

LAS TIC en la Aplicación de la Agricultura

El Contexto a nivel mundial retos y oportunidades

Autor: Ph.D., Armando Tauro

El tema de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la agricultura está tomado cada vez más fuerza a nivel mundial. La incorporación de las TIC en los sistemas productivos es un factor determinante en el incremento de la productividad y de la competitividad del sector. Los beneficios de las TIC en el mundo rural son innumerables y es en este sentido que es importante entregar un diagnóstico de las diferentes tecnologías, para definir lo que será el futuro de las TIC y su uso más adecuado para el mundo rural.

Uno de los ámbitos que ha experimentado algunos de los cambios más rápidos y substanciales en los últimos años es el de la información. El ambiente de la información – que incluye a individuos, organizaciones, tecnologías de información y comunicación (TIC), y la información en sí – reviste importancia crucial en los esfuerzos vinculados a la investigación e innovación científica y tecnológica en el sector agropecuario.

La información es el ingrediente básico de cualquier innovación tecnológica y un elemento clave en toda investigación.

Las TIC, como herramientas básicas para la gestión del conocimiento, desempeñan – o pueden desempeñar – un papel significativo en el momento de conseguir, organizar, compartir y difundir información técnica agropecuaria. En América Latina y el Caribe existen numerosas experiencias en este sentido, y es necesario compartirlas para ir identificando las buenas prácticas en este aspecto, relativamente novedoso, de la gestión institucional. La documentación de experiencias exitosas es un elemento básico para el aprendizaje y para la sensibilización de tomadores de decisiones. Para el aprendizaje, por la posibilidad de compartir experiencias sobre la forma como se maneja la información y comunicación para contribuir al éxito de la investigación o innovación; para la sensibilización, al posicionar el tema de modo que los tomadores de decisiones puedan conocer casos concretos de cómo se logró un impacto positivo mediante estas tecnologías.

El reto de la agricultura en el mundo

<ul style="list-style-type: none"> La demanda mundial de alimentos se duplicará en 2050 El número de personas con rentas superiores a 16.000\$ pasará de 250 millones en 2000 a 2.100 millones en 2050 <p>Alimentar al Mundo</p> <p>Proyectos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> La agricultura puede causar problemas medioambientales: erosión, pérdida de fertilidad, vertidos químicos, uso de combustibles, deforestación,... <p>Preservar el Medioambiente</p> <p>Personas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Crisis permanente en sector Agroalimentario Para ser rentables se necesitan: buenas cosechas, buenos precios y una buena gestión de costes <p>Ser Rentables</p> <p>Rendimiento</p> 
<ul style="list-style-type: none"> Se prevén restricciones sobre recursos críticos (tierra cultivable vs medio ambiente, agua, clima) La productividad como dave: doblar producción con menos agua y poca más tierra La tecnología como medio para conseguir este objetivo 	<ul style="list-style-type: none"> Equipos de precisión Adaptación de prácticas orgánicas (rotación de cultivos, ...) Ingeniería genética para salvar cosechas, reducir fertilizantes, pesticidas, ... Optimización en el uso del agua y la energía 	<ul style="list-style-type: none"> Buenas Cosechas: herramientas de predicción meteorológica, técnicas de producción, agricultura de precisión Buenos Precios: conocer el mercado (noticias, análisis) Buena Gestión de Costes: información de precios, control de consumos, materiales y otros (seguros, normas...)

¿Acaso una computadora es útil para un agricultor? ¿Internet podría servirle a un campesino que labora a 3000 metros de altura? ¿Por qué yo, empresario y exportador, estaría interesado en comunicarme con algún productor agrícola de la Amazonía? Pues

bien, en algunas partes del mundo ya han encontrado las respuestas y los resultados son realmente impresionantes.

Aparentemente, la tecnología de la información y comunicación (TIC) es

demasiado sofisticada para ser aplicada en labores que tienen que ver más con la tierra, el clima, el trabajo físico o la naturaleza. Nada más errado. El trabajo agrícola mayormente se lleva a cabo individual o colectivamente a menor escala en comunidades alejadas unas de otras y de las ciudades lo cual las mantiene en constante carencia de información y de vías de comunicación que facilite sus labores, mejore sus procesos o sus capacidades de operación y negociación con el resto del país o el exterior.

Sin la información adecuada sobre las tasas de interés y aranceles, el tratamiento de las materias primas en el mundo, los nuevos patrones de comercio o el estado del transporte e infraestructura, tanto el campesino como el empresario agrícola están en completa desventaja para mantener su empresa y sacarla adelante frente a las agresivas prácticas competitivas a nivel internacional.

La aplicación más común de las TIC en la agricultura es la creación de servicios de información a través de páginas web especializadas. Noticias, consejos prácticos, reportes del clima, resultados de investigaciones, precios de productos, cotizaciones, son sólo algunas de las secciones predilectas de estos sitios en internet que vienen siendo impulsados por los gobiernos y por organizaciones que estudian el tema.

Además, la información a la que puede acceder un agricultor le permite hacer una planificación estratégica de sus esfuerzos, reducir sus costos, mejorar sus negociaciones colectivas, capacitarse en línea, dar a conocer sus productos, expresar sus posturas en la formulación de leyes y reglamentaciones que les afecten, hacer de conocimiento público sus necesidades locales y sus proyectos, y hasta contribuir en la investigación agrícola.

En Sudamérica, Chile destaca por su desarrollo en el sector agrícola, que ya ha incorporado dentro de sus estrategias a las TIC. Estados Unidos y Europa están yendo más allá, internet no sólo es un banco de información sino el medio a través del cual se hacen compra y venta de productos, se

accede a servicios bancarios y se está al tanto de las regulaciones.

Sin duda, incorporar esta tecnología, como cualquier otra, no es fácil. Es necesaria mucha capacitación y vencer las barreras de resistencia a este nuevo conocimiento y todo el cambio que significa en los procesos de trabajo. Sin embargo, los beneficios son un aliciente. En Reino Unido y Nueva Zelanda, 60% de los agricultores utiliza internet para buscar información y para participar del comercio electrónico, mientras que en Estados Unidos 43% de los agricultores trabaja conectado.

En el Perú, a pesar de que la agricultura es una de las principales actividades productivas y que se ha reconocido su potencial para generar desarrollo económico y social, apenas se está empezando a tomar conciencia de cómo aprovechar las TIC en este sector. Actualmente se está prefiriendo incrementar la conexión a internet en áreas rurales pero sin complementarse con proyectos educativos y de desarrollo agrícola.

La típica escena en la que aparece un agricultor trabajando la tierra de sol a sol y cuya única herramienta tecnológica es su tractor, se está transformando a gran velocidad.



Cada vez es más común la utilización de tecnología de punta en el campo. Por ejemplo, el uso de dispositivos móviles permite entre otras cosas la comunicación en áreas rurales que no cuentan con este tipo de infraestructura, se pueden consultar por Internet los precios de insumos y materias primas tanto para comprar como para vender así como informarse sobre las tendencias de

los consumidores a nivel internacional.

En Europa aplica las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICs) a la agricultura mediante el diseño, instalación y fabricación de sensores de bajo consumo que optimizan el riego y miden parámetros determinados para mejorar la producción agrícola. Esta herramienta, compuesta por sensores remotos, sistemas de información geográfica y de posicionamiento global, permitirá optimizar su toma de decisiones.

Los sensores proporcionarán información del rendimiento de una cosecha, al mismo tiempo que medirán las variables climáticas del terreno relativas a la temperatura y humedad del suelo, humedad ambiental, iluminación, medidas anemométricas (viento), y pluviométricas. De esta forma, comprobarán cómo afectan las corrientes de aire a las parcelas y los cultivos para entonces modificar el ecosistema de la parcela. Para completar esta información, se integrarán sensores más complejos que midan el estado de la planta, el color y los índices fenológicos a partir de la coloración de la hoja, así como medidas de ph y conductividad.

SIG para la Agricultura de Precisión

¿Qué es la Agricultura de Precisión?

- Información georreferenciada
- Automatización de las labores
- Aumento en la precisión de las labores
- Control de las labores
- Manejo de la heterogeneidad Espacial
- Agricultura por Ambientes
- Manejo sitio específico
- Aplicación variable de insumos
- Optimización espacial de la producción
- Ensayos a campo con información georreferenciada
- Gestión de sistemas de producción agrícola basado en información georreferenciada
- Monitoreo de los cultivos

Agricultura de precisión es el término con el que denomina al control de las cosechas vía satélite, al software aplicado para obtener mayores rendimientos, los sistemas de información geográfica y al desarrollo de los sensores mencionados, para diferenciarla de la agricultura tradicional. La agricultura de precisión facilita el seguimiento y evolución de los cultivos, la ubicación de las especies cultivadas en las parcelas de cultivo y el control de los costos del proceso productivo.

Incluso para quienes cuenten con un sistema de riego Pivot (riego circular) ya está disponible la próxima generación en gestión agrícola remota que utiliza un sistema GPS avanzado, de control y monitorización, que se comunica a partir de células interconectadas para aportar información en tiempo real y permite realizar diagnósticos, monitorizar y controlar la aplicación de agua, encender y apagar el equipo, cambiar la dirección de marcha y programar mensajes de alarma a través de Internet por medio de una computadora o teléfono móvil 3G.

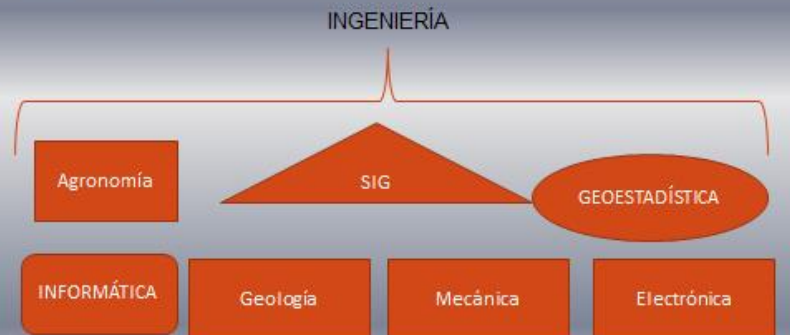
SIG para la Agricultura de Precisión

Objetivos de la Agricultura de Precisión

- Optimizar la producción (output / input)
- Reducir costos
- Aumentar producción
- Aumentar la capacidad operativa y de control
- Gestionar geográficamente la producción
- Preservar los recursos
- Generar Conocimiento

SIG para la Agricultura de Precisión

¿Qué tipo de disciplina es la AP?



En la primera etapa de introducción a la Agricultura de Precisión en EEUU, allá por los años 1991-1993 se diseñó un esquema de utilización de las herramientas posicionadas por DIFERENTIAL GLOBAL POSITION SYSTMS (DGPS) que terminaba indefectiblemente en una aplicación de insumos en forma variable (VRT) con DGPS como única alternativa que disponía el productor para recuperar la inversión.

En la actualidad se sabe un poco más acerca del aprovechamiento agronómico de los datos de rendimiento grabados espacialmente (mapas de rendimiento). Anteriormente se decía que el comienzo de la Agricultura de Precisión partía del análisis de los primeros mapas de rendimiento logrados, luego de años de trabajo, evolución y experiencia se sabe que la variabilidad expresada en el rendimiento de un cultivo en forma espacial depende de una diversidad de factores y que su análisis e interpretación es una tarea compleja, resultando muy difícil extraer conclusiones directas para un manejo sitio específico de insumos. (Site specific crop management, SSCM).

Actualmente se sigue avanzando en los conocimientos agronómicos, en la puesta a punto de las herramientas de cosecha de datos georreferenciados, en el diseño de los ensayos, en el desarrollo de nuevas herramientas como los sensores remotos de tiempo real, la percepción remota que aportará importantes adelantos tecnológicos en cuanto a imágenes digitalizadas georreferenciadas, también y por otro camino paralelo se están mejorando la precisión, facilidad de utilización y bajando los costos de todo el equipamiento necesario para ya en el campo y con el mapa de prescripción de aplicación de insumos realizado, equipar un tractor ya sea con una fertilizadora, sembradora o pulverizadora para realizar en forma eficiente la aplicación de insumos variable de acuerdo a la real necesidad de cada sitio del lote.

La idea es relativamente simple: maximizar la producción y minimizar los costos.

Hoy más que nunca se comenta sobre la necesidad y urgencia de la práctica de una agricultura sostenible. ¿Por qué? ¿Por una moda?

Indudablemente no. El tema se trata más bien por una necesidad creciente que intenta dar soluciones a las crisis socioeconómicas, ambientales y culturales generalizadas provocadas por la promoción de las prácticas de la agricultura industrial, auspiciadas y puestas en práctica por los entes involucrados con la producción y la expansión de la denominada Revolución Verde desde mediados del siglo pasado. El objetivo de esta disertación es presentar y discutir sobre algunas consideraciones básicas

Relacionado con la temática de la agricultura sostenible, entre ellas la importancia de conocer el marco de referencia dentro del cual se encuentran las actividades agropecuarias por medio del conocimiento de su Historia; el origen y algunos de los diferentes conceptos del término agricultura sostenible; las condiciones ecológicas básicas que deben considerarse en la implementación de este tipo de agricultura; la importancia de lograr una paz con la naturaleza, donde –entre otros aspectos- deben considerarse aspectos de lenguaje; y la necesidad de estar concientes de que la práctica de la agricultura sostenible es un proceso complejo y dinámico.

Cada vez más se hace necesario el uso racional de los recursos, como también su aprovechamiento exacto, debido a que la demanda por alimentos y productos agrícolas aumenta, mientras que los recursos para obtener dichos bienes disminuye.

Lo que fue durante la guerra fría una tecnología militar, ahora es de uso civil, permitiendo a la agricultura una exactitud en el manejo de la tierra y los cultivos sin precedente en la historia.

La agricultura de precisión no es una agricultura en la que los satélites indican lo que hay que hacer en el campo, sino que permite a través de ciertas herramientas dar a cada zona del campo cultivado el tratamiento agronómico más apropiado, tanto desde el punto de vista económico-productivo como del ambiental, permitiendo:

- a) reducir los costos en la producción.
- b) aumentar la productividad.
- c) hacer un uso más eficiente de los insumos.

Por eso en esta charla quiero dejar asentado los conocimientos los lineamientos básicos en que se basa la agricultura de precisión

LA agricultura de precisión consiste en un conjunto de tecnologías altamente desarrolladas, que comprenden aspectos tan disímiles como sistemas satelitales y maquinaria agrícola, los cuales son puntualizados a continuación:

- Sistema de Información geográfica (SIG)
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Computadores, sensores y controladores
- Maquinaria especializada

Por todo esto lo importante es conocer lo anterior y relacionarlo con la agricultura.

La agricultura de precisión en su forma más simple es definida como un grupo de tecnologías que incluyen Sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de posicionamiento global (GPS), computadores, sensores, controladores y maquinaria que permitan la aplicación de insumos en forma variable dentro de un potrero o un sitio de producción.

¿En qué consiste el Sistema de Información Geográfica (SIG)?

Un SIG es un conjunto de programas de computación que tiene capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Aquellos datos que tengan referencias geográficas, como por ejemplo densidades de insectos (n° de individuos por unidad de área), tipos de suelo, de vegetación, caminos, datos climáticos, pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas

que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades individuales.

Los dos tipos de datos que constituyen toda característica geográfica (espacial y descriptiva) son combinados en los SIG permitiendo analizar su interacción dentro de un mapa o entre varios mapas, y obtener uno nuevo con características propias.

- Incorporación y almacenamiento de datos: No existe una manera única de incorporación y almacenamiento de datos. Las formas variarán según el tipo de dato, los resultados que se esperan alcanzar y el software disponible. Básicamente se emplean dos modos de representación de datos espaciales: vector y raster.

En un SIG que emplea el modo vector cada característica geográfica se representa por medio de puntos, líneas y/o polígonos. Los mismos están definidos por un par de coordenadas X e Y referenciadas en un sistema

Cartográfico determinado (por ejemplo lat/long) y los atributos de tales características geográficas están almacenados en una base de datos independiente. La unión entre ambas bases de datos se realiza a través de un identificador unívoco de cada objeto geográfico.

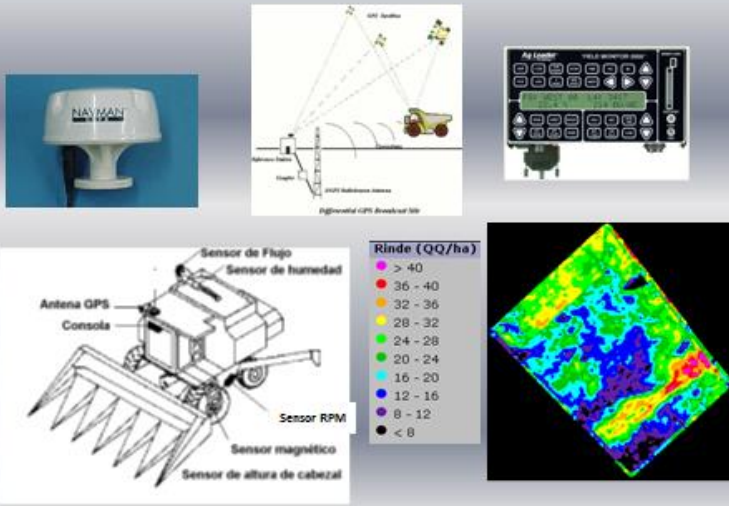
La representación gráfica de las características geográficas y sus atributos están incluidas dentro de un mismo archivo. El área de estudio está dividida en una grilla de pequeñas celdas, cada una de las cuales tiene adjudicada un número que representa su posición geográfica (x/y) y al mismo tiempo su atributo cualitativo. Aunque algunas aplicaciones son más fáciles de implementar en modo raster y otras en modo vector, en la actualidad existen algoritmos que permiten la conversión de un modo a otro en forma relativamente sencilla.

Los datos geográficos que se incorporan al SIG pueden provenir de mapas en papel (incorporados por medio de la digitalización o barrido), fotografías aéreas, tablas o listas; o pueden ser datos en forma digital (0-1) que

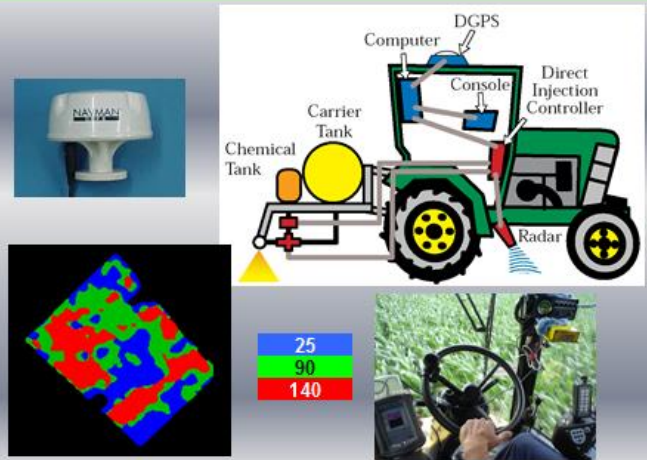
proviene de mapas o coberturas temáticas, o de imágenes satelitarias (ver recuadro "Imágenes satelitarias como fuente de información"); o bien los datos pudieron haber sido registrados directamente en el campo (con la ayuda de un GPS -Global Positioning System).

- **Manejo y análisis de datos:** El análisis espacial de datos se puede llevar a cabo mediante numerosas operaciones (lógicas y matemáticas) ejecutadas por los SIG, y entre ellas los procesos más comunes son el cruzamiento o superposición y la reclasificación de mapas. La superposición de mapas es un procedimiento simple donde dos o más coberturas temáticas (por ejemplo tipo de vegetación, curso de los ríos, red de carreteras, tipo de suelo) son combinadas y el resultado es una nueva cobertura temática (o mapa) compuesta.
- **Mapas, gráficos y tablas:** La presentación de los resultados que llegará al usuario final o que serán utilizados por otro sistema informático puede ser de distinto tipo según las necesidades. Se pueden obtener tablas o listas de datos, gráficos o figuras, mapas impresos, mapas obtenidos a partir de la información de imágenes satelitarias con superposición de redes viales, hidrográficas, o vistas tridimensionales (modelo de elevación digital). Estos resultados pueden obtenerse tanto en papel como en soporte magnético.

Comienzos de la Agricultura de Precisión



Comienzos de la Agricultura de Precisión



Concepción posterior



¿En qué consiste el Sistema de Posicionamiento Global (GPS)?

El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de navegación basado en satélites, creado y operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Comenzado a principios de los '80 este sistema fue declarado completamente operacional el 27 de Abril de 1995.

Completamente operacional significa que el sistema puede ser usado para determinar la posición de un receptor las 24 horas del día, en cualquier parte de la tierra. El sistema fue concebido originalmente como un auxiliar para la navegación para las fuerzas militares de los Estados Unidos, pero hoy en día el GPS sirve también para fines industriales, comerciales y civiles. El servicio está disponible, en forma gratuita, las 24 horas del día y bajo cualquier condición meteorológica.

El sistema se divide en 3 segmentos:

- **Segmento espacial:** Este segmento consiste de una constelación de 24 satélites NAVSTAR (**NAV**igation by **Sat**ellite **T**iming and **R**anging). Con una órbita de 20200 km de altura (10900 millas) sobre la superficie terrestre, cada satélite orbita la tierra 2 veces al día, o sea una vez cada 12 horas. Los 24 satélites se dividen en 6 órbitas con 4 satélites cada una. Esta distribución particular garantiza que por lo menos 4 satélites estarán en línea de vista de un receptor de GPS en cualquier parte del mundo durante todo el día.

Por supuesto que no se pueden ver los satélites en su órbita, pero los receptores deben ser capaces de recoger la señal satelital enviada a la tierra. Los satélites cuya señal puede ser recibida son aquellos que están por sobre el horizonte. Cada satélite está equipado con receptores y emisores de ondas de radio que transmiten con una frecuencia de entre 1200-1500 MHz. Las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz (300.000.000 m/s) en el vacío, y disminuyen su velocidad cuando atraviesan la atmósfera terrestre.

Los satélites también están equipados con relojes atómicos, que mantienen el tiempo en base a vibraciones naturales periódicas dentro de los átomos.

Estos relojes increíblemente precisos son un componente crítico que hacen posible el uso de satélites para navegación y mapeo. Cada satélite cuenta con cuatro relojes, 2 de cesio y 2 de rubidio, a pesar de que uno sería suficiente, de esta forma se evita el riesgo de rotura o pérdida de precisión por alguno de los relojes.

- **Segmento de Control:** Los satélites son seguidos y monitoreados por varias estaciones ubicadas estratégicamente alrededor del mundo. Esta red de estaciones de monitoreo se denomina generalmente segmento de control del GPS, y consta de 4 estaciones de monitoreo y una estación de control principal ubicada en la Base de la Fuerza Aérea Falcon en Colorado Springs, Colorado.

Las estaciones de monitoreo miden las señales de ondas de radio que son transmitidas continuamente por los satélites y pasan esa información a la estación de control principal. Ésta usa la información para determinar la órbita exacta de los satélites y para ajustar sus señales de navegación, por ejemplo: error de reloj, correcciones, estado del satélite, etc.

- **Segmento de usuario:** Las unidades o receptores GPS son el segmento de usuario, que computan la posición del usuario por medio de las señales recibidas. Los GPS de uso civil no requieren licencia para operar ya que no transmiten señales de radio, solamente las reciben. Hay una gran gama de receptores con distintas precisiones y por ende precio, cada uno se adapta a un uso en particular.

Corrección diferencial

Existe una serie de errores que reducen la precisión del GPS, resultando en un error de entre 5 y 20 m (previo a la eliminación de la disponibilidad selectiva el error ascendía hasta los 100 m). Esto puede resultar útil para algunas actividades pero no para algunos usos en la agricultura por la precisión que se requiere en las posiciones. Por ende se requiere un método para mejorar sustancialmente la precisión. El método más usado hoy en día es la corrección diferencial (DGPS Sistema de Posicionamiento Global Diferencial).

Número de satélites visibles

Mientras más satélites esté recibiendo un receptor más precisa será su posición ya que se disminuye el área de incertidumbre de su posición posible. El mínimo de satélites para ubicar un receptor en tres dimensiones es de 4, cada satélite que se agregue a las mediciones mejora la precisión. El máximo teórico de satélites que se pueden recibir es 12, pero generalmente los que se encuentran demasiado cerca del horizonte no se reciben. En la práctica se suele trabajar con un máximo de 8, lo que resulta en una muy buena precisión, se recomienda trabajar con por lo menos 5 o más.

Manejo Sitio Específico de Insumos

El manejo sitio específico (MSE) consiste en tratar áreas menores dentro de lotes de una manera distinta a la que se manejaría el lote entero. El MSE reconoce e identifica variaciones en tipo de suelo, textura, color, ubicación en el relieve y productividad de los lotes (mapas de rendimiento), luego trata esa variabilidad en una escala menor que en las prácticas normales. Incluye recolectar interpretar y manejar gran cantidad de datos agronómicos detallados, de lugares precisos en los lotes en un intento de ajustar y mejorar la eficiencia productiva de los cultivos.

Los datos recogidos a través de las diferentes capas de información posibles (mapas de rendimiento de cultivos anteriores, fotografía aérea, mapas topográficos, imágenes satelitales, experiencias anteriores del productor o bien mapas de suelo de áreas homogéneas), definen lotes o sitios con potencialidad de rendimiento muy diferentes y bien definidas con un área tal que justifique agronómica y económicamente la aplicación de insumos (semilla y fertilizante) en forma variable. Esto quiere decir que una vez que se dispone de la información necesaria, se aplican los insumos en la cantidad que se puedan aprovechar con eficiencia para que cada área del lote exprese su máximo potencial económicamente posible, conservando los recursos naturales.

La posibilidad de trabajar con Manejo de Sitio Específico, gracias a la tecnología de Agricultura de Precisión, le ofrece al productor y empresario Agrícola cuatro principales ventajas:

- Aumento de la rentabilidad a través del aumento de los rendimientos y la reducción de los costos.
- Proporcionar al productor un seguimiento estadístico de cada lote, que posibilita agregar valor a su campo.
- Mejor administración de la información, permitiendo una planificación más efectiva de las operaciones, como por ejemplo logística de los equipos e insumos.
- Reducir el impacto ambiental de las prácticas agrícolas.
- Posibilita que los productores puedan administrar la información de forma más eficiente, permitiendo que tomen mejores decisiones sobre el manejo de su campo.



Computadores, sensores y controladores

Medidor de Rendimiento de la

cosechadora: Funciona a través de un sensor que mide la cantidad de grano que pasan por el elevador de granos.

Receptor GPS: Un receptor GPS instalado en la cosechadora identifica con precisión la posición georeferencial de cada medida individual de rendimiento.

Agromedidor Digital: Calibración y control de sembradoras, fertilizadoras y fumigadoras, determinación de superficies trabajadas, medición de distancias y superficies, y controlador de velocidad real.

Motor de siembra: Indicación de funcionamiento individual, auto-chequeo automático del sistema electrónico, alarma luminosa intermitente de gran visibilidad y aumenta la capacidad de siembra.

Mapeado de productividad: La calibración y el ajuste del medidor de rendimiento es muy simple. Solamente es necesario insertar la tarjeta de datos en la pantalla. Entonces solo basta con salir a cosechar el cultivo.

Reconocimiento del lote y muestreo del suelo: Incorporación de banderas o marcadores que pueden ser utilizados en cualquier aplicación del sistema GPS, por ejemplo, pueden ser usados para marcar la posición de malezas durante la operación de cosecha o de preparación del suelo.

A partir del 1° de Mayo de 2000, fecha en que se eliminó la disponibilidad selectiva, mejoró considerablemente la precisión del GPS autónomo. A partir de esto se comenzó a especular sobre las posibles aplicaciones en la Agricultura de Precisión de este tipo de posicionamiento, como por ejemplo en el posicionamiento de muestras de suelo, observaciones a campo, georeferenciación de toma de datos para correlación

con otras capas de información, como por ejemplo imágenes satelitales, etc. Queda claro que la limitante de estos equipos no es la precisión, que es suficiente para las aplicaciones mencionadas, sino la resolución o sensibilidad, que va determinar con que grado de precisión podemos ubicar un punto con respecto a otras capas de información georeferenciada. La precisión necesaria para la georeferenciación de puntos o datos va a depender del objetivo perseguido, de la varianza de ese dato en la población, y de una cuestión de costos y practicidad.

Para los fines de la Agricultura de Precisión, no es necesario tener un conocimiento profundo del funcionamiento del GPS. Los conceptos básicos volcados en este trabajo ayudan a comprender las bases del sistema para poder diferenciar aquellos receptores que se adaptan a los requerimientos



para el uso en la Agricultura de Precisión y además para entender los datos sobre precisión y funcionamiento que muestran los receptores en el display cuando están en uso.

A veces se presentan problemas con la correcta recepción de la señal y estos son atribuidos a una falla en el funcionamiento del sistema, sin embargo puede suceder que estas fallas se deban a problemas de conexión de los equipos o al mal estado de las fichas, enchufes o cables. Por lo tanto, cuando se presenten problemas de recepción de señal se debe inmediatamente verificar el estado de mantenimiento de toda la instalación.

Todas éstas tecnologías de Agricultura de Precisión, bajo Manejos Sitio-Específicos le permiten al agricultor ahorrar recursos e insumos escasos, aplicar las dosis justas de herbicidas, fungicidas y fertilizantes en cada área específica del predio y crear una base de datos que permita establecer con relativa exactitud lo que se siembra y lo que se cosecha.

El sector Agro, ante el reto de la innovación por medio de las TIC



TICs / Software para el sector agrícola y ganadero

Lo primero que es necesario definir para referirnos al objeto de estudio, es si lo más adecuado es hablar de *software* o de TICs, dejando en claro que el segundo término es más amplio ya que incluye también a las tecnologías de la telecomunicación. Como en

muchas ocasiones estos dos términos aparecen de manera intercambiada en ciertos estudios e instancias diversas, o en forma de sinónimos, es necesario realizar esta distinción fundamental.

En principio es posible afirmar que las Tecnologías de la Información y la Comunicación conforman un conjunto ya indisoluble, con independencia del

ámbito de aplicación, pero además si nos referimos a la actividad agropecuaria, en donde el acortamiento de las distancias, la apertura y transmisibilidad de la información en un medio disperso, así como la velocidad de comunicación, juegan un rol esencial, por lo que es imposible considerar las tecnologías de la información sin las telecomunicaciones para pensar el desarrollo y el uso de software. No obstante, desde el punto de vista económico, el término software es útil para diferenciar a este tipo de tecnologías blandas respecto de todo el costado *hard* que está también incluido dentro del conjunto de las TICs. El relevamiento buscó detectar y discernir todos aquellos espacios donde aparecía incluido el software como tal, aunque lo cierto es que, en términos del desarrollo tecnológico, pero a veces también económicamente, está indisolublemente asociado a un soporte electrónico, ya sea de informática o telecomunicaciones.

En este sentido, a nivel económico, igualmente, es muy útil considerar la denotación sectorial que se asume como Software y Servicios Informáticos (SSI), aunque para pensar la problemática sea necesario incorporar al debate al sector de Electrónica y Telecomunicaciones.

La oferta tecnológica informática

Como el estudio de la vinculación intersectorial implica una realidad de doble entrada, con anterioridad al relevamiento se estudió la organización de cada sector desde el punto de vista, por un lado, de la oferta tecnológica informática genérica disponible –intentando para ello englobarla en determinados módulos a fin de poder efectuar una clasificación- y por el otro, la demanda (actual o potencial) desde la perspectiva del sector agropecuario como usuario, en relación con las funciones que pueden cumplir las aplicaciones informáticas a nivel de las necesidades de gestión de los distintos eslabones de la cadena agroindustrial. A partir de ello, se elaboraron dos esquemas teóricos de vinculación que tienen la referencia en el sector al cual pertenece cada uno.

En referencia al sector informático, se agrupó la oferta tecnológica en torno a cinco módulos que intentaban sintetizar todos los sistemas disponibles en la actualidad, según el tipo de utilidad que ofrecen, y con independencia de su grado de complejidad y valor agregado. Aunque esta clasificación tiene cierto grado de arbitrariedad, resulta práctica, creemos, para conceptualizar la vinculación que se estaba buscando, tomando un criterio que se acerque, por un lado, a la lógica funcional que está detrás desde el punto de vista informático, y por otro, como decíamos, a los diferentes tipos de utilidades que generan para el usuario, sin considerar que existen en la actualidad sistemas que incluyen más de una de estas funciones, en particular ciertos paquetes informáticos que se ofrecen en algunos mercados.

En este contexto, se encontraron primero una serie de sistemas relacionados con la gestión operativa y el monitoreo de diferentes procesos, como ser el control de la producción, la logística y el almacenamiento, y en la misma línea, sistemas administrativos, contables y de planificación empresarial, relacionados con la gestión económica de unidades de negocios. Todos estos desarrollos comparten un cierto tipo de lógica funcional interna asociada a la manipulación de determinado tipo de información, ciertos tipos de lenguajes de programación, de no muy alto valor agregado en términos de tecnología, pero que reducen la complejidad de las múltiples variables y dimensiones que se derivan de la gestión de las empresas, y permiten ciertas utilidades de aplicabilidad directa que resultan esenciales para el manejo inteligente de dicha gestión a la hora de la planificación de *recursos* y el control de los procedimientos. Razón por la cual se los englobó dentro de los llamados *sistemas de gestión de información*, que en algunos casos son sistemas cerrados, con aplicaciones específicas y una interacción básica con el usuario, y en algunos casos son sistemas abiertos, que comparten información con distintas unidades e interactúan con Internet y con otras formas de telecomunicación.

En segundo lugar se detectaron una serie de programas de software de diversa índole que comparten la utilidad de manejar grandes bases de datos para su funcionamiento, con requerimientos especiales a nivel del

hardware de almacenamiento y procesamiento de datos. Por ello es que se los ha englobado por lo general bajo el rótulo de *sistemas de gestión de bases de datos* (SGBD). Entre estos encontramos a todos aquellos sistemas que manipulan imágenes de alta densidad (fotografías satelitales, imágenes microscópicas, animaciones computadas en tres dimensiones, etc.), a los conocidos Sistemas de Información Geográfica (SIG), que son aplicaciones que permiten recolectar, clasificar, mapear, graficar, cruzar y mostrar datos de diversa índole, formato y densidad bajo una referencia espacial -con coordenadas de latitud y longitud-, posibilitando de esa manera la organización de la información para que sea posible analizarla, evaluarla y tomar decisiones. Esto supone sistemas de teledetección satelital que se incluyen en el quinto punto.

Sistemas de gestión de la información

- Planificación y control de procesos
- Gestión administrativa/económica

Sistemas de gestión de grandes bases de datos

- Procesamiento imágenes de alta calidad
- Sists. Información Geográfica/Teledetección
- Manejo de bases de datos genéticas

Sistemas – modelos de simulación de procesos

- Modelos de predicción y proyección de resultados e impactos futuros

Software de adquisición y administración de datos (embebido – incorporado)

- Control automático de maquinaria; adquisición manipulación y almacenamiento de datos en dispositivos (Mecatrónica)

Redes y sistemas de soporte a la telecomunicación

- Servicios de conexión a internet (fibra óptica o inalámbrica).
- Sistemas de procesamiento digital (DSP) y teledetección satelital.

También aquí ubicamos a los sistemas de manejo de información genética para el uso en investigación y desarrollo biotecnológico, que tiene aplicaciones tanto agronómicas como veterinarias y en medicina. En particular, el auge de esta rama de la tecnología biológica, que implica un uso intensivo del conocimiento informático, ha cobrado tanto crecimiento que ha generado incluso, en este caso, una disciplina particular, la *bioinformática*, que combina conocimientos biológicos y químicos con conocimientos de informática. Respecto a la arquitectura de programación, si bien los SGBD (también llamados DBMS, *DataBase Management Systems*) son estructuras complejas con diferentes niveles lógicos y posibilidades de relación con y entre los datos, en términos generales podemos decir que, según la utilidad específica (si se realizan grandes incorporaciones periódicas de información, o si se trabaja básicamente con sistemas de consulta, o si las bases de datos están abiertas a distintos canales de interacción) usualmente se utilizan aplicaciones específicas de consulta a bases de datos, de manejo de bancos de imágenes y sistemas de alta interacción, de forma tal que existen algunas plataformas que dominan ampliamente la oferta más avanzada, como las aplicaciones basadas en el *Standard Query Language* (SQL), o aquellas basadas en Visual Basic para el manejo de imágenes y animaciones.

En tercer lugar se identificó a un conjunto de sistemas que poseen también una lógica propia de procesamiento y programación, y que son los llamados *sistemas de simulación de procesos* (SSP) o *sistemas expertos* (SE), derivados de una rama de la Inteligencia Artificial.

Estas aplicaciones consisten en modelos matemáticos (basados en cálculos de números finitos) que imitan y representan en forma simplificada

diferentes procesos humanos, físicos y naturales con una lógica sistémica, cerrada, de interacción entre diferentes variables con comportamientos prefijados, y que a través de esa capacidad de reproducción aparente, tienen el objeto de colaborar en la resolución de ciertos problemas de análisis.

Existe una diversidad de programas de simulación en enormes áreas de aplicación, como en el diseño industrial y constructivo, en la economía y *management*, en la agrometeorología y climatología, en la física, ciencias naturales y geográficas, incluso considerando el área de entretenimientos (videojuegos). Consisten básicamente en modelos de predicción, proyecciones, cálculo de impactos futuros y efectos de todo tipo de fenómenos, entre los cuales existe un sector de aplicaciones que pueden utilizarse para la toma de decisiones en el sector productivo agropecuario. Ejemplos de estos son los simuladores de efectos de determinados tipos de siembra y fertilización en suelos, predictores de impacto agroclimático, modelos de proyección económica de inversiones agropecuarias, sistemas de simulación mecánica y de fluidos para diseñar determinados objetos o tomar decisiones operativas, etc. El insumo del que se alimentan estos sistemas, además de la potencia de cálculo y el tipo de operaciones matemáticas que realiza, es la información modelizada de los fenómenos que se quieren simular. En agricultura existe un uso convenido a nivel mundial de uno de los modelos de estos sistemas, que es conocido como DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), aunque existen muchas otras plataformas y modelos disponibles y factibles de crear, con mayor complejidad y capacidad de manejo de variables.

En cuarto lugar se ubicó puntualmente a los sistemas de adquisición y administración de datos que se obtienen de dispositivos electrónicos de todo tipo, y que son conocidos comúnmente como *software embebido* o *incorporado (embedded software)*. Este tipo de sistemas permite recibir, interpretar, manipular y retransmitir datos obtenidos por diversos instrumentos de precisión y almacenados en dispositivos electrónicos como

sensores (de índice verde, de temperatura, de humedad, remotos, etc.), controladores y medidores de distintas muestras, PDAs, monitores de siembra y cosecha, receptores GPS y todos los dispositivos relacionados con la robótica. Este tipo de sistemas, en conjunto con la parte mecánica y la parte electrónica conforma un sistema que se conoce como *mecatrónica*. Desde el punto de vista tecnológico tienen una complejidad variable, aunque los de mayor utilización y presencia en el mercado poseen menor valor agregado en términos de complejidad que los sistemas de simulación y que los sistemas de bases de datos, no obstante permiten manejar procesos críticos de comunicación entre *hard* y *soft*, y manejar las interfases de vinculación entre distintos tipos de sistemas.

En quinto lugar se agruparon a todos aquellos sistemas de soporte de telecomunicaciones, sin especificación de una lógica informática específica, pero que tienen la particularidad de permitir la conectividad y la comunicación entre computadoras, servidores y todo tipo de procesadores digitales de información. Ejemplos de estos son todos los sistemas de conexión a internet (con particular énfasis en la conexión inalámbrica como ejemplo de la tecnología de frontera en conectividad), los sistemas DSP (Digital System Processing), todo un adelanto en materia tecnológica, que implican la digitalización de una gran cantidad de operaciones que comúnmente se realizan a través de tecnologías menos avanzadas que la informática, y como consecuencia, la transmisión de mucho mayores volúmenes de datos por unidad de tiempo, lo que se logra a través de la inclusión de microprocesadores en una gran cantidad de dispositivos intermedios de comunicación que analizan y digitalizan la información. Además se deben incluir a los sistemas de recepción de información satelital y aérea que se utilizan para la teledetección de características de la tierra mediante imágenes a distancia, que utilizan diferentes sensores y receptores que deben ser procesados con sistemas informáticos específicos.