La Agricultura de Precisión surgió en Argentina en el mismo momento en que surgió en otros países, y comenzó a tomar mayor popularidad en 1996 cuando comenzaron a comercializarse sistema de posicionamiento geo-referenciados GPS y sistemas de mapeo de productividad basados en GPS.

En las últimas décadas, con la incorporación de nuevos cultivos como la soja y sus paquetes tecnológicos, la agricultura argentina, especialmente la de la Región Pampeana, ha cambiado su típico rol productivo, de moderado consumo de insumos y rendimientos medios, hacia un nuevo umbral de producción, intensivo en capital, maquinaria, agroquímicos y ciclos agrícolas que están dejando sus secuelas de erosión y susceptibilidad en los suelos manejados con un afán de beneficio económico de corto plazo, junto con el empobrecimiento de la biodiversidad, y los ecosistemas.

## 2.6 Macroambiente Ecológico

La creciente preocupación medioambiental y la necesidad de producir alimentos de calidad de una manera sostenible y respetuosa con el entorno, ubican al sector del agro en el punto de mira de la sociedad para brindar, a través de los diferentes usos de la agricultura de precisión, soluciones para que se vea menos afectado el medioambiente.

La agricultura de precisión nos brinda la posibilidad de aplicar tratamientos distintos a escala local de un cultivo y obtener una mayor producción con un menor costo. A través de la elaboración de un mapa de rendimiento del cultivo se le puede aplicar una dosis variable de pesticidas, abonos, fertilizantes, etc., contribuyendo a minimizar el costo de la producción y a lograr un mejor equilibrio ambiental.

El hincapié en la utilización de este tipo de agricultura se radica en que manejando los insumos necesarios para los cultivos, con mayor exactitud, sólo se aplican las cantidades de productos químicos estrictamente necesarias, disminuyendo la contaminación ambiental.

Otro beneficio que también está presente en este tipo de agricultura y que hacen a un medio ambiente más sano y en equilibrio, es el mantenimiento de la cubierta vegetal que facilita la supervivencia de pequeños mamíferos que a su vez colaboran con el agricultor en la mejora de la estructura de la tierra. Esta cubierta vegetal junto con la no-roturación de la tierra contribuye a un aumento progresivo de la materia orgánica presente en el suelo, y por añadidura a aumentar la presencia de lombrices de suelo que mejoran la estructura física y química del suelo.

Cada vez mayor número de países tienen una legislación ambiental más estricta. Así sucede, por ejemplo, en EE.UU., Australia, Reino Unido, Dinamarca y Alemania. En un futuro cercano, las Directivas de la Unión Europea pueden ir forzando a los agricultores de los países miembro a reducir y controlar de forma significativa el uso de agroquímicos.

Por último, pero no menos importante, la agricultura de precisión no sólo es una herramienta útil para proteger el medio ambiente si no también como medio para contribuir a la sustentabilidad de la agricultura.

### **3. Análisis FODA:**

#### **3.1 Factores Internos:**

##### **Fortalezas:**

- Reducción de costos: reducción del uso de insumos y minimización de desperdicios.
- Aumento del rendimiento operacional: es decir más hectáreas trabajadas por día: reducción de solapamiento, disminución de fallas operativas y aumento de la velocidad de operación.
- Mejor administración de la producción: haciendo un uso más eficiente de los insumos, y conociendo cada punto del campo, en cuanto a fertilidad y adaptabilidad.

##### **Debilidades:**

- Encontrar personal profesional especializado para el mantenimiento y desarrollo de los equipos.
- Vincular e integrar profesionales del área tecnológica vs. profesionales del área agronómica.
- Presenta mayor desarrollo para cultivos principales o masivos, aún no existen desarrollos para cultivos de menor implicancia.

### 3.2 Factores Externos:

#### **Oportunidades:**

- Financiamiento que brindan ciertos bancos para la adquisición de este nuevo tipo de tecnologías.
- Inminente necesidad de producir cada vez mas alimentos hace que la Agricultura de Precisión se presente como una alternativa viable ya que genera producto con menores costo y mayor sustentabilidad ambiental.

#### **Amenazas:**

- Al estar en pleno florecimiento, es una nueva forma de llevar a cabo las tareas, lo cual tiene que romper con las barreras establecidas durante mucho tiempo.
- Mercado Externo: otros países podrán producir productos de menor costo.
- Política Actual: siendo la agricultura uno de los ejes centrales del país, no se ve para nada respaldada ni favorecida para que se pueda desarrollar ni para que genere un mayor crecimiento económico.

## 4. Desarrollo del producto

En la década del '70 el Departamento de Defensa Americano comenzó el proyecto para el lanzamiento de satélites geoestacionarios alrededor de la Tierra, con el propósito de localizar objetivos militares de forma exacta y rápida. A este proyecto se le denominó Sistema de Posicionamiento Global o GPS, aunque su nombre correcto es NAVSTARGPS (versión mejorada del sistema TRANSIT, NAVigation Satellite Timing And Ranging). El principal objetivo del GPS cuando se creó era guiar proyectiles desde plataformas móviles hasta objetivos de países enemigos. Sin embargo, hoy en día se aplica a multitud de actividades civiles, tales como la Agricultura.

El GPS es utilizado en múltiples campos como la geodesia, geofísica, geodinámica, astronomía, meteorología, cartografía o topografía, y en un sin fin de ciencias más. También se utiliza en la navegación marina, aérea o terrestre, en la sincronización del tiempo, para controlar flotas y maquinarias, en la localización automática de vehículos o en la exploración y en los deportes de aventura.

#### Aplicación del GPS

Navegación: Las aplicaciones más extendidas del GPS son en el terreno de la Cartografía - Topografía: la tecnología digital del GPS permite confeccionar mapas geográficos mucho más precisos, mejorando los que había hasta ahora.

Investigación: El GPS es un instrumento científico de precisión, permite monitorizar numerosos fenómenos como los movimientos de la corteza terrestre o las migraciones de muchas especies animales [3]. Han surgido nuevas materias de investigación que dependen totalmente del GPS, como lo es la Agricultura de Precisión.

La Agricultura de Precisión constituye un valioso instrumento para diagnosticar con exactitud problemas de la producción agrícola, adoptar decisiones y obtener respuestas satisfactorias en los índices de rendimiento agrícola. Prácticamente consiste en actuar hasta con el más mínimo detalle en el sitio adecuado y en el momento oportuno, a partir de las novedades científicas que ofrecen la informática y la tecnología.

## **Agricultura de Precisión**

La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos. Desde los inicios, la agricultura y, con ella el agricultor, ha ido modificando sus hábitos en el sentido de ir adaptándose a las necesidades del momento y teniendo claros siempre los objetivos. Las bases de la AP - variabilidad espacial y temporal del suelo y de los factores que afectan al cultivo- son aspectos ya tenidos en cuenta a lo largo de la historia de la agricultura. Una de las primeras referencias bibliográficas que se puede citar se encuentra en la Biblia, en la parábola del sembrador (Mateo, 13 v 8). Ya en este caso se pusieron de manifiesto las consecuencias de la variabilidad espacial en los rendimientos del cultivo. Otra cosa es que las disponibilidades de materiales hagan esta consecución de objetivos más o menos complicada y difícil. Sin embargo, aspectos como la utilización de sembradoras de precisión, la modificación de las dosis de nitrógeno, de forma visual, en función del conocimiento previo de los cultivos, el ajuste de las dosis de semillas en función del tipo de suelo, la variación de los volúmenes de fitosanitarios basada en las necesidades puntuales, son en sí mismas una AP. Por lo tanto, más que hablar de un concepto nuevo y revolucionario, se hablará de la AP como una serie de elementos y sistemas que permiten mejorar, facilitar

y automatizar todas aquellas operaciones que de forma más o menos habitual se vienen ya practicando [4]. La idea del Manejo Sitio Específico (MSE, área de mayor desarrollo dentro de la AP) es hacer lo correcto en el lugar adecuado y en el momento oportuno. Esta idea es tan vieja como la agricultura, pero durante la mecanización de la agricultura en el siglo XX hubo una gran motivación económica para tratar grandes extensiones de tierra con prácticas agronómicas uniformes. La AP proporciona una forma de automatizar el manejo sitio-específico usando la informática, por lo tanto haciendo que el manejo sitio-específico pudiera tener una aplicación práctica en la agricultura. La AP incluye todas las prácticas de producción agrícola que usan la informática para ajustar el uso de insumos de modo tal que permita obtener el producto deseado, o para monitorear dicho resultado, por ejemplo, la aplicación con Dosis Variable (DV), los monitores de rendimiento, los sensores, etc.

La aplicación de conceptos de AP usualmente se considera relativa a la agricultura sostenible o sustentable. Esta pretende evitar la aplicación de las mismas prácticas a un cultivo, sin tener en cuenta las condiciones locales de suelo y clima y puede ayudar a evaluar situaciones locales de enfermedad. Es la que, en el largo plazo, mejora la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales de los que depende la agricultura; satisface las necesidades básicas de alimentación humana y de fibras; es económicamente viable; y mejora la calidad de vida de los productores y de la sociedad en general.

La agricultura no puede ser sostenible si los productores usan prácticas que no son socialmente aceptables o que no son rentables. Si se acepta que es inevitable usar algunos insumos externos en la producción agropecuaria, la AP puede ayudar a manejar esos insumos de forma tal que ayude a conservar el medio ambiente y aumentar la rentabilidad. Usando el conocimiento sitio-específico, la AP puede afinar las dosis de fertilizantes, semillas y otros agroquímicos de acuerdo al tipo de suelo y otras condiciones

### ¿Qué es la Agricultura de Precisión?

Esta filosofía propone atender en forma diferenciada los factores de producción de acuerdo a las características específicas de cada sitio, con el fin de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos, y minimizar los efectos de contaminación, usando como unidad de manejo, el área más pequeña para la cual se cuenta con información de respaldo.

Metodológicamente implica la incorporación de las herramientas tecnológicas disponibles en la actualidad, especialmente aquellas que contemplan la

referenciación geográfica de sitios vía satélite, unidos a bases de datos de información de esos sitios concretos, como sustento sobre la cual se apoyan las decisiones para el manejo. El proceso necesita la recolección de información en cada sitio, su ordenamiento y análisis y, finalmente, la diagramación de las estrategias para atender las limitantes a nivel de sitio. El manejo de los cultivos por lotes o secciones, es una tendencia que viene fortaleciéndose gradualmente en la mayoría de las actividades agrícolas. A ella se suma esta nueva corriente que carga al concepto con un fuerte componente tecnológico en la recolección y manejo de la información.

Lowenberg-DeBoer y Swinton (1997) definen el MSE como el “control y monitoreo electrónico aplicado a la recolección de datos, procesamiento de la información y apoyo para la toma de decisiones, para la ubicación temporal y espacial de insumos en la producción de cultivos.

La AP tiene el potencial de proporcionar a los productores” modernas herramientas para manejar esos insumos que tienen que ser importados al campo. En lugar de aplicar fertilizantes o pesticidas indiscriminadamente en dosis uniformes sobre grandes áreas, la AP permite a los productores “afinar la puntería” con las aplicaciones de estas sustancias químicas. En cierto sentido, la AP sustituye algunos insumos físicos externos por la información y el conocimiento, acercando potencialmente el campo al ideal del balance biológico. Por supuesto, la tecnología informática y el conocimiento que hacen que la AP funcione, también son insumos externos. La esperanza que se pone en la AP es que sea menos desequilibradora de los sistemas naturales que los insumos físicos aplicados indiscriminadamente [5].

Por otro lado, el empleo del GPS permite que los agricultores puedan recopilar datos sobre sus terrenos de cultivo, ya sea durante la cosecha o previamente a ella, de tal manera que hoy por hoy los cultivos ya no han de ser necesariamente tratados como una superficie de terreno de características homogéneas, sino que pueden ser tratados acorde con sus características espaciales. Es decir, se ha pasado de trabajar en kilómetros cuadrados a trabajar en metros cuadrados. Esto se ve traducido en una mejor aplicación de pesticidas, semillas, riego, etc., todo lo cual conlleva un sustancial ahorro en costos variables de producción que, en su totalidad, compensan el gasto derivado del empleo de estas nuevas tecnologías.

A continuación se muestra (Figura 1) la relación de todos los elementos que integran la AP, así como los resultados esperados: la aplicación de las tecnologías y las ventajas de sus aplicaciones.

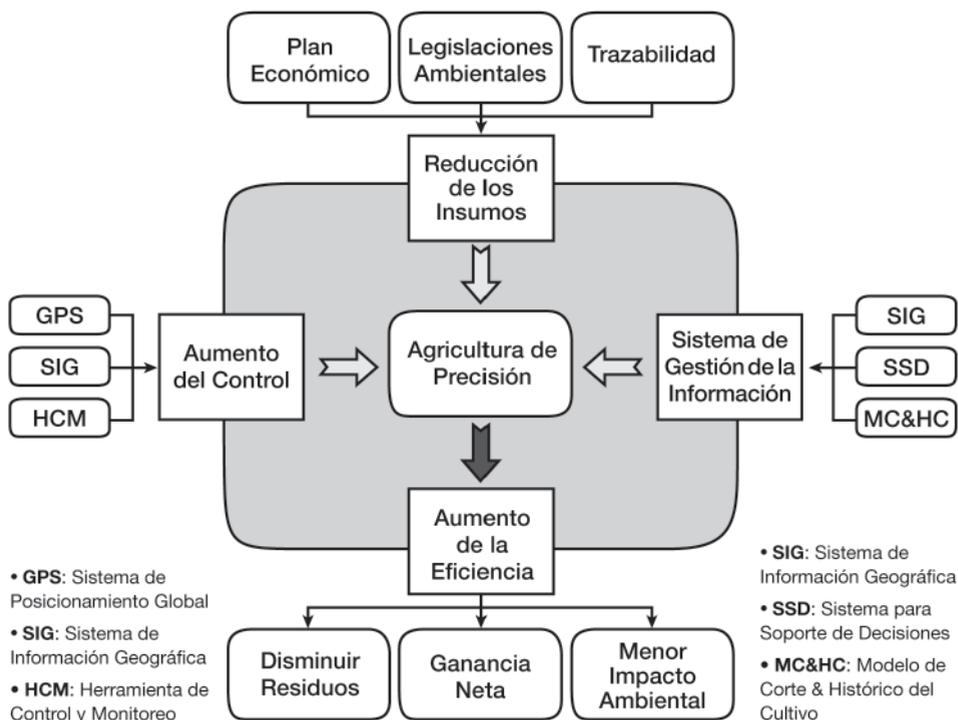


Fig. 1. Interacción entre varios elementos que integran la AP

La AP reconoce que la producción agrícola depende del suelo, clima, manejo pasado y varía en el espacio y en el tiempo. Por lo tanto las decisiones de manejo varían en forma sitio y tiempo específica, y no rígidamente programados como existen en la realidad. El área de mayor desarrollo dentro de la Agricultura de Precisión es el MSE también llamado tecnología de Dosis Variable (DV) y corresponde a la aplicación variable de fertilizantes de acuerdo al nivel de fertilidad de cada sector de manejo homogéneo dentro del lote.

Esto significa que no se trabaja necesariamente con una sola dosis de fertilizante, sino que tantas dosis como áreas significativamente homogéneas existan en la explotación. Sin embargo existen otras áreas dentro del MSE, lotes como control sitio específico de malezas, insectos y enfermedades, aplicación variable de plaguicidas y densidad variable de semillas de acuerdo al potencial productivo del suelo.

Las prácticas MSE son recomendables para lotes donde existe una alta variabilidad de los factores de producción (fertilidad, malezas, agua, etc.) y los rendimientos varían en función de ellos. La DV podría utilizarse con éxito cuando [6]:

- Los lotes presentan variabilidad del suelo que afecta el rendimiento y los rendimientos varían efectivamente en respuesta a la variación de las propiedades del suelo.

- Bajo estas condiciones se pueden aplicar manejos diferenciales dentro del sitio en términos de fertilización en lugar del tradicional promedio utilizado en la actualidad.

## Sistema para la generación de los Mapas de Rendimiento

Los Mapas de Rendimiento (MR) son imágenes georreferenciadas con una escala de colores que indican el rendimiento de un punto en específico. Por lo general, son desarrollados por científicos y especialistas de la Agricultura, donde los interesados (agricultores, cosechadores y productores) deben pagar para obtenerlos.

Los MR son entradas para el proceso de aplicación de Dosis Variable (DV) de los distintos químicos que necesita un cultivo (fertilizantes, herbicidas, riegos, etc.). Las cosechadoras, fertilizadoras, y otras maquinarias, necesitan de la instalación de una Sistema de Abordo para el control y monitoreo, también es válido el uso de sensores de flujos para medir y registrar el rendimiento puntual.

Las siguientes figuras muestran el proceso de obtención de un MR y cómo influye en el desarrollo de la aplicación de Dosis Variables (DV).

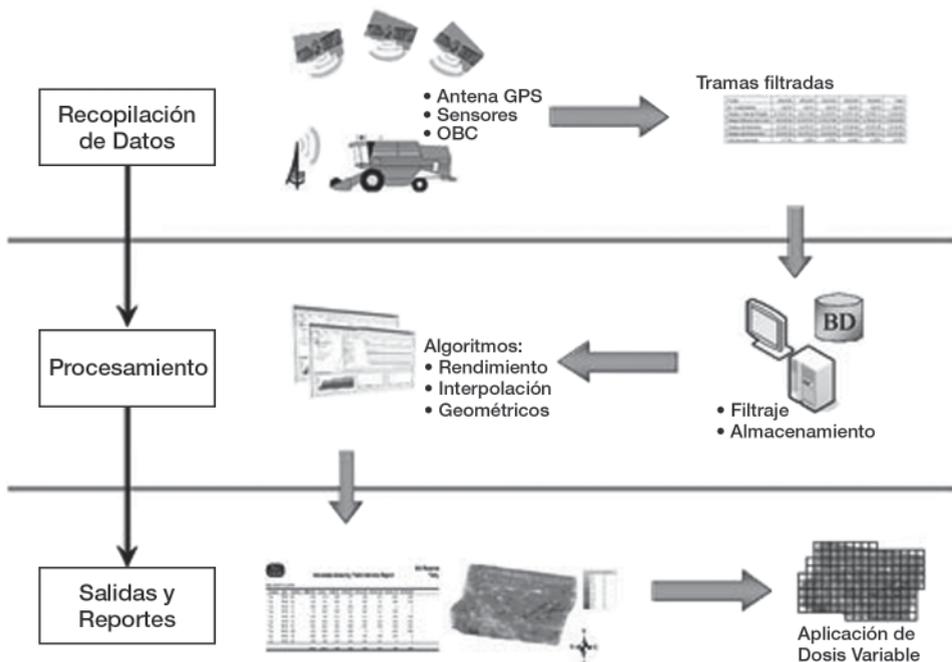


Fig. 2. Proceso para generar Mapas de Rendimiento

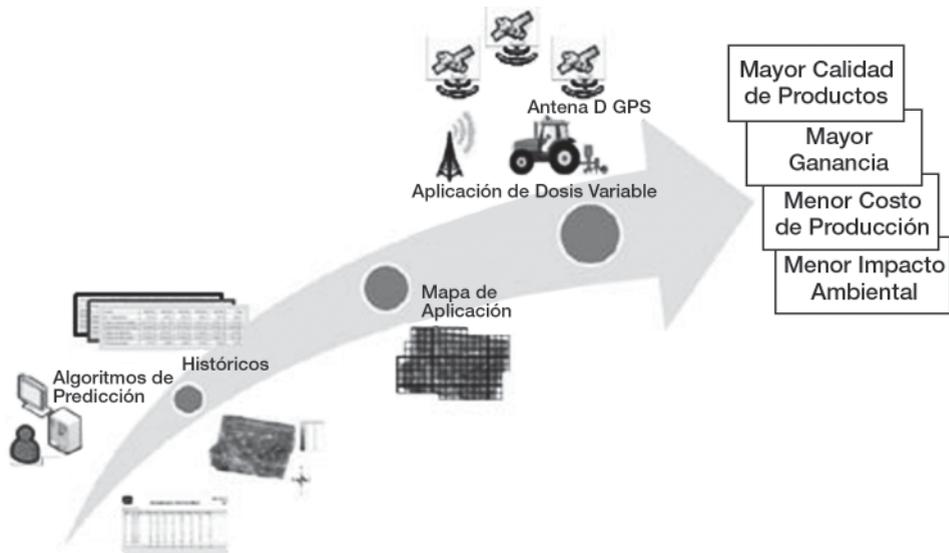


Fig. 3. **Aplicación de Dosis Variable**

A modo de ampliación en el Anexo I correspondiente a “Mapas de Rendimientos” se muestran las pantallas de un software y la realización del mismo.

Puesta en Marcha: ¿Por dónde empezar?

-El ciclo de la Agricultura de Precisión-

A la hora de llevar a la práctica las diferentes técnicas que existen para aplicar Agricultura de Precisión nos podemos encontrar en un abanico tal que no sabríamos por donde comenzar, por eso la mejor respuesta a ese interrogante es: “Depende”. Se puede comenzar a “hacer agricultura de precisión” por donde el agricultor se sienta más confiado. Lo importante es que el agricultor reconozca que la utilización de estas técnicas le traerá algún tipo de beneficio, siendo el económico el más reconocido.

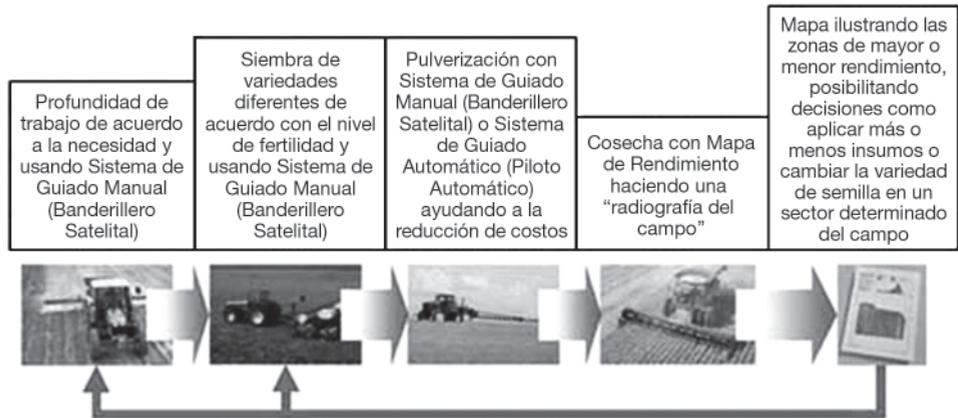


Fig. 4. Ciclo de la Agricultura de Precisión (I)

Este esquema de los pasos de la Agricultura de Precisión es el ideal para incorporar toda la tecnología a disposición, pero no quiere decir que sea el único camino para insertarse en esta tecnología. Primero habría que conocer bien los lotes con los que nosotros deseamos trabajar y la variabilidad que poseen. Si el manejo de la variabilidad justifica económicamente la inversión probablemente este círculo termine con la aplicación variable de insumos. Pero si la variabilidad de un lote o campo no justifica el manejo variable de los insumos el productor, asesor o encargado del campo puede hacer uso del mapa de rendimiento que nos ayuda a tomar decisiones de manejo de los resultados que surgen de analizar ensayos que pueden realizarse en el campo como lo son: ensayos de híbridos, variedades, dosis de fertilizantes, cuerpos de siembra, velocidad de siembra, tipo, momento y dosis de agroquímicos, etc o sino como sistema de control de las actividades de siembra, fertilización, pulverización, cosecha, etc.

La Agricultura de Precisión no discrimina futuros adoptantes, pero si los posibles adoptantes deberán conocer en que paso de este círculo deberán situarse o poner mayor énfasis.

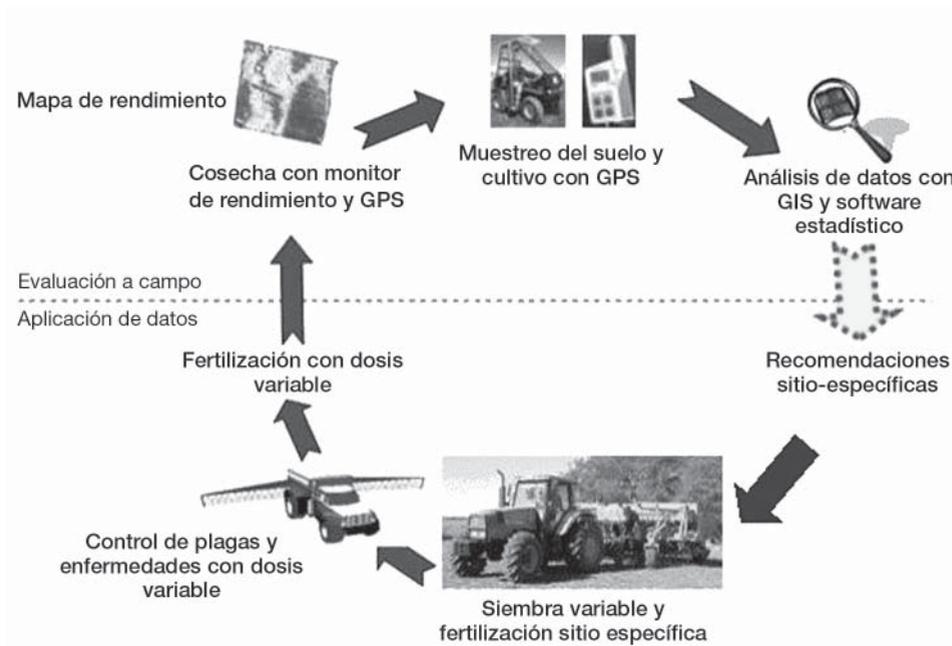


Fig. 5. Ciclo de la Agricultura de Precisión (II)

### Sembradora IOM Inteligente Verión – Agrometal

La empresa argentina que desarrolló el equipamiento, es la firma Verión que en convenio con Agrometal creó un equipo que puede variar de manera simultánea e independiente la densidad de siembra y la dosis de 2 tipos de fertilizante (tanto en la línea como al costado) mediante un monitor con GPS que trabaja como navegador y actuador de 3 motores hidráulicos permitiendo la triple variación de insumos (semilla y fertilizante en la línea y al costado) [7]:

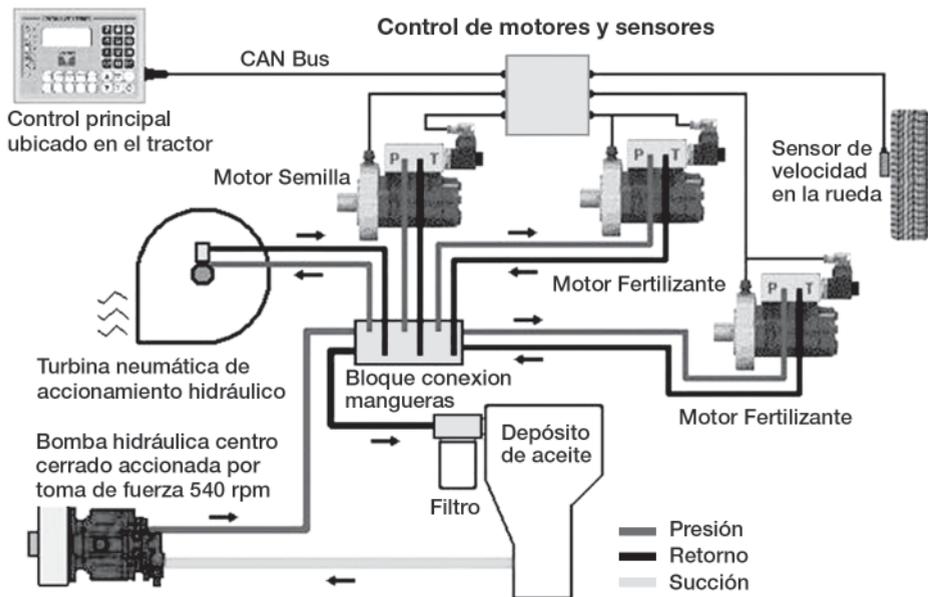


Fig. 6. Esquema del circuito del sistema de la sembradora IOM Agrometal - Verion inteligente

## Funcionamiento

La programación se inicia confeccionando la prescripción de semilla y/o fertilizante variable dentro del lote a sembrar con sus correspondientes coordenadas GPS de acuerdo a la información disponible y al conocimiento agronómico del asesor. Para ello se pueden utilizar diferentes software que puedan leer archivos Excel y realizar archivos con puntos georeferenciados (latitud y longitud) que posean los cambios de dosis y densidad correspondientes. Luego esa información se ingresa a un programa específico de Verión llamado MapEdit que es muy sencillo y es el que va a leer esa prescripción.

Prescripción es lo que el asesor indica que tiene que ir dosificando la sembradora en cada sitio del lote.

El último paso consiste en ingresar los datos elaborados de la computadora al monitor que va en la cabina del tractor.

Características a destacar del producto:

- Fácil calibración de la densidad de siembra y la dosis de fertilizante a utilizar.
- Capacidad para guardar hasta 4 opciones que cada una posee una densidad y dosis de fertilizante a utilizar y que se puede ir cambiando a medida que el operario lo desee.

- Opción de uso satelital donde se guarda una prescripción y por medio de GPS la sembradora va cambiando la dosis de aplicación.
- Exactitud de dosificación, independiente de la temperatura del aceite.
- Amplio rango de trabajo en número de vueltas de los motores hidráulicos, lo que se traduce en el logro de un amplio rango de densidades de siembra y dosis de fertilizantes posibles sin intermitencias en los motores, ej: de 50 kg/ha de urea a 350 kg/ha de urea (cambio de 700%).

Este tipo de sembradoras permiten monitorear la siembra y transmitir la información en tiempo real a un teléfono celular o a una página de Internet, con el fin de “actuar antes de que se haya originado algún desperfecto”.

Las sembradoras están equipadas con sensores en los caños de bajada de la semilla que las van contando y van mostrando en un monitor la densidad de siembra por metro lineal de cada surco de la sembradora. A su vez, se cuenta con equipamiento de transmisión de datos por GPRS que permiten transmitir esa información que indica el monitor a una página Web o a un teléfono celular, o bien se puede bajar toda la información que se almacenó en una tarjeta SD a una computadora que posea el software específico para leer los datos y realizar un mapa de cómo se hizo la aplicación de insumos en el campo. Las posibilidades de esta tecnología no dejan de ser interesantes, sobre todo cuando se plantea la trazabilidad desde la siembra. Esto surge casi como algo lógico una vez que conocidas las características de los suelos, los insumos aplicados, el rinde logrado y la calidad del producto, se puede pensar en una trazabilidad integral.

## Ventajas

Las ventajas son muchas. Si al productor le interesa segregar por calidad de producto obtenido, entonces no hace falta explicar dicha ventaja, ya que estaríamos conociendo cuál es la calidad del grano de cada lugar del campo y podríamos almacenar ese grano en silos separados para comercializarlo de manera diferencial y de esta manera obtener un rédito económico mayor, además de conocer perfectamente su procedencia debido a la trazabilidad realizada desde la siembra hasta la cosecha.

Pero siguen las ventajas: si un productor no logra beneficios por hacer, por ejemplo, una diferenciación por calidad, puede ganar a partir de corregir fallas en la siembra con su seguimiento en tiempo real. En el caso que el productor no obtenga un rédito económico de dicha diferenciación, sí podría aprovechar las ventajas que le aporta el control en tiempo real que le darían los sensores que indican si cae o no cae semilla (o menores densidades) y la transmisión de datos en el mismo momento

que podrían originarse problemas y evitar sembrar a alta velocidad, a densidades no deseadas, o a profundidades no deseadas, por citar algunos ejemplos.

### ¿Por dónde va a pasar a futuro la mejora en la siembra?

Basándonos en el tema aplicación de tecnología, se comienzan a ver trabajos relacionados a eficiencias y controles en tiempo real de diferentes factores que podrían mermar el rendimiento en kilos por hectárea de grano por una siembra que no fue del todo eficiente.

Algunos puntos a destacar podrían ser los sensores de siembra y fertilización, que garantizan la densidad de siembra y dosis de fertilización deseada durante la siembra. La velocidad de siembra es otro factor determinante del rendimiento en algunos cultivos, la ubicación de los sensores en los caños de bajada también serían determinantes de una siembra pareja o despareja; la presión y la forma de trabajo de las ruedas limitadoras de profundidad, apretadoras de semilla y las ruedas tapadoras también podrían ser factores a estudiar. La mejora de los sistemas de dosificación variable, sean sistemas hidráulicos o mecánicos, es constante y cada vez mas con mejores prestaciones. Los sistemas de guía automatizados y la aplicación de software que garantizan la no superposición de insumos en cabeceras y cuñas, acompañados de un sistema de embragues por cada cuerpo de la sembradora que pueden ir actuando cada vez que uno de los cuerpos de la sembradora ingresan a un lugar de superposición de insumos.

### Volcar datos y realizar un seguimiento vía Internet de la siembra

El sistema de seguimiento por una página de Internet en tiempo real y en cada momento que se realiza alguna labor es indispensable para lograr eficiencias, lo que conduce al logro de un producto con posibilidades de poseer valor agregado al poder verificar que lo programado antes de la siembra en una computadora fue logrado en el campo.

Se podría concluir que la siembra robotizada, como se viene planteando y con las posibilidades futuras, comienza a garantizar trabajos de alta eficiencia, minimizando casi totalmente los errores que comúnmente suceden durante la siembra. Hoy podemos controlar en tiempo real a cada instante lo que sucede en la sembradora y podemos decidir cambios cuando los deseamos. Podemos ver la velocidad de siembra, el recorrido realizado, el horario de trabajo, la densidad de siembra, la dosificación que realiza en cuanto a fertilización en cada ambiente, entre otras cosas. La robotización no implica eliminar de la siembra al operario;

simplemente automatizar procesos y hacerlos más eficientes para lograr mayores réditos económicos en el campo.

### Nuevos sensores “NIRS” colocados en la cosechadora para evaluar en tiempo real el porcentaje de proteína y aceite en soja

Consiste en un sensor que es montado directamente en la cosechadora, mide con precisión trigo, cebada, cereales y soja mientras cosecha permitiendo así la clasificación en tiempo real y la creación de mapas de proteínas que aportarán información valiosa para futuras cosechas [7].

El INTA Manfredi con los Proyectos Agricultura de Precisión viene evaluando este nuevo sensor NIRS marca Zeltex de origen americano, el cual, colocado en la noria de la cosechadora y por medio de unas pericias de by pass llenan y vacían cada 12 segundos el sensor, el cual, realiza varias mediciones en esos 12 segundos para enviar el dato promedio a un monitor, y por medio de un GPS poder confeccionar un mapa del lote con el porcentaje de proteína y porcentaje de aceite en soja y maíz, y de proteína en trigo y cebada.

A través de este sensor es útil poder observar la segregación de la calidad del grano a nivel del lote. Por ejemplo en un lote de trigo con igual fecha de siembra, igual genética y diferentes tratamientos de fertilizantes y cultivos antecesores se comprobó una variación de la proteína del trigo de entre el 9 al 16 % perfectamente identificable.

Los ensayos están siendo realizados en forma conjunta con la empresa Zeltex Argentina, la firma Vassalli Fabril y los laboratorios de calidad de grano del INTA Anguil y Marcos Juárez respectivamente.



Fig. 7. SENSOR NIRS – Zeltex

## Más Medio Ambiente - Producto: FieldInSiteTM –

Es un producto desarrollado por la empresa Mosaic que consiste en una herramienta para mejorar el manejo de los nutrientes más precisamente para recomendar en Trigo y Maíz la dosis de nutriente en cada sitio-específico [8].

Se aplican más nutrientes sólo en aquellos puntos en donde hay potencial de rinde, aumentando las ganancias, reduciendo costos, incrementando los rendimientos y mejorando la calidad.

El principal objetivo y que vale la pena destacar, es que mejorando la dosificación del Nitrógeno y otros nutrientes, se ayuda a proteger considerablemente al medio ambiente.

## 5. Conclusiones

“El hecho de que haya relativamente pocos tractores es debido al bajo costo de los caballos en Argentina... no hay muchas razones para esperar que la fuerza motriz reemplace a la fuerza animal en la Argentina por un largo periodo [2]” lejos quedaron las premisas de Carl Taylor allá por 1948, en la cual no solo la fuerza motriz la ha superado si no que nos encontramos en pleno auge donde se esta haciendo aliada de otra gran fuerza: la tecnología.

A lo largo de la presente investigación he podido comprender el rol fundamental que va a cumplir la Agricultura de Precisión en este nuevo milenio, nos vino a traer la posibilidad de aplicar tratamientos distintos a escala local de un cultivo y obtener una mayor producción con un menor costo. El rendimiento agrícola resume el resultado de todo el ciclo de producción de un cultivo, por lo que su censado y mapeo brinda la posibilidad de conocer cómo fue su variabilidad sobre el terreno y ofrece la posibilidad de manejarlo. Con la elaboración de un mapa de rendimiento del cultivo y una vez obtenido el rendimiento de cada punto se le puede aplicar una dosis variable de pesticidas, abonos, fertilizantes, etc., contribuyendo a minimizar el costo de la producción y a lograr un mejor equilibrio ambiental; que conjuntamente con la necesidad de producir alimentos de calidad de una manera sostenible y respetuosa con el entorno ubican al sector agroalimentario en el punto de mira de la sociedad.

Esta investigación pretende evidenciar que la electrónica conjuntamente con otras nuevas ramas como la electrohidráulica, la electroneumática y la robótica, sumada al GPS y a los software específicos constituirán los mayores adelantos en materia de prestación, automatización y entrega de información de la maquinaria agrícola del presente y del futuro. Quienes no sigan el desarrollo de este tipo de avances tecnológicos en proceso y productos quedarán fuera del mercado

internacional y local de la maquinaria agrícola como así tampoco se podrán alinear a los desafíos de sustentabilidad medioambiental que hemos planteado. El gran desafío del siglo XXI se presenta en aumentar la producción con recursos cada vez mas escasos y en forma sustentable.

Esta nueva visión permite ingresar en una nueva fase o etapa dentro de la cual la agricultura puede desarrollarse con eficiencia, con alta productividad, rentabilidad y competitividad, obtenidas dentro de un marco delineado por la sustentabilidad y el mejoramiento de todos los recursos involucrados en el proceso productivo. Esta posición de vanguardia enfrenta el desafío y compromiso de avanzar por el camino de la mejora continua, pero también en la difusión de esas ideas hacia un mundo que las necesita, más que nunca, como mecanismo para satisfacer adecuadamente las demandas humanas del presente y del futuro.

## Impacto Ambiental

Una vez mas enfatizando y haciendo hincapié en el impacto ambiental, a modo de conclusión, vale la pena recordar que uno de los principales objetivos de la agricultura de precisión es minimizar el volumen de uso de herbicidas, obteniendo numerosos beneficios en calidad de los productos obtenidos y minimizando los daños al medio ambiente causados por este tipo de productos químicos. Si se acepta que es inevitable usar algunos insumos externos en la producción agropecuaria, la agricultura de precisión puede ayudar a manejar esos insumos de forma tal que ayude a conservar el medio ambiente y aumentar la rentabilidad. Usando la información y el conocimiento sitio-específico, la agricultura de precisión permite afinar la dosis de fertilizantes, semillas y agroquímicos de acuerdo al tipo de suelos y a otras condiciones del cultivo. Si aceptamos que el campo necesita insumos externos, también tenemos que estar dispuestos a aceptar que un insumo importante es la información.

El nuevo modelo productivo basado en la sustentabilidad coexiste con la reciente aparición de la agricultura certificada[9]; la cual abarca, tanto el aspecto realista (que comprende competitividad y rentabilidad) como el humanitario (que contempla la intención de satisfacer la demanda humana por alimentos y otros bienes derivados de la agricultura). Su desarrollo permite alcanzar una mayor eficiencia, con alta productividad y rentabilidad, pero también, con sustentabilidad y aún con mejoramiento de todos los recursos involucrados en el proceso productivo. Este protocolo consiste en la implementación de un conjunto de Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs); la medición de indicadores químicos y físicos del suelo, y una gestión de calidad. Propone el desafío de más producción pero, al mismo tiempo, cada vez mejor ambiente.

A través de este trabajo de investigación es posible indicar que la agricultura de precisión puede contribuir de muchas maneras a la agricultura sustentable en el largo plazo, confirmando la idea intuitiva de que la Agricultura de precisión reduce la carga de agroquímicos sobre el ambiente, aplicando fertilizantes y pesticidas solamente donde se los necesita, y cuando se los necesita. Los beneficios provienen de un menor uso de insumos y consecuentemente, de una menor contaminación ambiental.

La esperanza que se pone en la agricultura de precisión es que sea menos desequilibradora de los sistemas naturales de lo que lo han sido los insumos físicos aplicados indiscriminadamente. Al mismo tiempo pretende testificar las bondades y continuas mejoras que supone la utilización de un modelo productivo basado en los principios de una Agricultura Moderna, Sustentable, Rentable y de Alta Productividad. En su desarrollo y aplicación, los productores tienen una gran responsabilidad ya que constituyen piezas centrales del sector agropecuario de un mundo globalizado.

## **Agradecimientos**

Agradezco la valiosa colaboración del profesor Carlos Martínez, por su apoyo y conocimientos brindados.

Al personal del INTA, Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.

Al apoyo de mis padres en todo el desarrollo de esta investigación.

## **Referencias**

- [1] XVII Congreso de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa
- [2] TAYLOR, C.: "Rural Life in Argentina", Louisiana University Press – Baton Rouge 1948.
- [3] Gil, E., Situación actual y posibilidades de la Agricultura de Precisión, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.
- [4] Rodolfo Bongiovanni, J.L.-D., in VII Congreso Nacional del Maíz. (AIANBA, Pergamino, Argentina, 2001).
- [5] Mario Bragachini, A.v.M., Andrés Méndez, «Tecnología Disponible para Aplicaciones de Insumos Sitio Específico» (2004).

[6] Agrometal, Argentina.

<http://www.agrometal.com/productos/iom/iom-esp-tecnicas.htm>

[7] Zeltex, <http://www.zeltex.com>

[8] Mosaic S.A. <http://www.e-mosaic.com.ar>

[9] Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid).

<http://www.aapresid.org.ar>