

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

ESCUELA DE AGRONOMÍA

AGRICULTURA DE PRESIÓN

ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN (pag. 3)
- OBJETIVOS (pag. 4)
- DESARROLLO (pag. 5)
- ¿En qué consiste el Sistema de Información Geográfica (SIG)? (pag. 5)
- ¿En qué consiste el Sistema de Posicionamiento Global (GPS)? (pag. 6)
- Corrección diferencial (pag. 7)
- Número satélites visibles (pag. 7)
- Manejo sitio específico de insumos (pag. 8)
- Computadoras, sensores y controladores (pag. 8)
- CONCLUSIONES (pag. 10)
- BIBLIOGRAFÍA (pag. 11)

INTRODUCCIÓN

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.

En el presente trabajo daremos a conocer los lineamientos básicos en que se basa la agricultura de precisión

OBJETIVOS

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:

- Sistemas de información geográfica (SIG)
- Sistemas de posicionamiento global (GPS)

- Computadores, sensores y controladores
- Maquinaria especializada

La idea del presente trabajo es conocer lo anterior y relacionarlo con la agricultura.

DESARROLLO

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 (nº 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 (espaciales y descriptivos) 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 provienen 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.

¿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 **Satellite** **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.



CONCLUSIONES

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, georreferenciación 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 georreferenciación 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 estas 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Agricultura de Precisión, Agenda del Salitre (SOQUIMICH, 2001), Ortega B, Rodrigo; Flores M, Luis.
- www.e-campo.com, Vásquez J, Jhonny; Rivera, Arturo (2004).
- www.agriculturadeprecision.org (2004).
-