

# FUNDAMENTOS BÁSICOS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN APLICABLES AL MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO DE BANANO



JULIO CÉSAR GUTIÉRREZ H.  
Agrologo  
CENIBANANO

MARCO FIDEL ROMERO ZÁRATE  
Ingeniero Agrícola



## COMITÉ TÉCNICO DE MEJORES PRÁCTICAS

CLAUDIA ARGOTE ROMERO  
Productora

IVÁN RESTREPO URIBE  
Productor

LUIS ALBERTO SANÍN CORREA  
Productor

JUAN ESTEBAN ÁLVAREZ BERMÚDEZ  
Productor

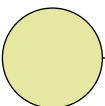
GABRIEL JAIME ELEJALDE GAVIRIA  
Director Regional AUGURA URABÁ

MATILDE ALICIA LONDOÑO RUIZ  
Coordinadora Programa BANATURA

ELIANA GONZÁLEZ GÓMEZ  
Economista Programa BANATURA

FUNDAMENTOS BÁSICOS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN APLICABLES  
AL MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO DE BANANO

Edición y Diseño : Comunicaciones AUGURA  
Impresión: LITOMEDELLÍN  
Medellín, Colombia octubre de 2006



# TABLA DE CONTENIDO

PRESETNACION	4
INTRODUCCIÓN	5
1 AGRICULTURA DE PRECISIÓN	7
1.1 Conceptos Generales	7
1.2 Tecnología básica para la aplicación de agricultura de precisión	9
2. ELEMENTOS BASICOS PARA LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCCIÓN NO TECNIFICADA	21
2.1 Aspectos Generales	21
2.2 Metodología	21
3. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGIAS PROPUESTAS	24
4. AVANCES EN INVESTIGACION Y APLICACION DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN EL CULTIVOS DE BANANO	25
6. CONCLUSIONES	27
6. GLOSARIO	28
7. BIBLIOGRAFÍA	29

# PRESENTACIÓN

En este 2006, BANATURA está concluyendo su quinto año como Programa de Gestión Social y Ambiental del sector bananero colombiano, inspirado por AUGURA en la necesidad de trabajar en frentes y prácticas puntuales que ayuden a lograr, entre otras metas, la competitividad de la agroindustria bananera nacional.

En efecto, en el 2001, la Asociación pudo hacer realidad el sueño de unir sus esfuerzos con los de los productores, los técnicos y los trabajadores para conseguir un lugar propio en los mercados internacionales, enviando a ellos fruta producida con calidad social y ambiental, y sobre todo, bajo principios de sostenibilidad.

Con la cofinanciación del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, que durante el quinquenio ha creído no sólo en la filosofía de BANATURA sino en la metodología aplicada con las fincas que semestre a semestre se van sumando a la iniciativa - 212 en Urabá y 82 en el Magdalena, donde el Programa inició actividades en 2005-, AUGURA puede hoy hablar en forma positiva de su experiencia gremial en construcción conjunta de alrededor de 30 Mejores Prácticas Bananeras, en asuntos sencillos pero que hacen la diferencia en el campo de la rentabilidad y en tópicos tan trascendentales como el uso de la agricultura de precisión y el uso del palín para el desmache, entre otras.

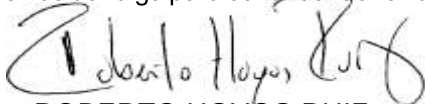
El propósito a mediano plazo de AUGURA con BANATURA, está centrado en poder definir en determinado momento, con el acompañamiento ya anunciado del SENA y el ICONTEC, las pautas de normatización para el sector bananero colombiano, nacidas de la lógica, fortalezas y circunstancias cotidianas propias, y obtener su reconocimiento por los grupos de consumidores en el extranjero.

La sistematización de las experiencias y la consignación de las Mejores Prácticas en publicaciones como la presente, son factores que avalan positivamente y a nuestro favor, la consecución del propósito antes enunciado. De ahí, la importancia que le damos desde el Gremio a esta nueva serie que ahora ponemos en circulación y que incluye los siguientes títulos:

- ✕ Veinte especies propuestas para sembrar en los taludes de canales primarios de fincas bananeras
- ✕ Implementación del lecho de secado en fincas bananeras
- ✕ Índice de Moko como herramienta para el control de esta enfermedad
- ✕ Uso de agua para reducir la cicatriz por fricción en el banano, durante el transporte del lote a la barcadilla
- ✕ Incorporación de residuos orgánicos agroindustriales en plantaciones de banano
- ✕ Fundamentos básicos de agricultura de precisión, aplicables al manejo integral del cultivo de banano
- ✕ Ergonomía y técnica en la labor de desmache con palín.

Para concluir, renovamos nuestro agradecimiento al SENA por la confianza depositada en nuestro Programa que le apunta sin reparos, a trabajar por la competitividad en el país desde el sector agroindustrial, en este caso desde el bananero.

Dios nos bendiga para continuar aunando esfuerzos por el bien de todos.



ROBERTO HOYOS RUIZ  
Presidente

# INTRODUCCIÓN

El manejo integral y eficiente de los cultivos, incluyendo el monitoreo de índices de productividad, se fundamenta en la aplicación de diversas tecnologías de información que ayudan a controlar y a evaluar los datos relacionados con la productividad de los cultivos. La aplicación de herramientas de información y tecnología contribuyen al desarrollo de economías o sectores de producción de una manera sostenible y a la vez garantizan el manejo adecuado de los recursos como suelo, agua y la conservación del medio ambiente.

Desde hace mucho tiempo los agricultores han considerado sus campos o fincas como la mínima y única unidad de manejo, basados en su conocimiento y en recomendaciones técnicas. Por ejemplo, en los cultivos tradicionales, normalmente, la aplicación de fertilizantes se realiza en una dosis sencilla durante una o dos veces al año, como una práctica de manejo igual para toda el área, sin importar si existen diferencias en los suelos, fertilidad, profundidad efectiva, aptitud de uso y otras condiciones que afectan la productividad de los cultivos .

Algunos de los problemas más frecuentes que afectan la productividad de los cultivos están relacionados con la inadecuada preparación de los suelos, siembra en áreas de baja aptitud agrícola, aplicación de riego en áreas de texturas arenosas, suelos ácidos con problemas de aluminio intercambiable y erosión de suelos, entre otros.

Otro de los limitantes asociados a la baja productividad de los cultivos está relacionado con el manejo inapropiado del recurso agua, entre los que se encuentran baja frecuencia de aplicación del riego, altas tasas de consumo, distribución no uniforme de la lámina de agua y altos costos en la operación del sistema de riego. Muchos de los problemas mencionados pueden ser solucionados a través de la implementación de un programa de agricultura de precisión.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), los sensores remotos y los programas de aplicación variable de nutrientes por sitio específico, son algunas de las herramientas que se pueden aplicar en un programa de agricultura de precisión.

La agricultura de precisión tiene como objetivo principal, mejorar la productividad de los cultivos a través de la implementación de un plan de manejo integral de acuerdo con las necesidades propias del cultivo y con las condiciones edáficas, ambientales y socioeconómicas del medio.

Evaluar y monitorear los niveles de producción de un cultivo es una tarea bastante compleja, debido a la cantidad de variables que afectan la productividad, sin embargo actualmente existen varias herramientas disponibles que ayudan a los técnicos y al agricultor o productor a identificar, controlar y representar espacialmente esas variables. Esas herramientas incluyen

básicamente tres tecnologías: SIG, GPS; Sensores Remotos, cuya aplicación facilita la captura y manipulación de la información relacionada con la productividad de los cultivos.

El presente documento tiene como objetivo principal dar a conocer los conceptos básicos y tecnologías de la agricultura de precisión. En la primera parte se discuten los aspectos fundamentales y su aplicación en sistemas productivos tecnificados. La segunda parte hace referencia a la aplicación de estos conceptos en la agricultura no tecnificada, la cuál se basa en el uso del conocimiento tradicional como herramienta indispensable en el levantamiento de la información y manejo del cultivo.

En la parte final se exponen brevemente los últimos avances en investigaciones sobre agricultura de precisión en el país, aplicadas en el cultivo de banano realizadas por diferentes instituciones, centros de investigación, universidades y entidades tanto privadas como estatales.

Este documento hace parte de la serie de publicaciones que viene realizando el Programa Banatura de AUGURA, con el fin de dar a conocer los últimos avances en investigación y se constituye en una herramienta de divulgación y aprendizaje para aquellos productores de banano que estén interesados en manejar eficazmente el cultivo a través de la aplicación de un programa de agricultura de precisión.

# 1

# AGRICULTURA DE PRECISIÓN

## 1.1 CONCEPTOS GENERALES

La agricultura de precisión se define como la aplicación de tecnología e información temporal y espacial aplicada al manejo y productividad del sector agrícola. La aplicación de herramientas de agricultura de precisión ayudan a aumentar la productividad de los cultivos, disminuir los costos de producción, proteger el medio ambiente y conservar los recursos naturales como el agua y el suelo.

Durante la formulación de un plan o programa de agricultura de precisión, se deben tener en cuenta tres aspectos importantes relacionados con productividad, entre los que se incluyen: Captura de datos, análisis y procesamiento de la información y aplicación de la información (USDA.1998).

Estas fases incluyen la utilización de herramientas de precisión como GPS, SIG, sensores remotos y sensores locales.

**Tabla 1.** Herramientas de información aplicables en agricultura de precisión.

Fases	Herramientas de precisión
<b>Captura de la información</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• GPS</li><li>• Sensores locales y equipos de campo como potenciómetros, tensiómetros, etc.</li><li>• Sensores remotos, como imágenes de satélite o fotografías aéreas.</li></ul>
<b>Análisis y procesamiento de la información</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• GPS</li><li>• SIG</li><li>• Fotografías aéreas</li><li>• Sensores remotos</li><li>• Sensores locales como potenciómetros, tensiómetros, etc.</li></ul>
<b>Aplicación de la información</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manejo integral del cultivo por sitio específico, aplicando SIG</li><li>• Fertilización por sitio específico</li><li>• Control y monitoreo, utilizando SIG</li><li>• Ayuda en la toma de decisiones</li><li>• Aumento en la eficiencia de las labores</li><li>• Mapeo de productividad, a través del uso del cultivo, a través del SIG de GPS y SIG</li></ul>

## ✂ **Captura de la información**

La captura o levantamiento de información es una de las etapas más importantes en un programa de agricultura de precisión. Avances en la tecnología han permitido facilitar y mejorar la captura de la información, garantizando alta precisión en los datos y facilitando la representación espacial de los factores a evaluar. Durante esta etapa se pueden utilizar equipos o herramientas de precisión, como GPS, fotografías aéreas, imágenes de satélite, SIG y locales.

## ✂ **Análisis y procesamiento de la información**

Una vez que se ha compilado y levantado la información base, se procede a analizarla o procesarla utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual captura, almacena y procesa los datos tanto espaciales como no espaciales.

## ✂ **Aplicación de la información**

La información generada en la etapa anterior, debe servir para identificar y delimitar áreas de manejo por sitio específico de acuerdo con las condiciones agronómicas, edáficas, económicas y ambientales de la zona.

Con base en los análisis realizados y las decisiones tomadas, idealmente se debe llegar a tratar de manejar y controlar cada uno de los factores que influyen en la productividad del cultivo, como suelos, fertilidad, prácticas de manejo del cultivo, entre otros.

## ✂ **Resultados y monitoreo**

Los resultados obtenidos a partir de la implementación de un programa de agricultura de precisión deben cumplir las expectativas planteadas en el momento de iniciar el programa, entre las cuales se incluyen:

- Plan de fertilización por sitio específico.
- Manejo y control fitosanitario por sitio específico.
- Programa de riego controlado por unidades de manejo.
- Modelamiento espacial de variables relacionadas con la productividad.
- Disminución de costos de producción.
- Aumento de la productividad.

Una vez que se ha implementado un programa de agricultura de precisión, se recomienda realizar un monitoreo o seguimiento a cada una de las prácticas realizadas con el fin de evaluar su efectividad.

## 1.2 TECNOLOGÍA BÁSICA PARA LA APLICACIÓN DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN

La implementación de un programa de agricultura de precisión requiere entender y conocer los aspectos básicos de operación y funcionamiento de las principales tecnologías utilizadas en agricultura de precisión, tales como: GPS, SIG, Sensores Remotos. En general, estas técnicas de información se utilizan para capturar, almacenar, analizar y representar espacialmente la información relacionada con el manejo y la productividad de los cultivos.

### ✂ Sistemas de Posicionamiento Global (GPS)

#### Generalidades

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) fue inventado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos como un sistema militar de navegación y utiliza la señal emitida por 24 o más satélites que están girando continuamente alrededor de la tierra (Chan C. W., 2001).

Los GPS funcionan mediante receptores móviles sobre la tierra que captan las señales electromagnéticas emitidas por los satélites en órbita. Los receptores GPS calculan la posición en el campo, en términos de longitud y latitud, luego calculan la distancia midiendo el tiempo que tarda en llegar la señal. Posteriormente utilizan un modelo de triangulación para determinar la posición exacta del receptor GPS sobre la superficie de la tierra.

La precisión de los GPS es un factor muy importante durante el levantamiento y captura de la información ya que la señal emitida puede ser afectada por factores espaciales y temporales. (Chan C. W., 2001).

Algunos de los factores más frecuentes que pueden afectar la recepción de la señal son:

- ◆ Malas condiciones climáticas
- ◆ Fallas en la comunicación
- ◆ Fallas en recepción de la señal emitidas por los satélites
- ◆ Precisión y tipo de antena del GPS
- ◆ Fallas en el procesamiento de la información
- ◆ Métodos de colección de la información

### ✂ Aplicaciones del GPS en agricultura de precisión

Los GPS constituyen una herramienta muy útil en la implementación de cualquier programa de agricultura de precisión, ya que permiten capturar información básica referenciada que luego puede ser transferida a un Sistema de Información Geográfica (SIG) para analizarla y procesarla.

Muchas de las aplicaciones de los GPS están relacionadas con producción de cultivos, manejo forestal, acuicultura y manejo de recursos naturales. Específicamente, los GPS tienen amplia aplicación en el levantamiento o captura de la información para mapear diversas variables,

como: siembra, cosecha, manejo de cultivo y productividad, entre otros.

En sistemas de producción más tecnificados como en maíz y soya los GPS son utilizados para recolectar información sobre productividad por sitio específico, a través de la instalación de dispositivos conectados a las máquinas cosechadoras o combinadas, las cuáles envían directamente los datos al SIG y lo actualiza al instante con los datos capturados en el momento de la cosecha (USDA. 1998).

## ✂ **Sistemas de información geografía (SIG)**

### **Generalidades**

Un sistema de información geográfica es un sistema computacional que utiliza información georeferenciada, para realizar análisis de información y mapeo. Un SIG permite capturar, almacenar y analizar información; además es posible realizar modelamiento de fenómenos naturales a partir de información geoespacial. Por ejemplo mapas detallados y precisos de las condiciones de una finca pueden ser representadas espacialmente a través del uso de GPS y SIG.

En un SIG, la información se organiza por capas o coberturas, como por ejemplo capas de suelos, topografía, producción, clima, hidrografía y vegetación, las cuales se utilizan para realizar análisis y cruces de información. Así mismo, un SIG debe soportar la manipulación y el manejo de todo tipo de información. Un SIG eficaz debe tener incorporado un modulo de análisis espacial para realizar cruces de información sencillas y avanzadas incluyendo modelamiento tridimensional.

La implementación y operación de un SIG depende básicamente de las necesidades del usuario, quien debe definir los objetivos, metodología y resultados esperados, teniendo en cuenta los requerimientos de información para alimentar el SIG y las necesidades de cada organización.

El uso de un SIG permite la creación de varios mapas o capas de información relacionadas con factores que afectan la productividad de los cultivos como: clima, suelos, topografía, fertilidad, control sanitario, riego, erosión, condición de las plantas y otros.

Análisis de las condiciones presentes de una finca se pueden realizar superponiendo cada una de las capas o variables a evaluar, complementados con información tabular (datos) de las prácticas y manejo del cultivo durante un lapso de tiempo.

Actualmente los SIG tienen muchas aplicaciones en diferentes campos de la ciencia como: planificación urbana y territorial, biodiversidad, conservación de recursos naturales, agricultura, ciencias de la salud, cartografía, geografía, geología e ingeniería.

### **Componentes de un SIG**

Básicamente un SIG está compuesto por: hardware, software, datos, equipos de computo (PC) y el personal.

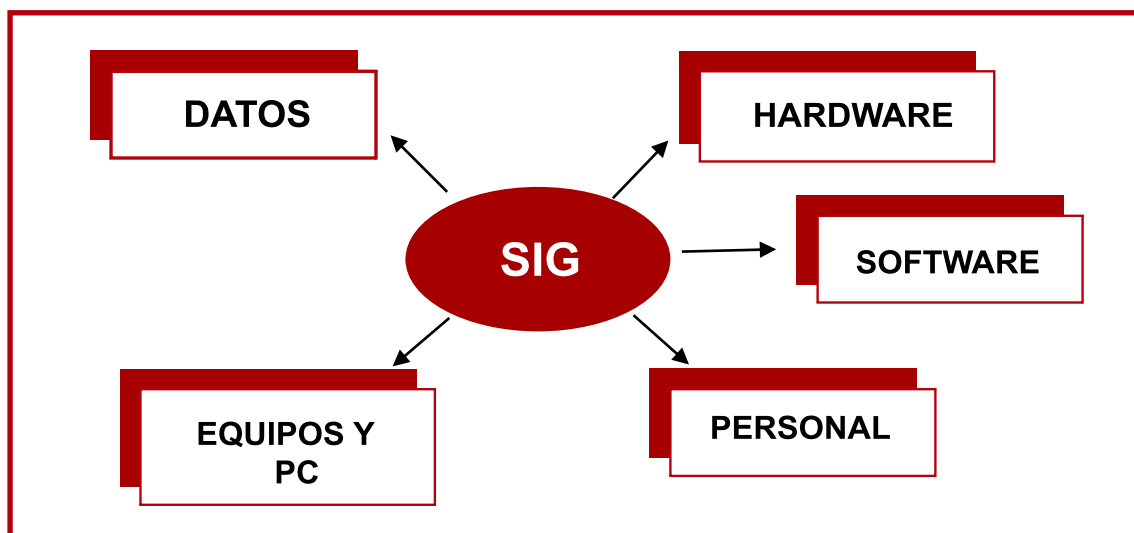


Figura 12. Componentes básicos de un SIG

El hardware es el computador que sirve de soporte al SIG, normalmente para estos sistemas se requieren equipos con alta velocidad de procesamiento y gran capacidad de almacenamiento de datos digitales. Dentro del hardware se incluyen los periféricos o equipos adicionales, plotters para impresión de mapas, mesas digitalizadoras, scanners, impresoras y unidades de almacenamiento ( Sánchez R. H., 1997).

El software para SIG provee las funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y visualizar información geográfica. Normalmente un SIG está compuesto por un manejador de base de datos (DBMS), una interfaz gráfica para usuario, además de herramientas para analizar la información y un modulo de consultas.

Los datos e información tabular son muy importantes en un SIG, sin ellos no se podría realizar ningún tipo de operación o análisis; generalmente la información o los datos provienen de diversas fuentes como: manuscritos, mapas existentes en papel, mapas digitales o escaneados, GPS, imágenes de satélite, fotografías aéreas e información capturada directamente en el campo.

Uno de los problemas más frecuentes en la implementación de los SIG es la falta de información, para lo cuál se recomienda realizar primero una revisión bibliográfica; diseñar un levantamiento óptimo la información o captura de datos, luego desarrollar bases de datos relacionales, que faciliten el manejo y manipulación de datos espaciales y no espaciales.

Un aspecto muy importante dentro del manejo de la información o datos es el diseño de la metodología o métodos a seguir. Estos procedimientos determinan cómo se realizan las tareas: la forma de introducir la información en formato digital, la forma de almacenamiento y los formatos de salida de información. En este punto, es indispensable definir muy bien el diccionario de datos, la estructura y el diagrama de flujo.

El personal es quizás el componente principal de un SIG, ya que es quien dirige, opera y mantiene el SIG funcionando correctamente. Durante la operación y manejo de un SIG

intervienen muchas personas entre las que se incluyen expertos, especialistas y usuarios. Los expertos son quienes diseñan y mantienen el sistema, los especialistas son quienes operan y realizan consultas en el sistema y los usuarios son quienes consultan la información, la visualizan y finalmente la aplican.

## Funcionamiento de un SIG

La forma de almacenamiento y manipulación de la información de un SIG varía de acuerdo con las funciones que debe cumplir y según las necesidades de quien lo implementa y de quien lo ejecuta. Un SIG eficaz combina las potencialidades de manipulación y análisis tanto en formato vectorial como raster.

El formato vector utiliza elementos geométricos para representar los elementos geográficos por medio de coordenadas. La información almacenada es encadenada a través de un identificador relacionado con la base de datos y con la tabla de atributos ( Sánchez R. H. 1997)

En este formato las propiedades espaciales de los elementos y sus relaciones son determinadas a través de un procedimiento matemático conocido como topología; bajo este formato se guardan puntos, líneas, nodos y polígonos. Los principales conceptos topológicos que maneja un SIG en formato vectorial son el de conectividad, definición de áreas y adyacencia.

La información vectorial almacenada en un SIG es muy útil y óptima para aplicaciones que requieren alta precisión en el cálculo de áreas y en la localización de los elementos geográficos, como por ejemplo en los sistemas de catastro, planeación urbana, vías, entre otros.

El formato raster utiliza una malla o rejilla superpuesta sobre el paisaje para representar los elementos geográficos. El fenómeno predominante dentro de una celda determina la información de la celda, la cuál es representada por números enteros o reales.

Debido a la representación por celdas del modelo raster, es necesario definir la resolución o el tamaño de la celda. El atributo se asocia a cada celda como valor único; por tanto, el número total de valores que deben almacenarse depende del número de filas y de columnas de la malla. La resolución define el tamaño de los archivos digitales, como también la precisión de la localización de los elementos; a mayor precisión mayor resolución ( Sánchez R. H. 1997).

En general, todas las imágenes digitales se almacenan en formato raster, también llamado formato por píxeles. Cada píxel o celda representa un área determinada de la superficie terrestre; así para representar un área de estudio se pueden agrupar múltiples niveles de información de diferentes resoluciones, de la misma manera que en un modelo vectorial. Cada tema puede ser representado por medio de una malla independiente o bien una malla puede tener múltiples atributos asociados a ella. (Sánchez, R. H. et al. 1997).

Una de las ventajas del formato raster es que permite realizar procesos avanzados de modelamiento espacial, como monitoreo de enfermedades, control fitosanitario, efectos del cambio climático y cambios de uso del suelo.

## Procesos generales que realiza un SIG

Un SIG desempeña las siguientes tareas: entrada de datos, manejo y administración de la información, consultas y análisis de la información.

### Entrada de datos:

Consiste en el ingreso de los datos al sistema en un formato digital apropiado que pueda ser reconocido por el propio sistema. Existen varias formas de ingresar información, tales como: digitalización, scanner, GPS, sensores remotos, entre otros.

### -Manejo y administración de la información:

En cualquier proyecto que utilice un SIG es frecuente realizar transformaciones o manipulación de diversos datos para que sean compatibles con un sistema determinado; entre estas tareas se incluyen cambios de escala, cambios de proyección, agregación de datos, transferencia de datos, etc.

El manejo de toda la información almacenada se debe realizar utilizando un sistema de administración de bases de datos, que consiste en una herramienta que facilita almacenar, organizar y administrar los datos.

### Consultas o búsquedas:

Los SIG están equipados con herramientas de consulta, tipo buffer, en las que se pueden hacer diversas preguntas a las bases de datos.

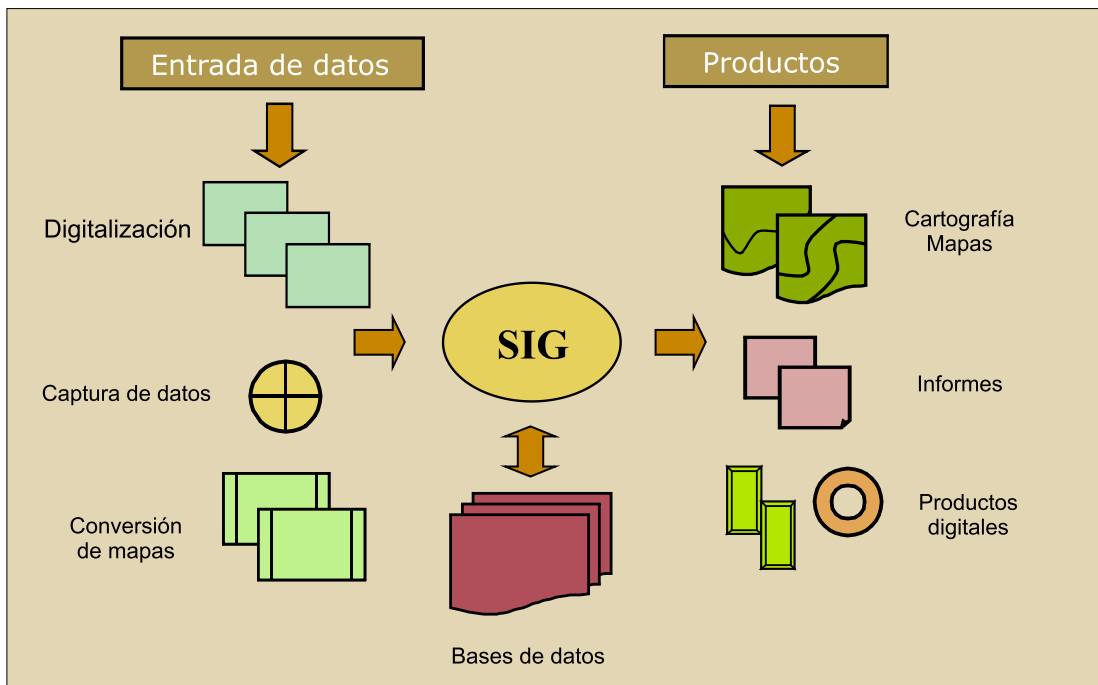


Figura 12. Procesos generales que realiza un SIG

### Análisis y modelamiento espacial:

Los SIG utilizan las propiedades geográficas de los elementos para realizar análisis sencillos de adición y sustracción, entre los que se incluyen análisis de proximidad y análisis de superposición.

Análisis más complejos para evaluar o predecir cambios a través del tiempo se realizan utilizando técnicas y herramientas de modelamiento espacial, las cuales ayudan a dar respuesta y monitorear diferentes fenómenos naturales como: efectos del cambio climático, cambios de uso del suelo, modelos de elevación del terreno (DEM), modelamiento de procesos erosivos y monitoreo ambiental, entre otros.

Los análisis espaciales son fundamentales para resolver problemas de nuestro ambiente natural urbano. Cuando se usa un SIG para hacer este tipo de análisis, se pueden sintetizar y desplegar mapas e información de una manera más creativa y eficaz.

Antes de ejecutar cualquier tipo de análisis aplicando un SIG, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Definir claramente los objetivos y los criterios del análisis
- Preparar los datos para los análisis respectivos, incluyendo el diseño e implementación de bases de datos
- Ejecutar los análisis
- Evaluar e interpretar los resultados
- Producir los mapas y el informe final de resultados

En la figura 3 se presentan los diferentes tipos de análisis SIG y los resultados generados.

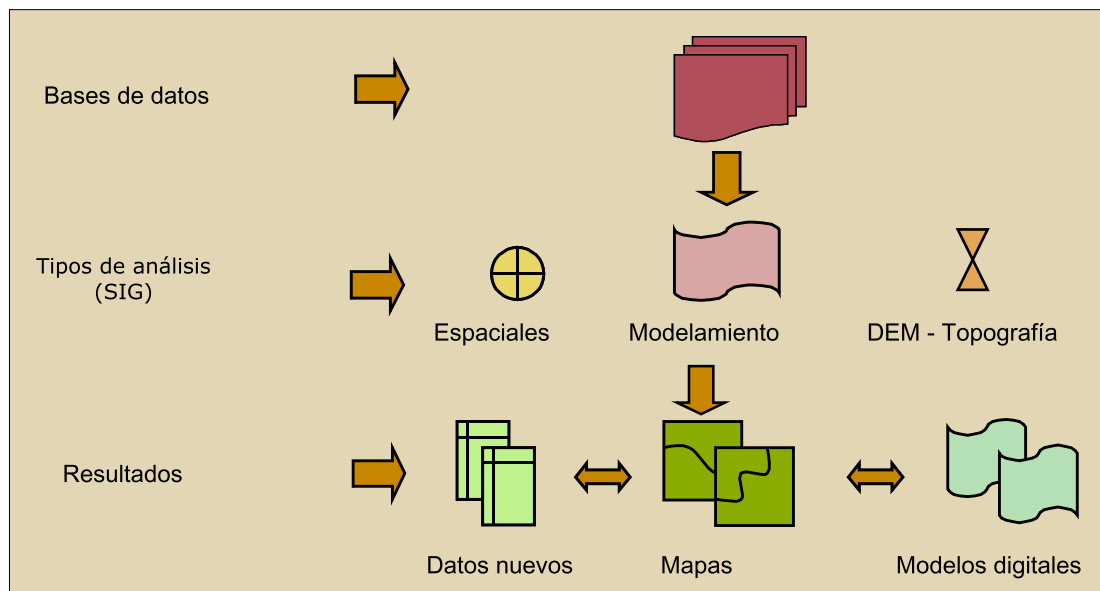


Figura 3. Tipos de análisis que realiza un SIG

## ✂ **Sensores remotos: Teledetección e Imágenes de satélite**

### **Generalidades**

Los sensores remotos son instrumentos capaces de registrar, codificar y grabar la energía emitida por los objetos presentes sobre la superficie terrestre, para luego transmitirla a un sistema de recepción, denominado sensor. Una vez el sensor registra la señal o radiación, este la procesa emitiendo diferentes señales que son espectralmente similares.

La teledetección espacial se define como la técnica que permite obtener imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas especiales e incluye los siguientes elementos:

- **Fuente de energía:** Es el origen de un flujo de energía detectado por el sensor. Puede tratarse de una fuente externa (teledetección pasiva) o de un haz de energía emitido por el sensor (teledetección activa). La fuente de energía más importante es el sol.
- **Cobertura:** Está representada por los diferentes objetos presentes en la superficie terrestre, como la vegetación, los suelos, el agua, las construcciones, etc., que reciben la señal proveniente de la fuente y que la reflejan de acuerdo con sus características físicas.
- **Sistema sensorial:** Está compuesto por el sensor y la plataforma que lo sustenta; su objetivo es captar la energía procedente de los objetos presentes, codificarla, grabarla y enviarla al sistema de recepción.
- **Sistema de recepción y comercialización:** Este sistema es el encargado de recibir la información transmitida por la plataforma, grabarla en un formato apropiado y distribuirla a los intérpretes y usuarios, una vez se hayan realizado las correcciones necesarias.
- **Intérprete y usuario** El intérprete es la persona que analiza la información captada y almacenada por el sensor. El usuario es quien analiza los resultados de la información y evalúa las aplicaciones.

### **Imágenes de satélite**

#### **Generalidades**

Los imágenes de satélite son una herramienta muy importante en la agricultura de precisión, especialmente cuando se requiere el levantamiento y captura de información espacial y temporal de las condiciones en un área determinada.

La imagen de satélite es una representación gráfica en forma vectorial o en matrices de los valores de reflectancia de los diferentes objetos localizados en la superficie terrestre captados por el sensor y que se manifiestan en la imagen mediante ciertos elementos que son la base de la interpretación.

#### **Resolución de las imágenes**

La resolución es la capacidad de una imagen para registrar los objetos, la forma y las características de ejecución del registro.

Los objetos, rasgos y características que conforman una determinada cobertura de la tierra se manifiestan en las imágenes mediante ciertos elementos que son la base y el fundamento de la interpretación (tono, textura, patrón, forma, tamaño, etc.). La forma en que estos elementos aparecen registrados depende del tipo de registro espectral, de la resolución espacial y de la resolución temporal.

La imagen siguiente muestra diferentes tipos de cultivos, los cuales pueden ser identificados y mapeados fácilmente a través de la textura, la forma y el color.



**Figura 4.** Imagen de satélite en la que se observa un uso intensivo del suelo

### Resolución espacial

La resolución espacial hace referencia al valor de radiación electromagnética reflejada por los objetos localizados en la superficie terrestre. El valor de resolución determina el tamaño o extensión mínimos que es posible registrar en la imagen. Una forma intuitiva de entender la resolución espacial es asimilarla a la percepción que un intérprete tenga acerca del área registrada, es decir que elementos puede identificar, delimitar y medir sobre la escena.

### Resolución espectral

La resolución espectral hace referencia a los rangos de las ondas electromagnéticas captadas por los sensores del instrumento de teledetección. A medida que un sistema de percepción remota ofrece mayores posibilidades de registrar un objeto de diferentes zonas del espectro, mayores son las posibilidades de que pueda diferenciar este objeto de otro en función de sus características radiométricas.

Por ejemplo, en la figura 5 es posible diferenciar los diferentes usos y tipos de cobertura presentes en un área, debido a la alta resolución de la imagen



**Figura 5.** Imagen de satélite en la que se observan diferentes usos del suelo

## Resolución temporal

Se refiere a la periodicidad con la que el sensor obtiene imágenes de una misma porción de la superficie terrestre y varía de acuerdo con los objetivos fijados por el sensor. El ciclo de cobertura es una función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad, inclinación), así como del diseño del sensor.

## Aplicación de las imágenes de satélite

Actualmente, las imágenes de satélite tienen muchas aplicaciones en diversos campos de las ciencias agrícolas, ambientales, forestales, ciencias del suelo, biodiversidad, etc.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las imágenes de satélite en cualquier proyecto depende de varios factores, entre los cuales se incluyen: objetivos del estudio, captura de la información, la integración del análisis, el grupo interdisciplinario de trabajo, la calidad de la información y la metodología aplicada.

En la tabla 2 se relacionan las aplicaciones más comunes de las imágenes de satélite.

**Tabla 2.** Principales aplicaciones de las imágenes de satélite

Ciencias	Aplicaciones
<b>Agrícolas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación de tierras</li><li>• Estimación de la producción de los cultivos</li><li>• Levantamiento o mapeo de suelos</li><li>• Mapeo de prácticas del cultivo</li><li>• Monitoreo del cultivo</li></ul>
<b>Forestales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudios de cobertura vegetal y usos del suelo</li><li>• Deforestación</li><li>• Inventario de especies</li><li>• Manejo de áreas forestales y reservas naturales</li></ul>
<b>Ciencias del suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reconocimiento de suelos</li><li>• Protección de ecosistemas</li><li>• Ordenamiento Territorial</li><li>• Estudios de cobertura y usos del suelo</li></ul>
<b>Ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación de impactos ambientales</li><li>• Monitoreo ambiental</li><li>• Cambio climático</li><li>• Manejo de cuencas hidrográficas</li></ul>

## ✂ **Sensores locales**

Bajo este término se incluyen otros tipos de sensores diseñados para operar y medir directamente en el campo. Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de sensores locales que ayudan a levantar información directa en el campo, con alta precisión, rapidez y bajos costos de operación.

Entre estos sensores se encuentran equipos de campo, con sensores instalados que miden directamente en el terreno la conductividad eléctrica, el pH de los suelos, el contenido de humedad, contenidos de humedad de las plantas, análisis de concentración de azúcares en las frutas para conocer el momento óptimo de cosecha, conservación de la calidad, conocimiento de la maduración de las frutas mediante sensores colorimétricos, estado nutricional de determinada plantación mediante el conocimiento de las concentraciones de cada nutriente, nivelación de tierras con la ayuda del rayo láser, aplicaciones en maquinaria agrícola como: tractores, cosechadoras, excavadoras, robótica, entre otras.

## ✂ **Fotografías aéreas**

### **Generalidades**

Una fotografía aérea es una imagen de una serie de objetos o elementos geográficos presentes en un terreno, los cuales son captados desde un avión o cualquier dispositivo equipado con cámaras fotográficas diseñadas para ese fin.

La fotografía aérea tiene como principio el sistema de percepción fotográfica, que utiliza la propiedad de los cuerpos de la litosfera para absorber, dispersar o refractar la luz proveniente del sol. Esta característica se traduce en el hecho que la energía reflejada por la superficie de la tierra pasa a través del lente de la cámara y la altera, con una intensidad variable, de acuerdo con el espectro electromagnético que capte la película instalada en la cámara.

Las fotografías aéreas se toman en forma consecutiva siguiendo un plan de vuelo diseñado con anterioridad a la toma, teniendo en cuenta que exista una superposición o traslape entre fotografías para obtener visión estereoscópica o tridimensional del área registrada y poder realizar la interpretación respectiva.

El área cubierta por una fotografía aérea depende de la escala de la misma; la escala de la fotografía esta relacionada con la altura de vuelo y la distancia focal de la cámara.

Las fotografías aéreas se clasifican de acuerdo con la inclinación del eje óptico de la cámara en el momento de la toma en verticales y oblicuas; según el tipo de emulsión de las películas en blanco y negro (pancromáticas), color y falso color.

Las fotografías aéreas verticales son aquellas en las que el eje óptico de la cámara es normal o perpendicular a un plano horizontal de referencia situado a la altura del terreno fotografiado. Las fotografías aéreas oblicuas son aquellas en las que el eje de la cámara no es perpendicular al plano horizontal en el momento de la toma.

Las fotografías pancromáticas (blanco y negro) son las de uso más frecuente por ser las que más se parecen a la visión humana; son sensibles a casi todas las radiaciones del espectro visible y se utilizan especialmente en fotogrametría y fotointerpretación.

En las fotografías a color la superficie de la película consta de tres capas de emulsiones sensibles al azul, al verde y al rojo. Estas fotografías aportan mayor información que las pancromáticas (blanco y negro), pero son más costosas.



Figura 6. Fotografía aérea a color

Las fotografías en falso color captan las longitudes de onda del infrarrojo que no son visibles para el ojo humano (mayores de 0.7 micrones), tienen mucha aplicación en estudios de geología, manejo del agua y en operaciones militares.



Figura 6. Fotografía aérea en falso color

### Características de las fotografías aéreas

En general las fotografías aéreas tienen un tamaño de 23 cm por 23 cm, normalmente traen impresas unas marcas fiduciales que determinan el eje de vuelo y ayudan a identificar el punto principal de la fotografía. Además incluyen información en los bordes o márgenes relacionada con la fecha, hora, altura y número del vuelo, inclinación del eje óptico, distancia focal de la cámara y número de la foto. Esta información es muy útil durante el procesamiento de estas aplicaciones en fotogrametría.

### Aplicaciones de las fotografías aéreas

Las fotografías aéreas tienen múltiples usos y aplicaciones en diferentes campos de la ciencia como: geología, ecología, agronomía, geomorfología, agroforestería, suelos e ingeniería.

En agricultura de precisión las fotografías aéreas que se utilizan son de alta resolución y a escalas menores de 1: 10.000 , su aplicación abarca diferentes campos entre los que se mencionan: estudios de cobertura y usos de suelo, monitoreo de enfermedades, manejo de los cultivos, mapeo de productividad y degradación de suelos, etcétera.

La figura 8 corresponde a una fotografía aérea de la región de Urabá. Se observan diferentes tipos de cobertura y usos del suelo, los cuáles son fácilmente identificables debido a la alta resolución y escala de la fotografía.



**Figura 8.** Fotografía aérea de la zona de Urabá, tomada a baja altitud.

# 2

## ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN NO TECNIFICADOS.

### 2.1 ASPECTOS GENERALES

Para la mayoría de los productores no tecnificados la aplicación de programas de agricultura de precisión parece algo imposible de realizar, debido principalmente a la falta de conocimiento sobre el uso de estas herramientas y también a la falta de recursos para la compra de equipos.

En nuestro medio se tiene la idea que poner en práctica proyectos de agricultura de precisión es una tarea dispendiosa y costosa. Sin embargo, se ha comprobado que a través de la aplicación del conocimiento tradicional y de la práctica o experiencia en el manejo del cultivo se puede diseñar, formular y aplicar un programa de agricultura de precisión eficaz de acuerdo con las condiciones actuales de explotación y con el nivel tecnológico de los productores.

De hecho, muchos agricultores o productores tradicionales, por medio de la simple observación de campo y de la aplicación de prácticas por intento y error, han logrado conocer con buena precisión cuales sectores de la finca son más productivos y cuáles son las áreas problemáticas.

Como consecuencia de lo anterior un agricultor tradicional, ya tiene en mente la distribución espacial de sus lotes y en forma empírica dispone de un mapa de productividad o rendimientos y en muchos casos también dispone de un mapa de distribución de su finca.

### 2.2 METODOLOGÍA

En general un programa de agricultura de precisión deberá estar enfocado a optimizar todos los procesos y labores de manejo del cultivo, con la idea de generar planes de manejo por sitio específico, por medio de la aplicación del conocimiento tradicional o por medio de la aplicación de instrumentos de alta precisión.

A continuación se presenta la metodología general a seguir para plantear un programa de agricultura de precisión en agricultura tradicional no tecnificada.

## ✂ **Materiales y equipos**

- Cartografía general de la zona.
- Plano general de la finca en el cual estén delimitados y representados los lotes, botalones, drenajes y sistemas de cable vía.
- Información relacionada con suelos, fertilidad, drenaje, variedades. prácticas de manejo y productividad.
- Equipos de posicionamiento global o GPS (No indispensable).
- Barreno para muestreo de suelos.
- Equipo para tomar muestras foliares.
- Un decámetro.
- Libreta de campo.
- Papel calco milimetrado y lápices de colores.

## ✂ **Procedimiento**

1. Definir los objetivos de acuerdo con las necesidades locales y o personales. Es decir tener en mente que quiero hacer, como lo voy a hacer. y que resultados espero obtener.
2. Evaluar las herramientas de información y equipos disponibles para aplicar la metodología. En este punto es importante conocer que tipo de información básica puedo coleccionar en mi ensayo y como puedo obtener la información en caso de no tenerla o no estar disponible, como por ejemplo: información relacionada con clima, suelos, fertilidad, variedades, drenajes, costos de producción, productividad, etcétera.
3. Captura y referenciación de la información: Delimitar y medir áreas de la finca, como lotes, botalones, al igual que áreas ocupadas por canales principales y secundarios; áreas en otros usos como zonas verdes, de conservación. Si es necesario tomar muestras de suelos, análisis foliares, fertilidad, etcétera. Se recomienda tratar de ser los más precisos posibles durante esta fase.

En caso de no contar con un equipo de posicionamiento global (GPS) como sucede con la mayoría de los productores de banano, el sistema de muestreo y mapeo se puede diseñar siguiendo los cables principales y los cables secundarios, localizando los sitios exactos de muestreos en la mitad o centro de los botalones, con el fin de lograr una precisión confiable; sí es posible se puede medir con un decámetro la distancia del punto de muestreo con relación a las torres que soportan el cable principal y los cables secundarios y luego plotearlo o ubicarlo en la oficina en el plano respectivo de la finca con la ayuda de una regla o escala.

4. Análisis de información: Con base en el conocimiento tradicional y la experiencia podemos llegar a conocer y delimitar cuales son las áreas problemas, tratando de representarlas en

mapas dibujados con métodos tradicionales (a mano, fotocopias del plano de la finca) de acuerdo con los factores o limitantes presentes, como por ejemplo: suelos, fertilidad, drenajes, tipos de cobertura, compactación de suelos y otros.

Luego si es posible se pueden diseñar bases de datos sencillas en la que se relacionen los datos obtenidos de las pruebas o muestreos realizados con la información referenciada por el método tradicional y relacionarlos con cada uno de los mapas generados.

5. Representar espacialmente zonas de manejo, a partir del conocimiento tradicional, es decir ubicar nuestros ensayos o muestreos en un plano de la finca de tal forma que nos permita representar y visualizar las características de los lotes o áreas. Luego se recomienda categorizar las áreas utilizando conceptos de alta, media y baja productividad.
6. Diseñar planes de manejo por áreas delimitadas de acuerdo con los factores limitantes observados, como pH ácidos, profundidad efectiva, humedad del suelo, nivel freático, drenaje, etcétera.

En síntesis el principal objetivo de esta metodología es mapear tradicionalmente o representar espacialmente cada uno de los factores que influyen en la productividad del banano, analizar la información obtenida y superponer cada mapa manualmente, tratando de simular las operaciones y funciones de un sistema de información geográfica (SIG).

Las formas tradicionales de manejo de la información geográfica consisten básicamente, en manipular mapas de papel, mientras que los SIG permiten manipular mapas digitales y almacenar información georeferenciada.

La técnica de superposición manual o tradicional es imprecisa, pero es de gran utilidad en el manejo de cualquier cultivo, especialmente en aquellos cultivos no tecnificados, ya que nos permite delimitar áreas, elaborar planes de manejo por zonas de manejo según los limitantes y finalmente obtener mapas de productividad.

# ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS PROPUESTAS

# 3

La siguiente tabla muestra algunas de las ventajas y desventajas de la aplicación de programas de agricultura de precisión para sectores tecnificados y no tecnificados

**Tabla 1.** Análisis comparativo de las metodologías propuestas

Agricultura de Precisión (Tecnificada)	Agricultura no tecnificada (Tradicional)
Alta precisión en los resultados obtenidos.	Baja precisión en los resultados obtenidos.
Altos a moderados costos de implementación.	Bajos costos de implementación.
Se fundamenta en la aplicación de investigación y desarrollo de alta tecnología (GPS; SIG, sensores remotos)	Se fundamenta en la aplicación de conocimiento tradicional.
Fácil manejo de la información, a través del uso de un SIG. Manejo del cultivo por sitio específico.	Difícil manejo de la información, no utiliza un SIG Manejo del cultivo por unidades de manejo.
Aumenta productividad Alta aplicación de la información obtenida en análisis regionales.	Aumenta productividad. Baja aplicación de la información obtenida en análisis regionales.
Es posible realizar modelamiento espacial, o control de variables, utilizando SIG.	No es posible realizar modelamiento espacial.
Resultados en formato digital y análogo (papel).	Resultados en formato análogo (papel).

# 4

## AVANCES EN INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO.

El gran auge de la aplicación de la agricultura de precisión en cultivos tecnificados, como maíz, soya, sorgo y algunos cítricos, especialmente en Estados Unidos y Europa, han incentivado la investigación y el desarrollo de nuevas metodologías y formas de manejo integral de los cultivos.

En América Latina y en especial en los países productores de banano como Costa Rica, Honduras y Ecuador, se han venido desarrollando investigaciones aplicadas sobre nutrición, fertilización y suelos, utilizando GPS para la captura de la información y SIG para análisis espaciales.

En Colombia, durante los últimos años AUGURA y CENIBANANO han apoyado la investigación en el manejo integral del cultivo de banano, a través de convenios con diferentes instituciones, centros de investigación y universidades del país. Las investigaciones están enfocadas en fertilización, manejo integrado de plagas, control biológico, fitopatología y fisiología vegetal del banano. En general los resultados de estas investigaciones han permitido conocer las condiciones específicas de respuesta del cultivo de banano al manejo nutricional y su interacción con el medio ambiente.

Con relación al uso de herramientas de precisión AUGURA y CENIBANANO han ejecutado proyectos de investigación a nivel de tesis utilizando fotografías aéreas para la clasificación de coberturas y usos del suelo y también para evaluar los cambios espaciales y temporales durante las diferentes fases de desarrollo y crecimiento del cultivo de banano; también se ha utilizado GPS en la captura de información base, como medición de áreas, levantamiento de límites entre fincas y predios, localización de ensayos y muestreos, entre otros.

Hacia el futuro CENIBANANO tiene proyectado seguir apoyando y ejecutando investigaciones en el campo de la agricultura de precisión como una herramienta útil en el manejo del cultivo, diseñada a las condiciones locales y regionales de producción, con el objetivo de aumentar la productividad y disminuir los costos de producción.

A través de la línea de agricultura de precisión el Centro de Investigaciones tiene contemplado apoyar y ejecutar proyectos en:

- Manejo integrado del cultivo de banano por sitio, utilizando SIG.
- Mapeo de productividad por áreas de manejo.
- Monitoreo de la distribución de enfermedades, utilizando GPS y SIG.
- Mapeo de suelos y evaluación de aptitud y uso de las tierras, aplicando SIG.
- Formular planes de fertilización y manejo de nutrientes por sitio específico.

A nivel regional, y en especial en la zona bananera de Urabá, algunas comercializadoras y unos

pocos productores independientes por iniciativa propia y buscando una respuesta a la baja productividad de las tierras, han venido realizando estudios detallados de suelos, evaluación de tierras y de fertilidad a nivel de finca, con el fin de conocer y evaluar la variabilidad de estos factores con relación a la productividad. Estos estudios se constituyen en el primer paso para llegar a implementar un programa de agricultura de precisión y un gran adelanto en el manejo integrado del cultivo de banano.

# 5

## CONCLUSIONES

La agricultura de precisión utiliza el GPS para localización geográfica, los SIG para ejecutar análisis y representación espacial a través de mapas y los sensores remotos para la captura de información espacial y temporal relacionada con el manejo del cultivo.

El principal objetivo de la agricultura de precisión es manejar eficientemente el cultivo por sitio específico. Con su aplicación se logra: Aumentar la productividad del cultivo, optimizar el uso de maquinaria en agricultura intensiva, realizar eficientemente las labores del cultivo, reducir los costos de producción, optimizar el uso de fertilizantes, reducir la aplicación de agroquímicos y en general conservar el medio ambiente a través del manejo adecuado de recursos como el suelo y el agua, entre otros.

El conocimiento y uso de las tecnologías aplicadas en la agricultura de precisión son muy importantes para los productores bananeros. Actualmente la aplicación de estas técnicas es cada vez más importante, para dar respuesta a los bajos niveles de productividad de las tierras. Muchos de los productores agrícolas no aplican o utilizan estos conceptos, pero en un futuro próximo o a mediano plazo se verán obligados a hacerlo, si desean mantenerse en un mercado tan competitivo como el bananero.

La aplicación del conocimiento tradicional en un programa de agricultura de precisión es muy importante en todas las fases de desarrollo del cultivo, especialmente en la transferencia de información.

A través de la aplicación del conocimiento tradicional y manejo de la finca es posible desarrollar un programa de agricultura de precisión sin importar si se cuenta o no, con recursos económicos para la adquisición de equipos de alta precisión.

El éxito de un programa de agricultura de precisión a nivel tecnificado y no tecnificado, requiere la interacción de todos los factores que influyen en la productividad de los cultivos, y del medio bajo el cual se están desarrollando, incluyendo aspectos socioeconómicos, prácticas de conservación y manejo de los recursos naturales.

Los resultados de la implementación de programas de agricultura de precisión y manejo integrado del cultivo no son inmediatos, normalmente los cambios se observan a largo plazo, por lo cual se recomienda ser constantes; es decir seguir año tras año las prácticas agrícolas recomendadas y continuar con las labores del cultivo una vez que el programa se han implementado.

El diseño e implementación de un programa de agricultura de precisión en sistemas tecnificados y no tecnificados, requiere la participación de todas las personas involucradas en el manejo del cultivo, como técnicos, administradores, especialistas, trabajadores, entre muchas otras.

Conociendo las condiciones particulares de las fincas bananeras, es posible diseñar un sistema de manejo por unidades que dependa del conocimiento y experiencia del agricultor con relación al cultivo.

- **Modelamiento:** Es el término que se utiliza para describir las expresiones lógicas y los procedimientos analíticos que se aplican a un conjunto de datos con el propósito de simular un proceso y predecir o caracterizar un fenómeno.
- **Sensores Remotos:** Dispositivos localizados en los satélites y aviones para capturar datos a partir de la luz emitida por los objetos de la tierra. La información obtenida a partir de estos sensores puede ser utilizada en diversos estudios, como por ejemplo: identificación de tipos de cobertura vegetal, usos del suelo y erosión.
- **Sistema de Coordenadas:** Es un sistema que representa la ubicación de cualquier punto sobre la superficie de la tierra con base en un par de coordenadas representadas en medidas angulares: latitud y longitud. La latitud es el ángulo formado por la línea del Ecuador y la línea que pasa por el punto que se va a medir. La longitud es la magnitud representada por el ángulo entre el meridiano de Greenwich y la línea paralela.
- **Sistema de Información Geográfica (SIG):** Sistema computarizado integral que contiene información espacial y características o atributos geográficos, que permiten analizar y representar información espacialmente.
- **Sistemas de Posicionamiento Global (GPS):** Los sistemas de posicionamiento global (GPS) funcionan mediante receptores móviles sobre la tierra que captan las señales electromagnéticas que emiten los satélites que están girando continuamente alrededor de la tierra.

# 7

## BIBLIOGRAFÍA

Bianchini, A. A., and Mallarino P. A. 2002. Precision Agriculture. Soil Sampling Alternatives and Variable Rate Liming for a Soybean- Corn Rotation. *Agronomy Journal*. 94:1355-1366.

Chan, C. W. 2001. GPS Application in Precision Agriculture. A paper presented at the DSMM/UN/USA/JUMPEN Workshop on The Use of Global Navigation Satellite Systems (GNSS)". Kuala Lumpur. Malaysia.

Hartkamp, A. Dewi., White, J.W., Hoogenboom, G., 1999. Simulation and Modelling. Interfacing Geographic Information Systems with Agronomic Modelling: A Review. *Agronomy Journal*. Vol 91. September-October.USA.

Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Myers, D.B., Massey, R.E. Sadler, E.J., Lerch, R.N., Hummel, J.W., and Palm, H.L. 2005. Development of a conservation oriented precision agriculture system: Crop production assessment and plan implementation. *Journal of Soil and Water Conservation Society*. Volumen 60, Number 6.USA.

Sánchez, R. H., Orozco S. J., Escobar J. F. 1997. Sistemas de Información Geográfica (SIG). Base de la Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Colombia.

Stootvogel, J. J., Bouma, J, and Orlich Romano. 2004. A. Participatory Research for Systems Analysis. Prototyping for a Costa Rican Banana Plantation. *Agronomy Journal*.Vol 96.322- 336 .USA.

USDA. Economic Research Service.1998.Precision Agriculture " Information Technology for Improved Resource Use". *Agricultural Outlook*. April. USA.







Calle 3 Sur No. 41- 65 Ed. Banco de Occidente Piso 9 PBX: (57-4) 321 13 33 Fax: 321 41 90 Medellín, Colombia E-mail: [augura@augura.com.co](mailto:augura@augura.com.co)

Carrera 11 No. 86-60 Ed. Los Cedros Of. 201 Tel: (57-1) 257 32 41 Fax 257 42 47 Bogotá

Conjunto Residencial Los Almendros PBX: (57) 823 66 02 Fax: 823 66 06 - Carepa, Antioquia - Calle 23 No. 4-27 Of. 405 Tel (57-5)423 17 93 Fax: 423 17 86 Ed. Centro Ejecutivo - Santa Marta

[www.augura.com.co](http://www.augura.com.co)