



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL
CONTROL Y USO DE LAS TIERRAS EN LA EMPRESA
AGROINDUSTRIAL VICTORIA DE GIRÓN.**

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
FRUTICULTURA TROPICAL**

Autor: Lic. Adalberto Acosta Villar

Tutor. M. Sc. Gisselle Sosa Sánchez

Matanzas

2022

PENSAMIENTO

"La Agricultura es imperfecta sin el auxilio de la instrucción. La Instrucción da medios para conocer el cultivo, acrecerlo y perfeccionarlo."

"Si el Hombre sirve, la Tierra Sirve....."

José Martí



DEDICATORIA

- Dedico este trabajo a mi familia que siempre han estado ahí en mi formación como profesional, siendo mi puntal de apoyo ante las dificultades, al soportar mis problemas y ayudarme a solucionarlos, transmitiéndome sus experiencias, dándome consejos y formándome para la vida.
- A mi esposa, mi mamá, mi hermana y en especial a mi papá que, aunque ya no esté físicamente sigue siendo mi guía y referente en cada una de las metas que me trazo cada día, este resultado solo es posible por tu exigencia en mi superación.
- Imprescindible no dedicar este trabajo a mi amigo Noel que la vida le impidió terminar la Especialidad, pero imposible no hacerte homenaje a ti, eres parte también de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

- Mis agradecimientos infinitos al resto de toda la familia fuente constante de preocupación y apoyo incondicional, a mis amigos más cercanos, todos fueron indispensables para llegar hasta aquí.
- A mis compañeros de trabajo, cada colectivo en el que he trabajado dejó una huella en mí y fue una fuente de conocimientos de la que intente aprender cada día, en especial a mi equipo en la dirección de desarrollo de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, mil gracias por forjarme como profesional y ser la verdadera escuela, siempre me voy a sentir parte de esta gran familia de citricultores.
- A dos personas en extremo ocupadas que encontraron el tiempo en su apretada agenda para atenderme: mi tutora M. Sc. Giselle Sosa Sánchez por toda su ayuda, al profesor Dr. C. Ramón Liriano Gonzalez por su paciencia y dedicación incondicional.
- Especial agradecimiento a todos mis profesores y a todo el personal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

**A todos,
Muchas gracias.**

RESUMEN

En la Empresa Agroindustria “Victoria de Girón”, se trabaja con una visión sostenible de los procesos de producción agrícola, de ahí que el presente trabajo constituye un proyecto basado en un Sistema de Información Geográfica para el manejo y control de los usos de la tierra. Para su desarrollo se utilizaron tecnologías novedosas como lo son los levantamientos con vehículos aéreos no tripulados, se realizó un levantamiento cartográfico de las áreas y se vincularon con las bases de datos nutridas por los registros actuales e históricos con los que cuenta la empresa desde su fundación. Se utilizó el software CartoSig que nos brinda a partir de sus herramientas los comandos y consultas necesarias para la creación de mapas y modelos necesarios para analizar los datos agropecuarios desde una perspectiva diferente a lo tradicional indispensable a la hora de tomar decisiones, así como controlar las áreas de una empresa que cuenta con una extensión de 500 Km². Se determinaron los recursos materiales y financieros, el presupuesto necesario, así como la evaluación económica financiera.

INDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. FUNDAMENTACIÓN.	4
2.1 Suelos y evaluación	4
2.2 Usos de suelo en la EAVG.	5
2.3 Evolución de la informática aplicada a la agricultura	5
2.4 Actualidad de la informática aplicada a la agricultura en el mundo	6
2.5 Informatización en Cuba	8
2.6 Primeras aplicaciones informáticas al sector agrícola en Cuba	10
2.7 Surgimiento y evolución de la cartografía digital	12
2.8 Sistemas de Información Geográfica	14
2.8.1 Tipos de Sistemas de Información Geográfica	17
2.8.2 Los Sistemas de Información Geográfica aplicados en la agricultura.	18
2.9 Estado y desarrollo de la Agricultura de Precisión en Cuba	20
3. OBJETIVOS	22
4. RESULTADOS ESPERADOS	23
5. METODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA	24
5.1 Métodos y procedimientos	24
5.1.1 Estructura y funciones del sistema.	24
5.1.2 Montaje del SIG.	36
5.1.2.1 Determinación de las imágenes aéreas.	36
5.1.2.2 Creación de la base geodésica GNSS.	36
5.1.2.3 Introducción de las bases cartográficas	38
5.1.2.4 Información temática	39
5.1.3. Validación del SIG	40
5.1.3.1 Descripción de los posibles usos de las secciones del sistema	40
5.2. Cronograma	43
6. RECURSOS NECESARIOS	44
7. PRESUPUESTO	46
8. EVALUACIÓN SOCIO, ECONÓMICA Y PRODUCTIVA	47
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	49

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el hombre se ha enfrentado al desafío constante de aumentar la producción agrícola en respuesta a la creciente demanda de la población. Este aumento, a su vez, se ha producido de dos formas: con la expansión de nuevas áreas agrícolas, y dentro de cada área, con el aumento de los rendimientos teniendo en cuenta las características de cada suelo y utilizando los avances tecnológicos favorables para la obtención de mejores resultados a la hora de realizar las labores planificadas, poniendo en práctica la agricultura de precisión como alternativa a los retos de la agricultura del futuro. Estas tecnologías modernas constituyen herramientas de trabajo para la toma de decisiones en la gestión de los procesos agrícolas.

Los sistemas de información geográfica (SIG) se presentan como una de estas herramientas, ya que estos sistemas entre otras ventajas dan la posibilidad analizar datos y de resolver problemas de gestión y planificación, logrando realizar consultas a la base de datos que poseen. También estos mapas SIG proporcionan enfoques interactivos de la información disponible, no solamente listas de diferentes características, sino gráficos, informes, fotografías y prácticamente cualquier contenido relevante. Se combina una eficaz visualización con un potente marco de análisis y modelado, por lo que se convierte en una ventana a resultados analíticos muy completos. El mapa SIG se usa fundamentalmente para acceder a modelos de análisis y ejecutarlos, además de mostrar sus resultados como una nueva capa de mapa (Regalado, 2014).

La utilización de los SIG en la agricultura, parte por un proceso de aceptación de las tecnologías de información en las prácticas convencionales, produciendo un impacto en la forma de trabajar el suelo para la producción agrícola. Tal vez el desarrollo más influyente para apresurar transferencia de tecnología a la agricultura ha sido el desarrollo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Incorporando en las prácticas agrícolas estándares, los productores, los investigadores y los consultores han podido mejorar la precisión de las actividades de manejo agronómico existentes, poniéndolas en ejecución a escala. La agricultura de precisión y las tecnologías asociadas a la medición de la variabilidad han sido el resultado de la utilización de los SIG (Griso, 2007).

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía. La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Estas tecnologías ayudan a la búsqueda de estrategias para enfrentar los problemas, de dirección y manejo de los recursos disponibles. Por lo que representa una herramienta muy útil para la dirección de casi todos los modelos de desarrollo económico, no obstante, es necesario aprovechar para ello todas las fortalezas y oportunidades que brinda el entorno y el uso de los recursos propios a explotar en cada lugar.

El Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros y Primer Secretario del Partido Comunista de Cuba Miguel Díaz Canel Bermúdez en visita a la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” (EAVG) en el año 2018, planteó la necesidad de llevar la Informatización de la sociedad hasta donde sea posible en cada sector, y sobre todo la necesidad de explotar la tecnología en función de tener una agricultura lo más eficiente y sostenible posible, así como la necesidad de ser capaces de realizar análisis y ver los datos de una perspectiva diferente a lo tradicional.

La empresa cuenta desde sus inicios fundacionales con registros históricos de las parcelas donde se detalla que compone cada una de ellas, datos de las características de las plantaciones y se posee además el historial de plantación que recoge cada una de las atenciones culturales que se realiza a la misma y el control de su producción y se actualiza mensualmente desde la unidad organizativa primaria (banda).

Basados en esto podemos plantear que existe control parcelario sobre las áreas de la empresa, pero se hace complejo a la hora de enlazar cada uno de estos datos ya que no todos pertenecen a la misma dirección ni los elaboran las mismas personas y resulta

engorroso controlar gestionar y manejar correctamente los datos que se poseen. Bajo tal enfoque, en las condiciones específicas de la EAVG, los SIG, representan una variable de peso a aplicar.

Problema científico:

Se desconoce cómo aplicar un Sistema de Información Geográfica para el control y uso de la tierra en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”.

Hipótesis:

La aplicación de un Sistema de Información Geográfica en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, permitirá una actualización de los decisores, así como un mejor control y uso de la tierra.

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1 Suelos y evaluación

El suelo es un conjunto organizado, de espesor variable; constituido por elementos minerales, orgánicos, seres vivos, agua y aire. Esta materia se encuentra sometida a constantes cambios por efecto de las variaciones del clima, la atmósfera y la acción del hombre. Otros autores lo consideran como un complejo regido por características físicas, químicas, físico – químicas y biológicas que determinan en gran medida la eficiencia en la producción agrícola (Fuentes y Águila, 2016).

El uso sostenible de los suelos unido a la mejor conservación de los recursos naturales y del entorno, requiere dedicar cada suelo para su mejor opción (Arzola y Machado, 2015). Su uso, debe estar sujeto al potencial y limitaciones del mismo (Pérez, 2016).

El suelo es la base de todos los programas de cultivo. Si se usa de forma prudente, puede lograrse que produzca cosechas de altos rendimientos y al mismo tiempo ser mejorados. Pero si es usado de modo imprudente o para propósitos a los cuales no es adaptable, los resultados serán decepcionantes, incluso desastrosos (Pérez *et al.*, 2013).

Una herramienta esencial para la toma de decisiones en la agricultura lo constituye la evaluación de tierra. Con su empleo se puede predecir el uso más adecuado para cada parcela, por la posibilidad que brinda de conocer las relaciones que existen entre las variables que intervienen en los sistemas agrícolas (Vargas y Ponce, 2008).

La evaluación de tierras puede ser definida como el proceso de valoración del comportamiento de la tierra cuando ésta se usa para propósitos específicos, la cual permite proporcionar la información y respuestas a las instancias de toma de decisiones, para quienes planifican el uso de la tierra, y deben de distinguir dos tipos de evaluación de tierras: la primera de ellas de un tipo cualitativo donde se indica el grado de adaptación de las especies y en algunas oportunidades el factor que las limita; y la segunda de tipo cuantitativo donde el resultado se expresa como productividad (Choque, 2013).

En tal sentido Ramón *et al.* (2017) afirman que el potencial agrícola se define como, aquellos territorios que por sus características generales y elementos específicos (pendiente, suelo, altura, humedecimiento, etc.) presentan valores destacados que

permiten el uso agrícola con altos niveles de productividad y eficiencia, sin que ello conlleve a su degradación y la pérdida de otros valores de importancia como son: calidad del agua, suelos, etc.

2.2 Usos de suelo en la EAVG.

La EAVG está ubicada en el centro-sur de la provincia de Matanzas, abarca un territorio superior a 500 Km², y se localiza un 71% en el municipio de Jagüey Grande, un 19% en el municipio Unión de Reyes, 6% Pedro Betancourt y 4% Jovellanos. Limita al norte con el municipio de Jovellanos, al este con el municipio de Calimete, al sur con el municipio Ciénaga de Zapata y al oeste con los municipios de Unión de Reyes y Pedro Betancourt.

Las plantaciones cítricas están compuestas por cinco especies, 15 variedades y más de 12 clones; los frutales por seis especies y 15 variedades; todo lo anterior plantado en 20 marcos de plantación que oscilan entre 10x8 m y 2x2 m, según sea el tipo de cultivo. En el contexto actual, dado la situación deteriorada de la economía, la imposibilidad de poder hacer cumplir las atenciones culturales a cultivos altamente delicados como los cítricos y los frutales, se toma la decisión de diversificar los objetivos productivos de la empresa y por lo tanto el uso de los suelos (cultivos varios, viandas, hortalizas y granos así como plantaciones de alimento animal) todo ello con un crecimiento acelerado en el último quinquenio y en la actualidad se cuentan con más de 2 000 hectáreas, sumando a las 14 000 hectáreas destinadas a la ganadería conforman un total de más de 35 000 hectáreas de área cultivable desplegados por toda la geografía de la empresa.

Existen además otros usos de suelo como lo son: áreas plantadas de forestal, en barbecho, pendientes de definición, viales, instalaciones y áreas no cultivables.

La diversidad territorial del uso del suelo de la empresa se encuentra macro localizada y controlada en planos no georreferenciados, por parcelas a nivel de cuadrantes y bandas en la explotación fundamental de la misma.

2.3 Evolución de la informática aplicada a la agricultura

Desde el surgimiento de la agricultura moderna el hombre ha tratado de reducir sus riesgos, humanizar las labores del campo y aumentar rendimientos productivos; cada

tecnología surgida a lo largo de la historia ha traído consigo un estudio para evaluar su potencial empleo en la agricultura y aumentar la cantidad de alimento, tales como: la rueda, las aleaciones, la síntesis química, GPS, etc. El surgimiento de las primeras computadoras no fue la excepción, desde el momento en que se convirtió en una tecnología accesible, se incorporó a la rama agrícola, en función de explorar todas sus potencialidades.

El uso de los ordenadores para resolver problemas en la agricultura, empezó a mediados de la década de los cincuenta del siglo pasado, con la llegada del ordenador digital de propósito general. La contabilidad agraria y los controles de rendimiento lechero fueron de las primeras aplicaciones puestas en marcha. Aunque estas aplicaciones sirven para detectar los puntos débiles de la explotación agraria, su utilidad como instrumentos de planificación fue limitada (Gómez, 1986).

Este mismo autor señala que con la llegada de las computadoras de tiempo compartido a mediados de los años 60, creció el número de posibles usuarios en el medio agrario y se extendió su campo de aplicaciones, que abarcó el cálculo de raciones alimenticias óptimas para la ganadería, la bibliografía agrícola, la selección ganadera, la programación de riegos, entre otros.

El desarrollo de microprocesadores en la segunda mitad del siglo pasado puso a disposición del agricultor capacidades de cálculo y archivo de datos considerables, a un costo muy bajo; de forma paralela se observó un gran desarrollo de programas utilizables en la propia explotación agraria (Gómez, 1986).

2.4 Actualidad de la informática aplicada a la agricultura en el mundo

En los inicios de este nuevo siglo, todas las ciencias se han visto marcadas por el impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo de los procesos que le son inherentes, éstas han cambiado la manera en que el mundo trabaja (Pérez *et al.*, 2006).

La revolución tecnológica que vive la humanidad en la actualidad se debe en buena parte a los avances significativos en las TIC. Los grandes cambios que caracterizan de forma esencial a esta nueva sociedad son: la generalización del uso de las tecnologías,

las redes de comunicación, el rápido desenvolvimiento tecnológico y científico, y la globalización de la información (Díaz *et al.*, 2011).

Las TIC facilitan estrategias comunicativas y educativas para establecer nuevas formas de trabajar, enseñar y aprender, mediante el empleo de concepciones avanzadas, en un mundo cada vez más exigente y competitivo, mediante un sistema de funciones para documentar y compartir archivos, acceso de escritorio compartido, simultánea edición y otras formas electrónicas de comunicación que permiten que los datos sean compartidos (Florido *et al.*, 2015).

La ciencia agronómica y la agricultura no son la excepción, y se han beneficiado por los enormes avances de la inclusión de los recursos informáticos en los diferentes procesos y las aplicaciones directas de sus principios (Pérez *et al.*, 2006).

En la actualidad, han surgido dos tendencias derivadas de la aplicación de las nuevas tecnologías y la informática al sector agropecuario: la Agromática y la Agrónica.

La agromática es la disciplina que utiliza los avances informáticos con una aplicación específica a las empresas agropecuarias, las cuales definen también necesidades específicas de procesamiento de información por parte de los productores y profesionales agropecuarios (Flores *et al.*, 2015).

La agromática considera a los subsistemas biológicos mediante los modelos de simulación del crecimiento y desarrollo de cultivos y animales. Estos modelos de simulación representan de modo matemático el comportamiento productivo de los sistemas biológicos: al cuantificar las variables de suelo, clima, vegetales, animales y manejo, los modelos permiten calcular cuál será el resultado de un cultivo, y así es posible evaluar el impacto de distintas alternativas de manejo bajo una diversidad de condiciones climáticas, y proyectar los posibles rendimientos y los costos asociados.

La empresa agropecuaria tiene importantes fuentes de incertidumbre derivadas de las condiciones climáticas y de otras inherentes al comportamiento de los subsistemas biológicos (plagas, enfermedades, diferentes respuestas ante los mismos estímulos, etc.).

La agrónica posibilita tratar con esta incertidumbre y cuantificar las probabilidades de los impactos productivos, económicos y ecológicos como consecuencia de la aplicación

de las diversas alternativas de manejo o de organización que se propongan en cada caso (Flores *et al.*, 2015).

El tratamiento de la información está siendo clave en la transformación del sector agrícola, tanto a nivel teórico como tecnológico. La agricultura, como la mayoría de los sectores, depende de la disponibilidad y procesamiento oportuno de datos e información, por lo que no puede permanecer al margen del actual proceso general de informatización (Flores *et al.*, 2015).

Pérez *et al.* (2006) refieren que en la actualidad existen una amplia y diversa oferta de sistema informático destinada a satisfacer la extensa gama de demandas en servicios técnicos y de gestión que ha impuesto la evolución del sector agropecuario actual. De acuerdo al interés expresado por los agricultores, entre las tareas propias de la agricultura que pueden ser objetos de aplicaciones de informática están:

Consejos técnicos de cultivo: empleo de sistemas informáticos para la resolución de interrogantes concretas sobre la práctica de la preparación de suelos, sistema de riego, determinación de ataques de plagas y enfermedades.

Contabilidad, precios de mercado, cálculo de inversiones e insumos agrícolas, inventario y movimiento, etc.

Planificación y manejo de cultivos: selección de áreas, proyección de fechas de siembra.

Cálculo de dosis de plaguicidas: calcular dosis por unidad de área, recomendaciones para su aplicación, entre otras.

2.5 Informatización en Cuba

La informatización de la sociedad en Cuba se lleva a cabo como un proceso de utilización ordenada y masiva de las TIC en la vida cotidiana, para satisfacer las necesidades de todas las esferas de la sociedad, en su esfuerzo por lograr cada vez más eficacia y eficiencia en todos los procesos y por consiguiente mayor generación de riqueza y aumento en la calidad de vida de los ciudadanos.

Una sociedad que aplique la informatización en todas sus esferas y procesos será más eficaz, eficiente y competitiva. Es evidente que para los países subdesarrollados resulta un reto el logro de este propósito, ya que su problemática fundamental está en lograr la

supervivencia de sus pueblos. Cuba ha identificado desde muy temprano la conveniencia y necesidad de dominar e introducir en la práctica social las TIC; y lograr una cultura digital como una de las características imprescindibles del hombre nuevo, lo que facilitaría a nuestra sociedad acercarse más hacia el objetivo de un desarrollo sostenible.

Se ha concebido en correspondencia con el conjunto de políticas y acciones que, como parte de la implementación del Modelo Económico y Social se desarrollan en el país, y se sustenta en los siguientes principios generales:

- Que el desarrollo de este sector se convierta en un arma para la defensa de la Revolución.
- Garantizar la ciberseguridad frente a las amenazas, los riesgos y ataques de todo tipo.
- Asegurar la sostenibilidad y soberanía tecnológica.
- Potenciar el acceso de los ciudadanos al empleo de las nuevas Tecnologías de la Informática.
- Preservar el desarrollo del capital humano asociado a la actividad.
- Desarrollar y modernizar coherentemente todas las esferas de la sociedad, en apoyo a las prioridades del país en correspondencia con el ritmo de desarrollo de nuestra economía.
- Integrar la investigación, el desarrollo y la innovación con la producción y comercialización de productos y servicios.

En la mayoría de los procesos que se realizan en cualquier organización, se intercambia información y se generan datos que se almacenan tanto en medios informatizados como no informatizados, siendo un objetivo a corto plazo unificar la información en Sistemas Informativos que mejoren los procesos, brinden soporte para la toma de decisiones y viabilicen el trabajo. Cuba no está exenta a este contexto internacional y lleva a cabo una política de desarrollo significativo de la informatización de la sociedad (Morejón *et al.*, 2014).

Entre los esfuerzos para potenciar la producción de software destacan la formación de personal calificado y la creación de organizaciones productoras de software tales como: el Grupo de Electrónica para el Turismo (GET) en 1995, deSoft en 1995, TranSoft en

1996, Universidad de la Ciencias Informáticas (UCI) en 2002 y Datys en el 2006, entre otras (Lazo *et al.*, 2016).

El desarrollo de software en Cuba hoy en día, está marcado por la actualización del modelo económico y social que vive el país, expresado en los lineamientos 83 y 131 de la Política Económica y Social del PCC y la Revolución. En ambos se compromete a las organizaciones a brindar mayores aportes a la sociedad (Lazo *et al.*, 2016).

En los últimos años se ha logrado exportar aplicaciones empresariales y de otras ramas, como la educativa, por varios miles de dólares a Venezuela, Bolivia, Nicaragua y Ecuador (Blanco, 2017).

La Industria Cubana del Software (ICSW) está llamada a convertirse en una significativa fuente de ingresos nacional, como resultado del correcto aprovechamiento de las ventajas del considerable capital humano disponible (Ruiz *et al.*, 2014). La UCI y el sistema de empresas cubanas vinculadas a este trabajo jugarán un papel importante en el desarrollo de la ICSW, y en la materialización de los proyectos asociados al programa cubano de informatización.

2.6 Primeras aplicaciones informáticas al sector agrícola en Cuba

La década de 1970 generalizó como primeras aplicaciones la automatización de tareas contables, como las nóminas de salarios y sueldos, el control de los inventarios, el control de activos fijos y la contabilidad financiera. De forma consecuente, muchas instituciones dependían cada vez más de las soluciones informáticas (Blanco, 2004).

Según este autor la automatización de la industria azucarera fue objeto de la primera línea de trabajos experimentales por la importancia económica que revestía el sector para el país, al lograr automatizar partes del proceso azucarero, en el que se destacó la empresa DATAZÚCAR, responsabilizada con la elaboración de software para el Ministerio del Azúcar y sus centrales azucareros, la cual logró elaborar un sistema de gestión y control para una fábrica de azúcar, soportado sobre minicomputadoras.

Durante la primera mitad de la década de los 80 se estableció una colaboración entre la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes (DNSF) y el Instituto Central de Investigaciones Digitales (ICID), como resultado de esta cooperación se crearon dos sistemas informáticos: el AGROSELECT (Mesa *et al.*, 1988) y el ROCA (1990)

destinados al diseño de rotaciones y la determinación de la agroproductividad de los suelos.

En 1995 se aceleró la informatización en todos los sectores del país, al incorporarse el sistema operativo WINDOWS 95 y las redes de computadoras, en sus versiones locales, ampliadas y globales, con el predominio de Internet. El balance de esa década según Blanco (2004) fue positivo, al constatarse la afirmación y generalización nacional de un conjunto de tecnologías asociadas a la informática, la existencia de un capital humano con una buena formación y la confección de aplicaciones con un aceptable nivel de calidad.

En el año 2008 con la creación de la Empresa de Informática y Comunicaciones del MINAG (EICMA), institucionalizó la creación de sistemas informáticos destinados a la agricultura. La EICMA es el proveedor fundamental de sistemas y servicios de comunicaciones, informática, ofimática y automática del sistema de la agricultura; lo que permite que asegure la gestión y operatividad eficaz de la producción agrícola en todo el país a través de la implantación de una infraestructura tecnológica, sistemas de información y comunicaciones, automatización de procesos; como soporte a la gestión y dirección empresarial y al proceso de toma de decisión efectiva y oportuna.

A partir del año 2012 la EICMA comenzó a celebrar el Encuentro Técnico de Informática, Automática y Comunicaciones del MINAG que tiene una frecuencia anual. En este evento se presenta todo el quehacer de la empresa, así como de aquellas que colaboran con la misma.

Su contribución al desarrollo de sistemas informáticos nacionales destinados al sector agropecuario ha sido numerosa.

A continuación, se citan otras herramientas informáticas desarrolladas para la agricultura de modo independiente por otras instituciones no especializadas:

- Sistema Informático para la estrategia de corte (SISCOR) (Álvarez y Rodríguez, 2014).
- Sistema informático de optimización de la estructura de variedades (OPESVAR-10) (Rodríguez y Pellicer, 2013).
- Sistema informático de cultivos varios (SICUVAR) (López *et al.*, 2011).

- Sistema informático para el cálculo de estimados cañeros (SICEC) (Rodríguez y González, 2011).
- Sistema informático para el control estatal de la producción porcina no especializada en Cuba (SConv) (García *et al.*, 2006).
- Sistema para la gestión y control del ganado vacuno y la inseminación artificial (GAVIAC) (Terrero y Morejón, 2014).
- Sistema automatizado para la organización racional de la cosecha-transporte – recepción de cereales (SAORCE) (Morejón *et al.*, 2014).

Una de las herramientas informáticas creadas en nuestro país y de relevancia en su uso agrícola es CartoSig, en sus diferentes versiones ha sido desarrollado en la Empresa GEOCUBA La Habana, del Grupo Empresarial GEOCUBA. Entidad que desde el año 1993 con su equipo de especialistas ha ayudado a clientes del sector agrícola en todas las provincias del país a resolver problemas espaciales con computadoras personales, desarrollando o asesorando la implementación de Proyectos SIG personalizados y suministrándoles Software SIG con Bases de Información Geográfica incorporada.

2.7 Surgimiento y evolución de la cartografía digital

La aparición de los mapas es casi tan antigua como la aparición propia de la historia de la humanidad, es decir con anterioridad a la aparición de textos o lenguajes de cualquier forma, es la primera forma de expresión en la que el hombre plasmó una idea, y lo utilizó para definir lugares, establecer recorridos, distancias y localizaciones etc., así como desplazarse de un lugar a otro.

Los mapas más antiguos que existen fueron realizados por los babilonios sobre el año 2300 antes de nuestra era. Se realizaban tallando sobre tablillas de arcilla y mayormente contenían mediciones de tierra realizadas para cobrar impuestos.

La cartografía se define como la ciencia encargada de estudiar la representación e investigación de los fenómenos naturales y sociales, su distribución, descripción y cambios en el tiempo por medio de mapas y modelos cartográficos (Salitchev, 1981). Existen otros conceptos dados por la Asociación de Cartografía Internacional que son:

- Un sistema de información geográfica es una herramienta de computo de manejo de bases de datos que codifica, almacena y recupera, transformando y desplegando datos espaciales desde el mundo real, para diferentes propósitos (Burrough, 1986).
- Según Aronoff (1989), los SIG pueden definirse como un conjunto de tecnologías de información (equipos y programas) y procedimientos que permiten el manejo de datos e información de carácter geográfico, o espacial, y sus atributos relacionados.
- Conjunto de operaciones científicas, artísticas y técnicas producidas a partir de resultados de las observaciones directas o de exploraciones de documentos, con vistas a la elaboración de cartas, planos y otros tipos de representación, y también a su utilización.
- Organización, representación, comunicación y utilización de geo-información en las formas visual, digital o táctil, que incluye todos los procesos de preparación de datos, no sólo el estudio de todo y cualquier tipo de mapa.

Cuando el descubridor de América Cristóbal Colón llegó a Cuba en 1492 lo acompañaba el famoso cartógrafo y autor del primer mapamundi Juan de la Cosa, dicho mapa representaba a la isla como parte de un continente. Desde el año 1492 y hasta 1800 no existen evidencias de desarrollo de la cartografía en Cuba, aunque existían mapas de La Isla realizados por España, Holanda, Francia e Inglaterra confeccionados entre los años 1550 y 1610 según recoge la historia.

Durante el siglo XVIII ocurren una serie de acontecimientos que influyen de forma directa e indirecta en el desarrollo de la ciencia en nuestro país lo que atrajo la llegada del alemán Alejandro Humboldt, quien en 1820 realiza el primer mapa escala confeccionado en Cuba siendo esta 1:2 000 000, de él salieron ideas y obras que hacían de impostergable necesidad un levantamiento geodésico de la isla. Durante el periodo de los años 1825 a 1835 se realizó el primer mapa geógrafo-topográfico de la isla de Cuba, toda una obra maestra conocida como la carta de Vives.

Con la intención de explotar en el máximo posible todas las riquezas y recursos del país durante la época de intervención norteamericana se desarrolló una nueva etapa del uso de la cartografía en la isla, se realizaron triangulación de tercer y cuarto orden,

trabajos oceanográficos, de coordenadas astronómicas en gran parte de nuestro territorio y se tomaron fotografías aéreas en los principales lugares de atractivo económico, así como investigaciones geológica-mineras.

A partir del año 1959, ya con el triunfo revolucionario se toman una serie de medidas que llevan hacia un verdadero desarrollo de la cartografía en Cuba. Se funda un el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, contando con una potente sala de fotogrametría considerada la más moderna de Latinoamérica, lo que trajo un considerable aporte no solo en mapas topográficos sino en una serie de mapas históricos, políticos, educativo, temáticos y atlas.

La situación cartográfica mundial cambia de forma radical en el 1990 debido al avance y desarrollo de la informática y las computadoras. En los Estados Unidos se comenzó el desarrollo de paquetes de Diseño Asistido por Computadoras en lo adelante conocidos como (CAD), que se introducen en todas las ramas de la cartografía, naciendo así los programas de cartografía automatizada o digital.

2.8 Sistemas de Información Geográfica

Durante las últimas décadas se han producido avances en el conocimiento humano, desarrollándose sistemas modernos para la representación, ubicación y análisis del medio geográfico, como son los sensores remotos y los sistemas CAD (computer assisted desing o diseño asistido por computadora). Estos últimos, junto a los sistemas de gestión de bases de datos, fueron los antecesores directos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Contar con un medio capaz de facilitar la identificación de los diferentes datos informativos mediante el uso de mapas, siempre ha sido una de las mejores maneras de analizar y entender el medio, de correlacionar datos y de obtener mayor información de un objeto o fenómeno determinado.

Una definición de Sistema de Información Geográfica es: un sistema de información que es utilizado para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar y obtener datos referenciados geográficamente o datos geoespaciales, a fin de brindar apoyo en la toma de decisiones [...] los componentes claves de un SIG son un sistema de computación, datos geoespaciales y usuarios (Murai, 1999). Los datos geográficos o

entidades espaciales georreferenciadas aparecen almacenados de diversas formas: como puntos, líneas, polígonos, redes (combinación de puntos y líneas) o superficies (combinación de redes y altitud). La referenciación espacial o georreferenciación es el medio por el cual los datos geográficos se relacionan con una localización, con el lugar en el que están. Algunos de los sistemas más comunes son: las coordenadas geográficas (latitud y longitud en una esfera), la malla de coordenadas rectangulares (proyección sobre una superficie plana) y un sistema sin coordenadas. Estos se caracterizan por su posición (proyecciones cartográficas y coordenadas), su relación espacial con otras entidades o topología (conectividad, contención, adyacencia) y sus atributos. Un SIG está diseñado para aceptar datos de una gran variedad de fuentes, ya sean mapas, fotografías aéreas, imágenes de satélite, datos GNSS o estadísticas. Así, algunos de los programas SIG permiten escanear los datos externos: la persona que trabaja con el ordenador coloca una fotografía en el escáner; el ordenador lee la información que contiene; el SIG convierte todos los datos geográficos en un código digital que se halla dispuesto en su base de datos, y es programado para que procese la información y obtener así las imágenes o la información que se necesita (PROCISUR, 2006).

Para resumir, se puede definir a un SIG como un programa o sistema de computación en el que se representa un conjunto de mapas de la misma porción de territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información. De este modo resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas, para obtener un mejor conocimiento de dicha porción de territorio y poder resolver problemas complejos de planificación y gestión. Por tanto, un SIG es donde se unen varias herramientas que lo hacen potente y versátil y que facilita, además, a partir de un gran volumen de información, la toma de decisiones, con gran precisión, rapidez, y alto grado de automatización.

El gobierno canadiense construyó el primer SIG (el Sistema de Información Geográfica de Canadá) en la década del 60 para analizar los datos recogidos por el inventario territorial de Canadá. Luego otros gobiernos y laboratorios de universidades crearon sistemas parecidos. Sin embargo, los SIG no se utilizaron de forma generalizada hasta

finales de la década del 70 cuando los avances tecnológicos hicieron que los ordenadores fueran más accesibles para todos. En la década del 80 aumentaron las ventas de SIG, ya que los gobiernos y las empresas encontraron nuevas aplicaciones para estos sistemas. Un gran número de compañías comenzó a producir nuevos programas de SIG para sistemas de programación de computadoras con el fin de aumentar sus funciones. A comienzos de la década del 90 estaban funcionando, aproximadamente, cien mil Sistemas de Información Geográfica y hoy esta cifra se ha multiplicado (Oyala, 2014).

Un SIG está compuesto por hardware (scanner, teclado, monitor, impresora, plotter), software, información o infware, y los usuarios. Sus elementos básicos vienen dados por la entidad geográfica o espacial y por los atributos no espaciales. Básicamente sus funciones son: entrada o adquisición de información, gestión o manipulación de información, análisis de información, salida y representación de la información.

En cuanto a la existencia de tipos de software para SIG actualmente se dispone de una gran variedad de software de ambos tipos de SIG (vectoriales y raster), desarrollados por varias instituciones. Entre los más empleados están MapInfo, ArcView, AtlasGIS, SPANS, CARIS, IDRISI, ILWIS, WINGIS, ProGIS, WinMap, Spring, ArcGIS, etc.

Los SIG se generalizaron en las áreas medioambientales a partir de la segunda mitad de la década de los 80, y comienzan a ser aplicados en tareas diversas tales como gestión y monitoreo ambiental, manejo de áreas protegidas, mapeo de uso y ocupación del suelo, planificación urbana y regional, descripción y evaluación de hábitats, catastro y tenencia de la tierra, manejo de cuencas hidrográficas, estudios de impacto ambiental, etc.

Las aplicaciones de un SIG son amplias y continúan aumentando: sirven para la elaboración de mapas y composiciones cartográficas al añadir gráficos y tablas enlazados con los mapas; crea mapas activos con posibilidades infinitas para los multimedia (video, fotos, animaciones) y la web; posibilita la generación de escenarios y realidad virtual, dibujos en perspectiva realista, vuelos virtuales, 3D, etc.; ofrece información para decidir una localización óptima o el mejor emplazamiento de una antena de telefonía móvil o de una presa; ayuda en la realización de estudios de mercado y en el planeamiento estratégico para mejorar los servicios de las empresas;

se utiliza en el trazado de rutas optimas, estrategias en recorridos comerciales, generar áreas de servicio en base a un tiempo o una distancia determinada para cubrir posibles incendios mediante funciones de análisis de redes, red de alcantarillado, etc.; permite crear inventarios de recursos naturales y humanos (catastros), la investigación de los cambios producidos en el medio ambiente, la cartografía de usos del suelo y la prevención de incendios, etc.

2.8.1 Tipos de Sistemas de Información Geográfica

Dentro de los SIG se distinguen grandes tipos de programas informáticos, de ellos conocemos:

- SIG de escritorio: son aquellos que se utilizan para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos.
- Sistemas de gestión de bases de datos espaciales o geográficos: se emplean para almacenar la información geográfica, pero a menudo también proporcionan la funcionalidad de análisis y manipulación de los datos.

Una base de datos geográfica o espacial es una base de datos con extensiones que dan soporte de objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales. Si bien algunas de estas bases de datos geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de geoprocésamiento, el principal beneficio de estas se centra en la capacidades que ofrecen en el almacenamiento de datos especialmente georrefenciados.

- Servidores cartográficos: se utilizan para distribuir mapas a través de Internet.
- Servidor SIG: proporcionan básicamente la misma funcionalidad que los SIG de escritorio, pero permiten acceder a las utilidades de geoprocésamiento a través de una red informática.
- Clientes web SIG: permiten la visualización de datos y acceder a funcionalidades de análisis y consulta de servidores SIG a través de Internet o intranet. Son clientes de visualización que ofrecen la posibilidad de superponer datos geográficos (mapas, fotos, etc.).

- Bibliotecas y extensiones espaciales: proporcionan características adicionales que no forman parte fundamental del programa ya que pueden no ser requeridas por un usuario medio de este tipo de software.
- Estas nuevas funcionalidades pueden ser herramientas para el análisis espacial, para la lectura de formatos de datos específicos, la correcta visualización cartográfica de los datos geográficos, para funciones geométricas fundamentales, o para la implementación de las especificaciones del Open Geospatial Consortium.
- SIG móviles: se usan para la recogida de datos en campo a través de dispositivos móviles (PDA, Smartphone, Tablet PC, etc.). Con la adopción generalizada por parte de estos de dispositivos de localización GNSS integrados, el software SIG permite utilizarlos para la captura y manejo de datos en campo.

2.8.2 Los Sistemas de Información Geográfica aplicados en la agricultura.

En el caso particular de la agricultura, la utilización de los SIG parte por un proceso de aceptación de las tecnologías de información en las prácticas convencionales, causando un impacto en la forma de cultivar. Quizás el desarrollo más influyente para apresurar transferencia de tecnología a la agricultura ha sido el desarrollo del GNSS. Con la incorporación de estos en prácticas agrícolas estándares, los productores, los investigadores y los consultores han podido mejorar la precisión de las actividades de manejo agronómico existentes, poniéndolas en ejecución a escala. La agricultura de precisión y las tecnologías asociadas a la medición de la variabilidad han sido el resultado. Potencialmente, los factores determinantes del rendimiento se pueden identificar, mapear y utilizar, para proporcionar una solución.

En Cuba y el mundo han adquirido gran importancia el empleo de los mismos, todos con fines específicos siempre acorde a las necesidades del agricultor y el resultado que se quiera obtener. Por mencionar algunos tenemos los ejemplos en Cuba de los empleados en los cultivos de arroz con el objetivo de analizar las pendientes para modernizar los sistemas de riego; en los cultivos de caña de azúcar se creó un SIG con el objetivo de tener un mayor control en el ordenamiento y la planificación territorial de las áreas destinadas al cultivo de la misma; en el mismo cultivo pero en Brasil se creó

un SIG para monitorear el rendimiento de los cultivos y analizar las características físicas y químicas de los suelos.

Es importante señalar, que los SIG implementados en Cuba antes mencionados, carecen en su estructura de algunas tecnologías que se hacen indispensables en la agricultura de precisión, como son: el empleo de tecnología GNSS, la percepción remota o el uso de dispositivos electrónicos, por mencionar algunos.

Diferencias de la agricultura de precisión con la agricultura tradicional.

La agricultura de precisión utiliza tecnologías y conceptos diferentes de los de la agricultura tradicional. Una de las grandes diferencias es el manejo localizado de las tecnologías, en función de la adquisición de datos sobre la física del suelo, la presencia de capas compactadas, química del suelo y rendimientos de los cultivos.

Los objetivos de la agricultura de precisión son adquirir adecuadamente los datos sobre la propiedad; entender las causas de las variaciones detectadas en el rendimiento de los cultivos y construir diagnósticos que permitan tomar decisiones sobre aplicación localizada de los recursos de la producción.

La agricultura de precisión facilita el manejo de la variabilidad espacial y temporal de los suelos y cultivos, permite el aumento de la productividad y de la calidad ambiental, mediante la comprensión de la variabilidad y de la tecnología. Hace necesario también que todos los componentes del sistema sean ejecutados, entre ellos están el muestreo del suelo, y caracterización y análisis del mismo, la interpretación de los datos recolectados y a tomada de decisiones.

La tabla 1 muestra una síntesis de los beneficios de la agricultura de precisión en relación con la agricultura tradicional en tres usos directos: aplicaciones de pesticidas, abonos y mapas de rendimiento.

Tabla 1. Beneficios de la agricultura de precisión en relación con la agricultura tradicional

Agricultura Tradicional	Agricultura de Precisión
Aplicación de pesticidas	
Trata todo el campo de cultivo como una superficie con necesidades similares.	Con la utilización de imágenes de satélite y fotografías aéreas, además de las técnicas de digitalización, GNSS y SIG, se pueden elaborar mapas del terreno en donde se pueda percibir la cantidad exacta de pesticida a aplicar según las necesidades del mismo.
Se emplean banderas humanas para señalar a los aeroplanos donde aplicar los pesticidas.	Se emplean GNSS para indicar a los aeroplanos donde descargar los pesticidas, y en qué cantidad gracias a los mapas previamente elaborados.
Aplicación de abonos	
Se aplica de forma uniforme en lo que se cree una cantidad apropiada.	Se aplica de forma específica según las necesidades de cada región. Con ayuda de DGNSS (GNSS diferencial)
Mapas de rendimiento	
Solo es posible determinar que una zona produce más que otra mediante un estudio detallado que supondría un elevado esfuerzo y muchas horas de trabajo.	Las técnicas de variabilidad temporal junto con los mapas de rendimiento y los costes variables permiten tomar decisiones adecuadas acerca de que zonas serian mejor no cultivar por los gastos que ocasionan.

2.9 Estado y desarrollo de la Agricultura de Precisión en Cuba

Desde el año 2004 se unieron varios centros con el objetivo de desarrollar una solución para la mejora de las estimaciones de cosecha utilizando la agricultura de precisión, fue desde entonces que Cuba comienza a adentrarse en las tecnologías de la misma. Más tarde en el año 2006 con la introducción de la tecnología GNSS, para implementar en el país un sistema para la gestión y control de flotas en el transporte terrestre, marítimo y agrícola se comienza a ver la importancia del uso de este componente (Navegador GNSS) en las actividades agrícolas y su integración con otros para el desarrollo de un sistema de agricultura de precisión en cultivos priorizados de la economía nacional.

Paralelo a esto se inician acciones para el desarrollo de un sistema automatizado para el control de riego en la EAVG como parte de un Sistema de Agricultura de Precisión que incluía otros productos y servicios; asimismo se proyecta el desarrollo de un sistema automatizado para el estimado del rendimiento en la caña de azúcar en la Empresa Cañera Industrial Jesús Rabí en Calimete, provincia de Matanzas, en la Empresa de Cultivos Varios de Güira de Melena en la provincia de Mayabeque y en la Empresa Arrocería de Los Palacios en la provincia de Pinar del Río.

No fue hasta mediado del año 2007 que se retomó el proyecto para la implementación de tecnologías de agricultura de precisión (AP), en apoyo al mejoramiento continuo de la eficiencia productiva de estas empresas. Aunque en estos trabajos no se cumplieron todos los objetivos propuestos si se lograron avances considerables con la introducción de tecnologías de avanzada en esas empresas agrícolas, lo cual creó las pautas y despertó un interés en los especialistas del sector para darle continuidad al proyecto de AP; sistematizando su implementación por etapas y su correspondiente introducción en los procesos productivos.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un sistema informático para el control y uso de las tierras en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”.

Objetivos Específicos

1. Realizar un levantamiento cartográfico de las áreas de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”.
2. Compilar la información de la base de datos sobre uso de los suelos en la Empresa.
3. Validar el sistema informático para el control y uso de las tierras en la Granja 1 perteneciente a la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”.

4. RESULTADOS ESPERADOS

1. Utilización de ortoimágenes que parten de imágenes VANT (Vehículos Aéreos no Tripulados), facilitando el descifrado de gabinete con mayor rapidez posibilitando las mediciones en lugares de difícil acceso simplificando los levantamientos directos en campo.
2. Integración de las bases cartográficas con las bases de datos, pudiendo así actualizar la información de forma sistemática y agilizar la toma de decisiones.
3. Acceso a un sistema de gestión para una pronta toma de decisiones por parte de los decisores con respecto al método tradicional agrícola sobre el control y uso de las tierras en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”.

5. METODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA

5.1 METODOS Y PROCEDIMIENTOS

5.1.1 Estructura y funciones del sistema.

Se aplicaron los siguientes conceptos asociados al sistema de información geográfica:

- Detección remota o teledetección: es obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos obtenidos con un sensor remoto, es decir, un sensor que no tiene contacto físico con el objeto a medir. Comprende un conjunto de técnicas tales como la fotografía aérea multiespectral, fotogrametría, radar y detección electrónica de ondas electromagnéticas radiadas por la superficie de la tierra (Cuartero, 2004).
- Geomapas: es un servicio que ofrece mapas de ciudades del mundo entero en distintos formatos, mapas con nombres, ejes y sentidos de calles como así también imágenes vía satélite. De esta manera, podemos ver fotografías aéreas de todo el planeta de mayor o menor resolución dependiendo si se trata o no de importantes núcleos urbanos (Muñoz, 2001).
- Georreferenciación: proceso mediante el cual se logra que todos los elementos de un mapa o imagen estén ubicados en sus coordenadas de acuerdo a un sistema de referencia.
- Ortorrectificación: proceso mediante el cual se atenúa las distorsiones producto de la posición del sensor en el momento de la toma de la imagen y la topografía del terreno.
- Ortoimagen: es un producto cartográfico obtenido mediante la rectificación diferencial de imágenes satelitales por técnicas digitales que posibilita su almacenamiento, distribución, tratamiento y aplicación mediante el uso de computadoras. Se produce una transformación de la imagen original en la que quedan eliminadas las deformaciones producidas por las inclinaciones del sensor durante la toma y el efecto del relieve sobre la posición de los puntos en el terreno.

La captura, almacenamiento, procesamiento, análisis y utilización de información en la toma de decisiones del proceso de producción agrícola, es la esencia del sistema de

agricultura de precisión para las diferentes variantes cultivos, por lo tanto, la definición de la diferentes categorías de información y el tipo de manejo que se hará de las mismas, es uno de los aspectos fundamentales a definir durante el desarrollo e implementación del sistema. Por consiguiente, estos aspectos se agrupan en tres secciones.

- Información de entrada al sistema.
- Sistema de información geográfica.
- Información de salida del sistema.
- Información de entrada al sistema.

En la figura 1 se describe cómo funciona el flujo de entrada y salida de información, quizás el más importante para el correcto funcionamiento del sistema:

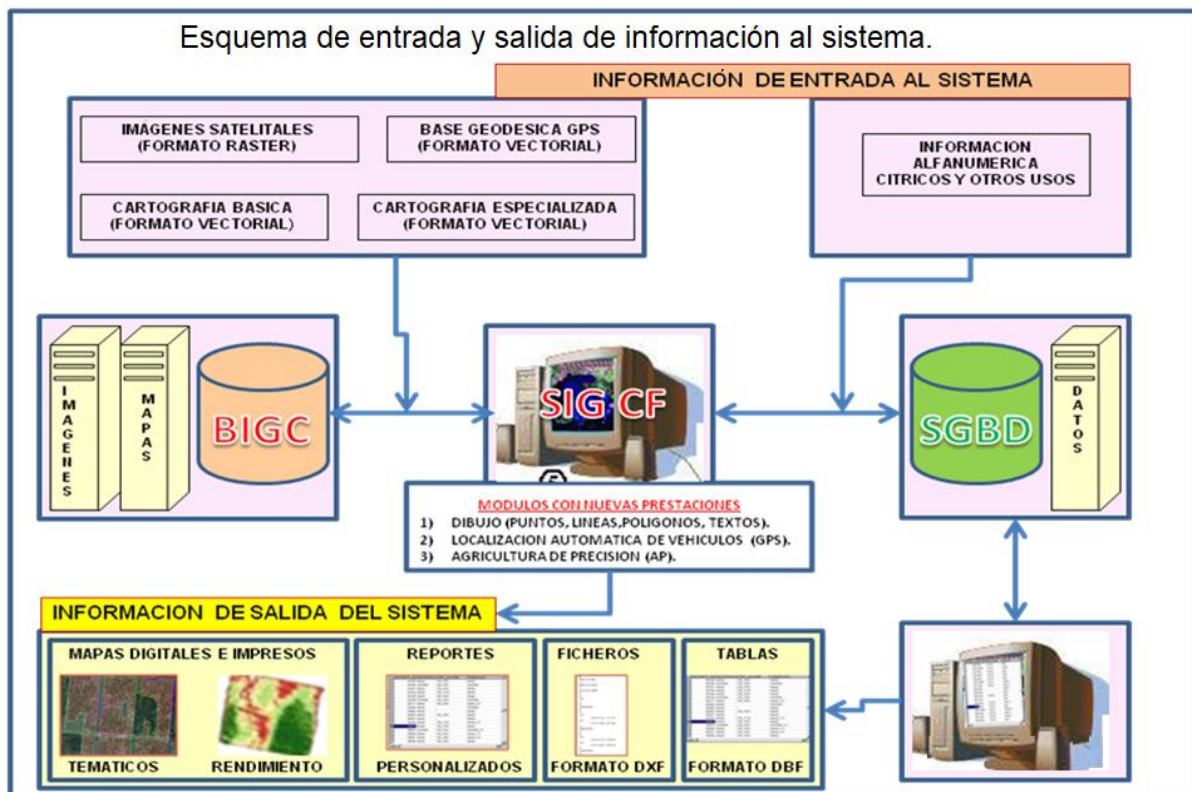


Figura 1. Esquema de entrada y salida de información al sistema

Al abordar los temas de manejo y análisis de la información y los cultivos se refiere a todas las labores relacionadas con el ciclo productivo del cultivo, ya sean ejecutadas por sistemas de control automatizados, medios mecanizados o manuales. Permite dejar documentados de manera georreferenciada y acotados en el tiempo, cuáles fueron las labores, tipo de equipos y/o implementos utilizados, tipo de insumos y dosis aplicadas. Se Incluyen además las labores de preparación de suelos, siembra, labores agrotécnicas, riego, nutrición, manejo fitosanitario, cosecha, post-cosecha y otras atenciones culturales. Conteniendo aquellas que, por su importancia en el aseguramiento logístico de las producciones, la cosecha y la distribución de producto final, se adiciona la información sobre el transporte y la logística, la cual es utilizada fundamentalmente por las aplicaciones de gestión y control de flotas y mantenimiento preventivo del parque automotor fundamentalmente. Contiene la identificación única de los diferentes vehículos, implementos, y elementos utilizados en la transportación y cosecha; las posiciones y trayectoria definidos por los sistemas GNSS; la utilización de los medios de transporte y su estado técnico. Así mismo la información resultante del monitoreo sistemático del suelo y el clima y cómo afecta el desarrollo del cultivo. Permite conocer la variabilidad temporal y espacial del suelo y el clima como factores productivos, así como la incidencia de malezas, plagas, enfermedades, entre otros. Incluye la información obtenida en los muestreos de suelos, afectaciones de malezas plagas y enfermedades, monitoreo de indicadores bioclimáticos (temperatura, humedad, precipitaciones, velocidad y dirección del viento, etc.), desarrollo fenológico de los cultivos, monitoreo para estimaciones de cosecha, y monitoreo de rendimiento. Por consiguiente se seleccionó a la plataforma de SIG CARTOSIG por ser una plataforma robusta que se identifica como la aplicación principal de un paquete tecnológico que facilita ensamblar de forma modular herramientas informáticas y otros utilitarios desarrollados para poder implementar los SIG; sistemas de gestión y control de flotas (terrestres, marítimas y agrícolas); sistemas de precisión para la agricultura (AGP), así como conectarse a gestores de datos distribuidos en otros servidores cuando la situación lo requiera. Cada sistema se implementa a la medida y particularidades de cada cliente.

En CARTOSIG se trabaja con una estructura flexible compuesta por cuatro ventanas:

1. La ventana principal de CARTOSIG (Figura 2)
2. La ventana del proyecto.
3. La ventana de visualización del mapa y las capas.
4. La ventana de las tablas de atributos.

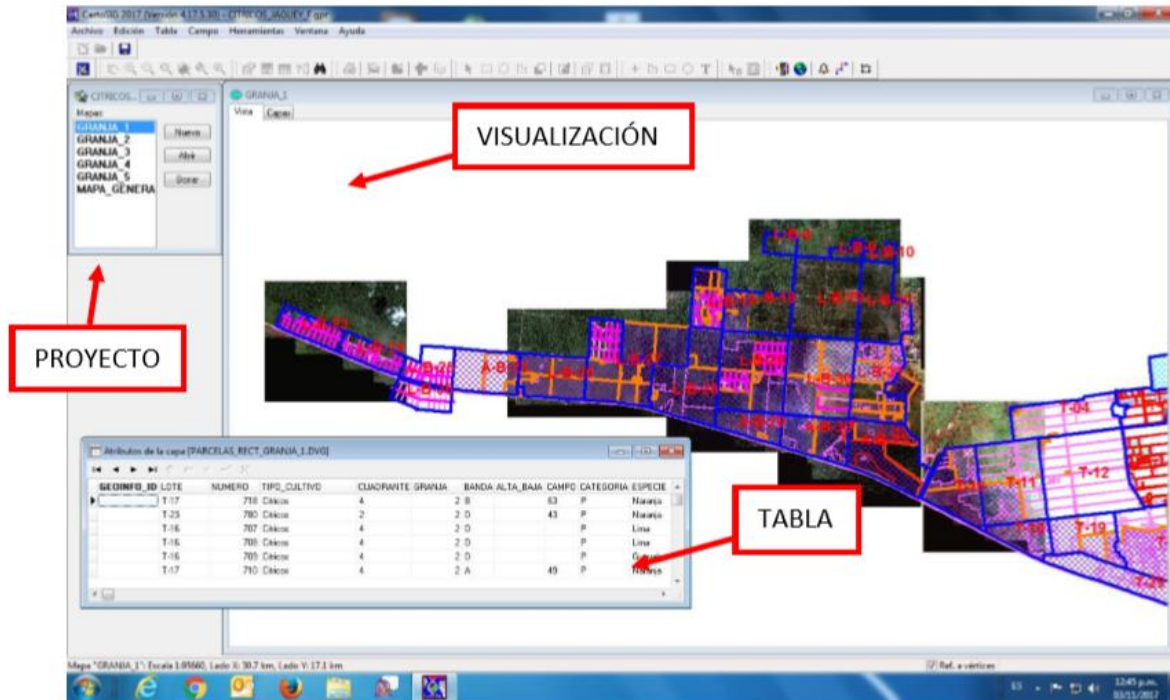


Figura 2. Ventana principal de CARTOSIG

Esta estructura organizativa le brinda un ambiente cómodo de trabajo y establece una Interfaz más viable al usuario

El proyecto almacena informaciones básicas de todos los mapas y demás componentes, siendo capaces de mantener juntos lo que se necesita para una tarea o aplicación. El fichero del proyecto se identifica con la extensión "gpr".

En una ventana de CARTOSIG se podrá trabajar con solamente un proyecto y cualquier número de mapas y tablas de atributos.

Los mapas están compuestos por VISTAS y CAPAS, las cuales siempre están unidas en sus ventanas de trabajo. En cada mapa se podrá tener una vista y la cantidad de capas necesarias asociadas a dicha vista. Esto mantiene una organización de la información geográfica que facilita el manejo en múltiples aplicaciones.

Además, se pueden incorporar escritos a ciertos componentes, así como acceder a Bases de Datos estructuradas las cuales estarán también almacenadas en el fichero del proyecto.

En esta etapa al considerar los componentes que integran un SIG, desglosado en hardware y software, se toman en cuenta los niveles de acceso a los datos que tendrán los usuarios, la magnitud y límites del área de estudio, la escala de trabajo y por ende la unidad mínima a representar.

El nivel de acceso a los datos del sistema no debe ser el mismo para todos los usuarios, pues es necesario proteger y conservar la calidad de la información durante la explotación y actualización, así como limitar el acceso a información estratégica producto del proceso de análisis durante la toma de decisiones, por lo que se puede establecer durante la elaboración del proyecto claves para los diferentes usuarios.

En la tabla 2 se presentan los requerimientos de hardware y softwares mínimos para la implementación del SIG, lo que demuestra la nobleza de esta plataforma a la hora de requerimientos técnicos y aseguramientos de la PC.

Tabla 2. Requerimientos de hardware y softwares mínimos para la implementación del SIG.

HARDWARE
Microprocesador de 32 bits, 64 Mb de memoria RAM y 6 Hb de disco duro.
Torre de disco de 3.5".
Lector de CD Room.
UPS (Estabilizador de potencia).
Monitor gráfico a color 17".
Plotter de formato A0: Preferiblemente HP DesignJet 750C Plus.
SOFTWARE
Sistema operativo <u>Windows</u> de 32 bits (98, 2000 o superiores)
AutoCad Map 2000 o 2004. Mapinfo 10.5
Corel PHOTO-PAINT x3

Sus principales funcionalidades se identifican en:

- Módulo SIG con herramientas que permiten ambientar e implementar sistemas de información geográfica (SIG) de diferentes características.
- Módulo AVL con herramientas que permiten el procesamiento y control de datos en flotas terrestres, marítimas y agrícolas dotadas con dispositivos GNSS.
- Módulo AGP con herramientas que permiten el manejo, procesamiento, gestión y control de datos en sitio específico para diferentes tipos de cultivos.
- Utilitario GEOIMAG con facilidades para georreferenciar imágenes (rectificadas o no rectificadas) a emplear en CARTOSIG.
- Utilitarios Geodésicos con facilidades para la transformación de coordenadas a diferentes sistemas y proyecciones cartográficas (WGS84, NAD27 para Cuba, NAD27 para México, planas rectangulares para Cuba Norte y Cuba Sur, etc.).
- Utilitarios para la importación y exportación de datos (Imágenes, mapas, tablas) en diferentes formatos.
- Utilitarios para asegurar impresiones por Plotter o Printer a escala con alto grado de precisión y calidad gráfica.
- Utilitarios para la validación de datos (objetos repetidos, repetidos y cercanos, pequeños, etc.).
- Utilitario para crear zonas de vecindad en objetos areales, lineales o puntuales (conocido como buffer de distancia).
- Manipuladores de Bases de Datos: Aplicaciones clientes que permiten la captura y actualización de la información recogida en Bases de Datos Relacionales (DBMS). Este servicio incluye el diseño e implementación de la base de datos en diferentes tipos de gestores (MSACCESS, SQL SERVER, etc.) y su conexión con el software manipulador, incluyendo la documentación técnica para facilitar su explotación y modo de empleo.

El sistema opera conectado a dos bases de datos; una geográfica que resulta de los datos capturados y validados de las fuentes cartográficas y otra temática resultante de la información alfanumérica recopilada de las tablas aportadas por la empresa. La base de información geográfica (BIGC) opera con un modelo de datos estándar y de forma

codificada, para su protección y mantenimiento permanente durante los procesos de actualización; la información temática fue diseñada en el sistema de gestión de bases de datos Microsoft Office Access y con una estructura flexible que permite un intercambio de datos entre las plataformas seleccionadas; aunque la misma puede migrar a otro tipo cuando la situación lo requiera (SQL SERVER, Postgrid, ORACLE, etc.) ya que la plataforma SIG seleccionada puede conectarse a ellas mediante los servicios ODBC (Open DataBase Connectivity). Estas dos bases de información hospedan sus datos en servidores de imágenes, de mapas y de datos respectivamente. En el mismo se seleccionan los ortofotos que serán empleadas como base para el control foto (Figura 3). Se deberá tener en cuenta que deben cubrir el área de trabajo en su totalidad.

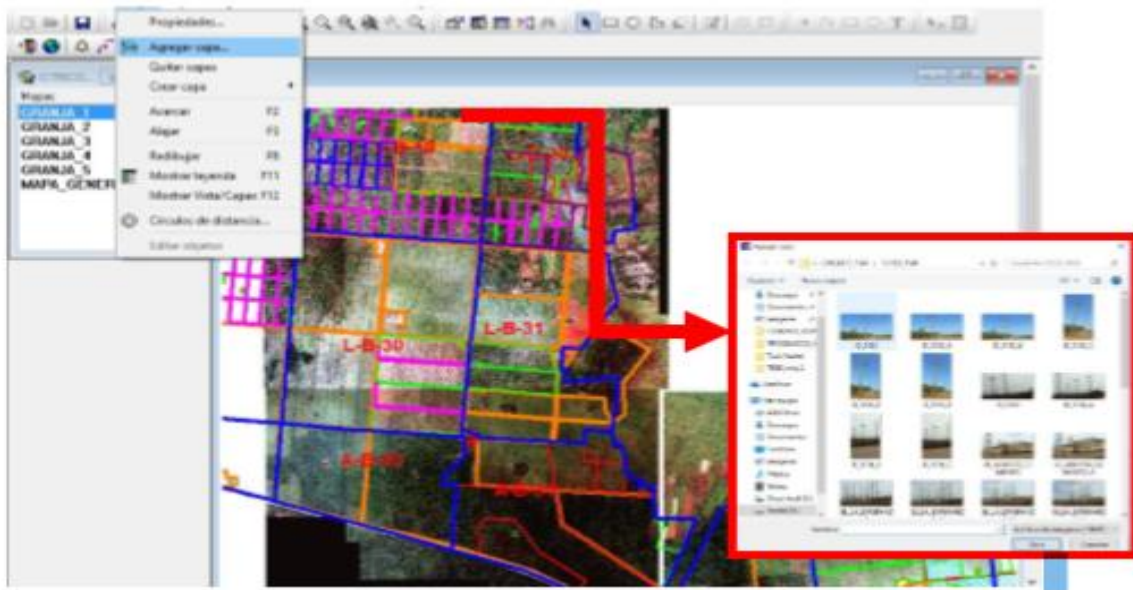


Figura 3. Introducción de ortofotos.

Para el proceso de introducción de las ortoimágenes al SIG se selecciona en el menú "Mapa", "Agregar Capas", se especifica que es una imagen teniendo en cuenta la extensión del fichero, se busca la que se va a insertar en el proyecto, en caso de ser necesario se le da nombre al fichero y se especifica en que sistema de coordenadas se encuentra.

Es importante agregar que para la actualización de la cartografía se pueden emplear también imágenes de satélite y para trabajos de visualización se pueden emplear

imágenes del Google Earth, SASPlanet etc. En estos casos a veces es necesario georreferenciar las mismas.

La tecnología recomendada para emplear en los trabajos de campo, está conformada por la estación GNSS monofrecuencia Leica SR20 con antena externa AT501, la estación GNSS de doble frecuencia Leica System300- (SR9500+CR344) con antena AT302 y antena AT504GG, capaces de lograr precisiones relativas del orden de 10 mm + 2 p.p.m. y 5 mm + 1 p.p.m., respectivamente y el soporte lógico Leica Geo Office v6.0, que además de disponer del módulo protegido para calcular los vectores GNSS, cuenta con las opciones para la transformación de coordenadas, la exportación (salida) a formato GIS/CAD (de AutoCAD y MicroStation) y la importación de ficheros en formato RINEX.

Las exigencias técnicas de precisión para los trabajos son las siguientes:

- El error máximo permisible en la posición planimétrica de la base geodésica de apoyo es de 0,1 mm a la escala del mapa ($\pm 0,5$ m).
- El error máximo permisible en la posición planimétrica de los puntos de control fotográfico con relación a los puntos de la red geodésica es de 0,4 mm, que representa 2,0 m para la escala establecida.

Para seleccionar las estaciones que servirían como base geodésica para estos trabajos se consideran los aspectos siguientes:

- Densidad aproximada de puntos planimétricos y altimétricos: un punto cada 16 km².
- Distribución homogénea en toda el área de trabajo.
- Priorizar las estaciones de orden superior.
- En lo que respecta a las estaciones planimétricas, priorizar aquellas cuyas alturas fueron determinadas por nivelación geométrica.
- Acceso relativamente fácil al punto.

Dentro de la categoría básica se agrupan a los elementos de la cartografía básica del mapa topográfico y catastral a diferentes escalas, identificados por capas según se muestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Estructura de la cartografía básica.

NOMBRE CAPA	COLOR	TOPOLOGIA	FUENTE	CONTENIDO
NOMBRES LUGARES	MAGENTA	TEXTO	Mapa Catastral y Topográfico	Nombres que identifican a pueblos, poblados, caseríos, fincas, repartos, empresas, oficinas y otros elementos de interés.
NOMBRE CALLES	CYAN	TEXTO	Mapa Topográfico	Caracterización de la red vial por medio de rótulos para su identificación correspondiente utilizando nombres o códigos.
VIA FERREA	CYAN	LINEA	Mapa Catastral o Topográfico	Objetos del medio geográfico que identifican a ejes de vías férreas.
LIMITE MUNICIPAL	MAGENTA	POLIGONO	Mapa Catastral y Topográfico	Delimitación del suelo de naturaleza urbana y rural identificada por la División Político-administrativa (DPA) a nivel municipal.
MANZANAS	ROJO	POLIGONO	Mapa Topográfico	Objetos del medio geográfico que identifican a las manzanas en zonas urbanas.
CONSTRUCCIONES	NARANJA	POLIGONO	Mapa Catastral y Topográfico	Objetos del medio geográfico que identifican a las construcciones.
VIALES	NARANJA	POLIGONO	Mapa Catastral y topográfico	Objetos del medio geográfico que definen la infraestructura de comunicación en zonas rurales
EMBALSES_RIOS CANALES	AZUL	POLIGONO LINEA TEXTO	Mapa Catastral y Topográfico	Objetos del medio geográfico que delimitan a presas y micropresas, lagunas, ríos anchos, canales y otros embalses.
PARCELAS	VERDE	POLIGONO	Mapa Catastral	Límites de propiedad y tenencia del suelo representativos en zonas urbanas y rurales.
PUENTES	NEGRO	LINEA	Mapa Catastral y Topográfico	Objetos del medio geográfico que representan a los puentes y alcantarillas. Opcional

Para ello se importa las capas que deben estar en formato DXF siguiendo los siguientes pasos:

- En la ventana principal se selecciona "Archivo", "Importar DXF".
- En "Examinar" se selecciona el DXF.

- En "Seleccionar capa", se elige la capa que se va a importar, se clasifica según su tipo: Areal, Línea, Punto o Texto y se nombra.

Posteriormente se importan todas las capas del proyecto.

Para la creación, actualización y validación de las bases cartográficas requeridas se plantearon las siguientes exigencias:

Origen de los datos: utilizar como fuentes de partida las imágenes (raster), obtenidas de los originales de mapas catastrales a diferentes escalas del territorio nacional que fueron creados por el método de restitución fotogramétrica o levantamiento directo en campo.

Unidad de procesamiento: utilizar los límites geográficos de la empresa compuesta por la integración de las cinco granjas.

Calidad de los datos: garantizar las exigencias básicas de los datos que integran una base de información geográfica que será utilizada en un SIG, cumpliendo con las siguientes características:

- Lograr el cierre matemático de todos los objetos geográficos que definen entidades areales, identificados con la topología de POLÍGONO.
- Obtener la continuidad y conexión de todos los objetos geográficos lineales identificados con la topología de LINEA.
- Eliminar la duplicidad de objetos geográficos de cualquier tipo.
- Eliminar los objetos parasitarios que existan en cualquier capa, los cuales son ocasionados durante el proceso de vectorización y edición.

Se debe considerar el nivel de actualización de las unidades de captura con el objetivo de establecer un plan de actualización y mantenimiento permanente de la BIG (Base de Información Geográfica) después de creada, para lo cual se deben consultar, recopilar y procesar otros materiales e informaciones cartográficas de actualidad (levantamientos, fotografías aéreas y satelitales, otros mapas topográficos y cartográficos, etc.). Con el objetivo de mantener viva y útil la aplicación.

Debe ser establecida tomando como referencia el sistema de coordenadas planas rectangulares de la Proyección Cónica Conforme de Lambert para Cuba y en dependencia del territorio especificado (Cuba Norte).

El software está integrado por secciones como la localización automática de vehículos, agricultura de precisión y base de datos.

La localización automática de vehículos se utiliza para el seguimiento y control de la flota de la maquinaria que realizan diferentes atenciones culturales.

La sección de agricultura de precisión que permite la ubicación y conteo de plantas en sitio específico, así como opciones que permiten obtener rendimientos de una forma completamente automática, siempre que se pueda contar con registros de los datos reportados en épocas de cosecha.

La sección de bases de datos permite crear las tablas diseñadas desde la propia aplicación, agregar, actualizar y eliminar información desde las tablas respectivas, incluyendo algunas facilidades en la incorporación dinámica de los datos de los principales campos de dichas tablas.

La información de salida del sistema brinda en forma de mapas temáticos o de rendimiento o en forma de reportes expresados en forma de tabla; empleando para ello las herramientas de análisis del SIG-CF.

Para obtener mediante una consulta espacial un posible mapa temático, se siguen los siguientes pasos:

1. Se activa una capa que tenga asociada una tabla de atributos.
2. Se selecciona el "constructor de consultas" aparece una ventana (figura 4)

Campos	Operadores	Valores
AREA	> <>	302.96
GEOINFO_ID	< And	463.49
PERIMETRO	>= Or	563.42
	<= Not	1343.67
	= ()	1619.4
	Betw. In	4741.71
	Like Is	4939.49
	% -	

Consulta: [PERIMETRO = 1343.67]

Mostrar valores

Nueva selección
Agregar a la selección
Seleccionar del conjunto
Cancelar

Figura 4. Constructor de consultas

3. En el menú se selecciona "Consulta". Se crea la consulta que se quiere visualizar en el mapa.
4. Se selecciona "Nueva Selección" y se señala en el mapa el resultado de la consulta (Figura 5).

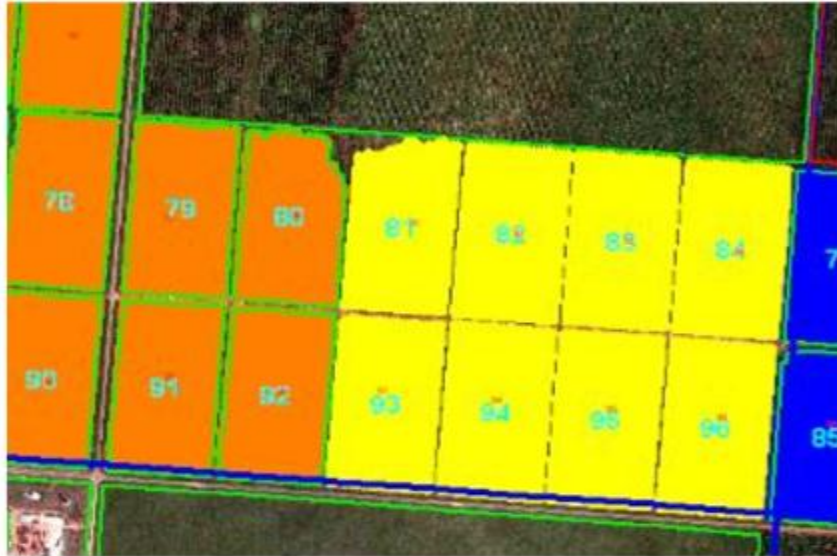


Figura 5. Mapa el resultado de la consulta

Si por el contrario lo que se quiere obtener es un reporte de salida, entonces con la misma consulta lo que se obtiene el siguiente reporte (Tabla 4).

Tabla 4. Reporte de salida

Inventario de Areas cultivadas en la UCT, GEOCUBA Investigación y Consultoría
Consulta de Selección: (TIPO_CULTIVO = "Frutales")

Código	Tipo de Cultivo	Granja	Lote	Cuadrante	Banda	Campo	Categoría	Especie	Varietal	Patrón	Marco de Plantación	Año de Siembra	Fecha de Siembra	Edad	Potencia	Plantas Presentes	Plantas Ausentes	Area Neta en Hectáreas
1098	Frutales	3	A-21	4	A	P	P	Agacate	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,244	7128	7128		34,214
1099	Frutales	3	A-21	4	B	P	P	Agacate	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,244	2169	2169		32,838
1099	Frutales	3	A-21	4	C	P	P	Agacate	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,201	3678	3678		33,459
1091	Frutales	3	A-21	4	C	P	P	Agacate	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,244	1110	1110		7,468
1092	Frutales	3	A-21	4	D	P	P	Agacate	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	12,894	9412	9412		34,837
1093	Frutales	3	A-28	1	A	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/01/2004	12,878	7128	7128		34,214
1094	Frutales	3	A-20	1	B	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2000	01/01/2000	12,878	8954	8954		32,547
1095	Frutales	3	A-20	1	C	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2000	01/01/2000	12,878	8447	8447		33,540
1096	Frutales	3	A-28	1	D	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/01/2004	12,878	487	487		2,243
1716	Frutales	4	A-25	3	A	P	Méngi	Haban	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	12,833	9483	9483		33,818
1717	Frutales	4	A-25	3	A	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	11,823	4492	4492		18,898
1718	Frutales	4	A-25	3	B	P	Méngi	Haban	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	12,833	8272	8272		33,182
1719	Frutales	4	A-25	3	B	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	11,844	4268	4268		18,248
1720	Frutales	4	A-25	3	C	P	Méngi	TA, K, M	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	12,833	71483	71483		33,104
1721	Frutales	4	A-25	3	D	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	12,833	12108	12108		33,244
1722	Frutales	4	A-27	3	A	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	13,781	880	880		6,443
1723	Frutales	4	A-27	3	A	P	Méngi	Haban	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	13,781	330	330		2,588
1724	Frutales	4	A-27	3	A	P	Méngi	Tomy Akli	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	13,781	480	480		3,043
1725	Frutales	4	A-27	3	A	P	Méngi	Haban	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,854	720	720		3,788
1726	Frutales	4	A-27	3	A	P	Méngi	Tomy Akli	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,281	1787	1787		14,288
1727	Frutales	4	A-27	3	B	P	Méngi	Super Habana	SI	SI	SI	2004	01/10/2004	13,781	819	819		6,882
1728	Frutales	4	A-27	3	B	P	Méngi	Tomy Akli	SI	SI	SI	2004	01/07/2004	13,178	2127	2127		22,818
1729	Frutales	4	A-27	3	D	P	Méngi	Corazón	SI	SI	SI	2004	01/02/2004	13,244	1010	1010		33,070

5.1.2 Montaje del SIG.

5.1.2.1 Determinación de las imágenes aéreas.

Como base para el control foto se utilizaron ortofotos de imágenes obtenidas con tecnología VANT (Figura 6). Para ello se realizaron 207 vuelos en la zona a una altura media de vuelo de 223 m, cada vuelo contó con 854 imágenes, cubriendo una superficie de 1,59 km² cada uno de ellos, ofreciendo una resolución en el terreno de 3,98 cm/pix.

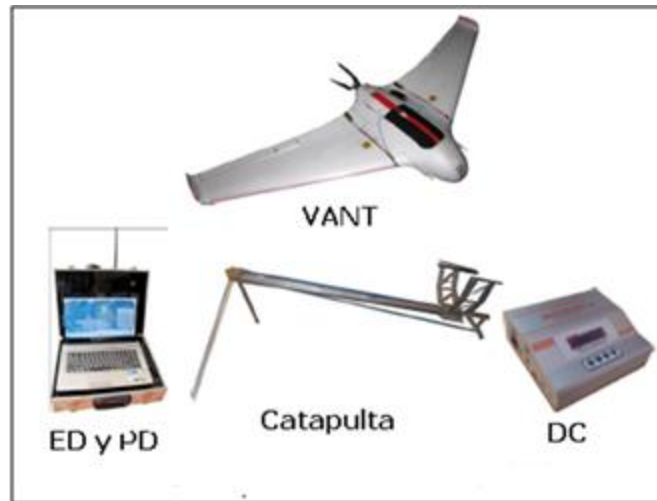


Figura 6. Tecnología VANT

Posteriormente la Agencia de Teledetección de GEOCUBA IC realizó el análisis de las imágenes, así como la selección preliminar de la ubicación de los puntos de control foto.

5.1.2.2 Creación de la base geodésica GNSS.

Para la creación de la base geodésica, por parte de la agencia de Geodesia de la empresa GEOCUBA-IC, se realizó una selección de los puntos existentes en la zona. Como resultado fueron seleccionadas 23 estaciones, de ellas 12 planimétricas de 1^{ra} a 3^{ra} categoría y 11 altimétricas de I-IV orden.

Como estación de referencia para el área de trabajo se construyó un monumento sencillo con clavo en lugar de chapa, que se ubicó en la azotea del edificio principal de las instalaciones de la Granja 2. La estación se denominó SERVITEC.

Para el enlace se adoptó como referencia el punto Capote, una estación perteneciente a la red de triangulación de 1^{er} orden, que conformó la red de la campaña GPS del año

1998 y estaba ubicada a unos 41 km de SERVITEC. Sus coordenadas WGS84 fueron determinadas con un error tridimensional (3D) inferior a $\pm 0,015$ m.

Para el enlace se emplearon dos estaciones Leica SR-20 con los parámetros de rastreo siguientes:

- Duración de la observación: 2 horas.
- Ángulo máscara: 15° .
- Velocidad de muestreo: 1 s.
- Medición de la altura al inicio y fin de las mediciones.
- Empleo de antenas externas L1 (AT501) sobre trípodes.

La determinación del resto de los puntos de la base geodésica (BG) empleados para el control foto, se realizó en forma radial, desde la referencia SERVITEC, utilizando parámetros de rastreo similares a los del enlace GNSS, a excepción de la duración de la medición, que aquí se redujo a una hora. La BG se ocupó mayoritariamente con estaciones Leica SR-20, aunque al final se introdujeron las System 300 de doble frecuencia, obteniéndose resultados similares.

Gracias a la calidad geométrica de la red geodésica creada, sus estaciones pueden fungir como referencia para trabajos futuros de posicionamiento GNSS.

Los puntos de control foto (PCF) se determinaron fundamentalmente desde la referencia SERVITEC, empleando los parámetros de rastreo siguiente:

- Duración de la observación: 5 minutos.
- Ángulo máscara: 15° .
- Velocidad de muestreo: 1 s.
- Empleo de antenas externas L1 (AT501) sobre bastón.

Se emplearon indistintamente los receptores GPS SR20 y System300, obteniéndose similares resultados. Igualmente se emplearon una o dos estaciones de referencia durante las mediciones. La evaluación de los resultados evidenció que la ubicación 3D de los PCF se obtuvo con una incertidumbre del orden de $\pm 0,04$ m a $\pm 1,26$ m, lo que satisface plenamente las exigencias impuestas por el proyecto.

En la tabla 5 se relacionan los puntos ocupados con sus coordenadas correspondientes. Estos resultados fueron obtenidos por la agencia de Geodesia de GEOCUBA-IC.

Tabla 5. Coordenadas elipsoidales WG S84.

N°	Punto	Coordenadas elipsoidales WGS84							σ_{3D} (m)
		φ (° ' ")			λ (° ' ")			h (m)	
1	32182	22	48	01.3242	81	15	27.2337	17.203	0.0014
2	32189	22	34	00.9465	81	1	47.1986	8.777	0.0010
3	32252	22	35	04.5488	81	15	46.5751	-16.225	0.0010
4	32255	22	35	30.9133	81	17	12.0347	-16.130	0.0010
5	32259	22	36	55.3714	81	20	29.2422	-14.547	0.0002
6	32262	22	37	36.4873	81	22	17.5102	-16.085	0.0014
7	Azúcar	22	39	17.6485	81	13	51.2283	7.643	0.0003
8	CRIMEA	22	33	29.3178	81	11	01.4658	-13.768	0.0084
9	Cherna	22	43	50.7550	81	17	35.8970	12.524	0.0005
10	JAIME LOPEZ	22	47	22.4890	81	18	20.3148	34.751	0.0009
11	KISELL	22	30	35.4054	81	10	58.9168	-16.498	0.0011
12	LONA	22	33	59.1375	81	1	50.1265	8.756	0.0009
13	M-110	22	40	22.9371	81	6	53.7360	10.369	0.0009
14	M-180 Y	22	37	53.2635	81	7	31.7581	6.184	0.0006
15	M-624	22	44	36.8022	81	10	48.8557	0.723	0.0010
16	M263	22	35	03.5508	81	13	59.6750	-16.088	0.0003
17	M272X	22	31	53.2907	81	8	05.5984	-8.884	0.0003
18	NASA	22	42	23.7508	81	8	56.2202	12.526	0.0005
19	Nina	22	47	59.2935	81	8	33.4067	18.717	0.0003
20	PIÑON	22	37	48.9180	81	23	08.0874	-16.686	0.0020
21	Rosalía	22	38	03.4171	81	36	00.7074	-16.347	0.0021
22	SANTA RITA	22	40	18.0960	81	0	16.0041	7.791	0.0167
23	VACA	22	42	56.4729	81	27	26.0472	4.050	0.0003

5.1.2.3 Introducción de las bases cartográficas

Para la introducción de las bases cartográficas se agrupan a los elementos de la cartografía especializada los que son de interés para la empresa. Los datos fueron suministrados por especialistas de dicha empresa para una mejor visión por parte de los especialistas encargados de confeccionar el SIG. Se importaron y crearon las capas y el mapa quedó de la siguiente manera.

5.1.2.4 Información temática

Esta información fue entregada por parte de la Dirección de Desarrollo de la empresa, la misma se encontraba en formato digital en tablas de Microsoft Office Excel y contenía la descripción del control parcelario e inventario de plantaciones que recoge datos históricos y muestra la descripción de cada una de las parcelas y describe sus usos. Estos datos muestran una variedad de 86 posibles variantes de uso de los suelos, así como la descripción detallada en el caso de las áreas plantadas donde se recogen los siguientes datos:

- Cultivo
- Granja
- Ubicación de lote, cuadrante y banda.
- Especie, variedad, clon, clasificación y patrón.
- Marco de plantación, cantidad de hileras, cantidad de plantas, plantas vivas.
- Fecha de siembra, edad de la plantación.
- Área total y área por planta.
- Registros históricos de atenciones culturales aplicadas en los cultivos.
- Registros históricos de rendimiento de los cultivos.
- Registros históricos de rendimientos de los lotes.

En las áreas que no se encuentran plantadas por cultivos de la empresa los datos recogidos son los siguientes:

- Granja
- Ubicación de lote, cuadrante y banda.
- Uso de suelo

En la variante de las áreas entregadas por usufructo se recogen los siguientes datos:

- Granja
- Ubicación de lote, cuadrante y banda.
- Resolución o Decreto Ley por el que fueron entregados las áreas.
- Cantidad de área en hectáreas.
- Nombre del usufructuario
- Datos del expediente que lo acredita como usufructuario.

Para la captura y almacenamiento de los datos fue necesaria la exportación de los mismos a una base de datos de Microsoft Office Access y una vez culminado este proceso de recolecta y almacenar la información se vinculan los atributos de la tabla y se activa la conectividad ODBC que no es más que vincular la información mapificada con los atributos que le corresponden y describen en la base de datos. De esta manera cuando el usuario señala una parcela en el sistema este te muestra todos los datos asociados a la misma, quedando listo para su validación.

5.1.3. Validación del SIG

5.1.3.1 Descripción de los posibles usos de las secciones del sistema

Sección automática de vehículos (AVL). A los vehículos se les instaló un dispositivo que almacena la ruta recorrida en una tarjeta. Al terminar la labor, el especialista la retira del vehículo y procede a descargar los datos para el análisis y control por parte del operario. Aquí se determina el gasto de combustible, así como si se desempeñan de manera correcta las tareas de fumigación y abono, a continuación, se muestra un ejemplo.

Durante el ejercicio de prueba (Figura 7) se puede observar que el operario violó varios de los parámetros establecidos para la aplicación de herbicida donde la velocidad media debe ser de 20 km por hora y en algunos lugares el tractor llegó a alcanzar los 40 km, también debió realizar la trayectoria dejando un surco por medio y la traza muestra como lo ejecuta irregularmente. Cada punto de color rojo muestra una parada indebida realizada dentro del área de estudio que se encuentra ubicada en el lote T-14 cuadrante 4 banda CD.

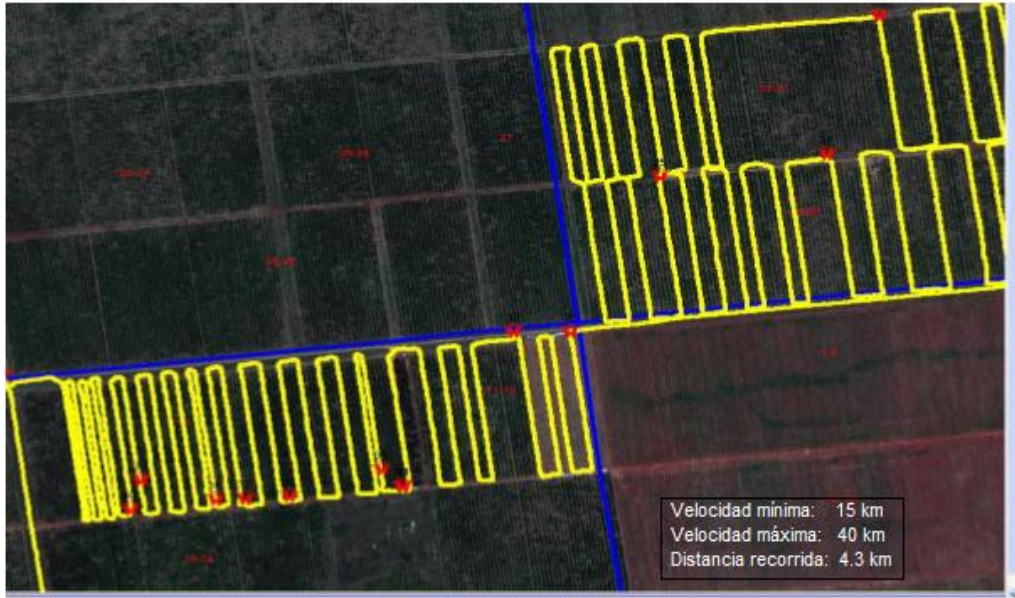


Figura 7. Ejercicio de prueba, Sección automática de vehículos

Sección agricultura de precisión. Se utilizó para tener un control de la cantidad de plantas vivas en existencia teniendo en cuenta el marco de plantación de cada parcela, la aplicación construye una malla o red que crea puntos en el lugar exacto donde corresponda, vasados en que el ortofoto sobre el que está montada la cartografía fue realizada en un vuelo tomando imágenes con una cámara multiespectral capaz de detectar colores que son imposibles de alcanzar por el ojo humano, se toma una muestra del patrón de coloración de una planta viva y el sistema lo compara con cada una de estos puntos que el formó y la herramienta te da un estimado de plantas vivas por hectáreas, lo que se validó realizando un conteo de plantas, lo que permitió determinar un 95% de efectividad de su uso, la muestra fue tomada en el lote T-15 cuadrante 4 banda CD (Figura 8).

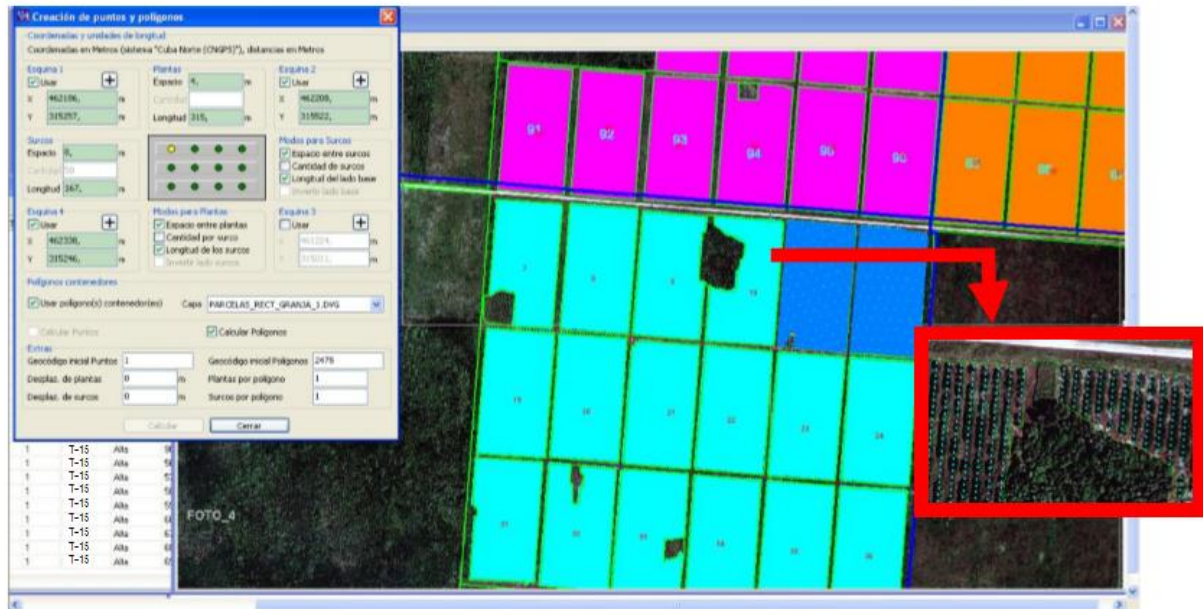


Figura 8. Sección agricultura de precisión

Sección de bases de datos. Herramienta fundamental a través de ella se actualizan mensualmente las bases de datos que sufran alguna variación, proceso vital en una empresa que varía sus cultivos en aproximadamente 100 hectáreas mensuales, tomando como referencia el año 2020.

5.2 Cronograma

Para la ejecución del SIG se realizó el cronograma basado en un año y un mes de trabajo, tomando en cuenta las actividades a realizar, los meses de duración, fecha de inicio y terminación, así como el volumen de trabajo (Tabla 6).

Tabla 6. Cronograma ejecución del SIG.

Cronograma ejecución del SIG																		
Actividades	Duración (Meses)	Fecha Inicio	Fecha Terminación	Volumen trabajo	2020												2021	
					E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	
Levantamiento topográfico	1	ene-20	ene-20	23 Estaciones Geodésicas														
Levantamiento vuelos VANT	4	feb-20	may-20	207 Vuelos														
Nivelación de imágenes y conformación de ortofotos	4	mar-20	jun-20	176778 Imágenes														
Conformación de cartografía digital	4	jul-20	oct-20	1215 Parcelas														
Conformación bases de datos	4	jul-20	oct-20	1215 Parcelas														
Ensamble de cartografía con la base de datos	2	nov-20	dic-20	500 Km ²														
Validación del SIG	1	ene-21	ene-21	2 Lotes														

6. RECURSOS NECESARIOS

Para la ejecución de este proyecto fue necesario contar con un volumen tanto de recursos materiales (Tabla 7) como de recursos humanos (Tabla 8) los que se describen a continuación.

Tabla 7. Recursos Materiales

Recursos Materiales		Unidad	Cantidad
Equipamiento topográfico	VANT	u	2
	Estación Total	u	1
Equipamiento informático	Monitor	u	5
	Unidad central de procesamiento (CPU)	u	5
	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)	u	5
	Teclado	u	5
	Ratón	u	5
	Impresora Láser	u	5
	Tóner	u	5
	Memoria flash	u	5
Útiles de oficina	Papel de impresión	Paquete	1
	Bolígrafo	u	2
	Material de oficina	u	30
Mano de obra	Informáticos, topógrafos, proyectistas	Personas	10
Combustible	Automóvil (3)	L	4 230

Tabla 8. Recursos humanos

Recursos humanos				
Grupo de Complejidad	Descripción	Requerimiento	Cantidad de participantes	Salario en Peso Cubano (CUP)
IX	Especialista en Transportación	Chofer Profesional	3	4 100
XII	Especialista B Topografía	Graduados de nivel superior	1	4 500
XII	Especialista A Proyectos Cartográficos	Graduados de nivel superior	3	4 700
XII	Especialista A Control Tierra	Graduados de nivel superior	1	4 700
XII	Especialistas A en Ciencias Informáticas	Graduados de nivel superior	2	4 700
Promedio				4 550

7. PRESUPUESTO

Los recursos necesarios para la implementación del proyecto, determinan que se deberá contar con un presupuesto de financiamiento de 819 454 CUP, la tabla 9 muestra el desglose de dicho presupuesto, donde el trabajo de gabinete incluye los gastos de servicios de electricidad y la depreciación de valores del equipamiento utilizado.

Tabla 9. Presupuesto.

Recursos		Unidad	Cant.	Costo Unitario (CUP)	Costo total (CUP)
Levantamiento Cartográfico	VANT(arrendado)	u	2	10 250	20 500
	Estación Total(arrendado)	u	1	1 020	1 020
	Levantamiento de estaciones	u	23	95	2 185
	Vuelos VANT	u	207	105	21 735
	Trabajo Gabinete(Incluye gastos y servicios)	H/h	22 288	28	624 064
Equipamiento informático	Monitor	u	5	150	750
	CPU	u	5	555	2 775
	UPS	u	5	120	600
	Teclado	u	5	50	250
	Ratón	u	5	35	175
	Memoria flash	u	5	47	235
	Mesa	u	5	150	750
	Silla Giratoria	u	5	110	550
Combustible (Gasolina)	Automóvil	L	4 230	20	84 600
Útiles de oficina	Papel de impresión	Paquete	1	390	390
	Bolígrafo	u	3	25	75
Salario Devengado	Especialista en Transportación	S/M	3	4 100	12 300
	Especialista B Topografía	S/M	1	4 500	4 500
	Especialista A Proyectos Cartográficos	S/M	3	4 700	14 100
	Especialista A Control Tierra	S/M	1	4 700	4 700
	Especialistas A en Ciencias Informáticas	S/M	2	4 700	9 400
Alojamiento	Los Naranjos	u	120	115	13 800
Costo General					819 454

8. EVALUACIÓN SOCIO ECONÓMICA Y PRODUCTIVA

El control y la correcta administración de las tierras destinadas a la producción agropecuaria en nuestro país, son procesos críticos para las entidades encargadas de estas, ya que se destinan a cultivos intensivos altamente productivos y dependientes de grandes volúmenes de insumos y recursos, y al no contar con un sistema, ni emplear las nuevas tecnologías se requiere de elevados costos económicos y ambientales.

Con la aplicación del SIG en la ECVG, se observa una mayor optimización en el cálculo de las cantidades exactas de plaguicidas a aplicar según las necesidades de los cultivos, ya que anteriormente se trataba todo el campo como una superficie con necesidades similares, duplicando y triplicando las cantidades y el costo de los mismos. También se ha logrado una mayor eficiencia en el trabajo que brinda la flota de tractores al incorporar los GNSS, ya que se pueden efectuar los análisis correspondientes por los especialistas y directivos en cada caso en particular, permitiendo un ahorro de combustible. Además, es posible recopilar los datos necesarios para elaborar mapas precisos y detallados del rendimiento de los cultivos y tomar decisiones adecuadas acerca de que zonas serían mejor no cultivar por los gastos que ocasionan.

Una de las ventajas del trabajo con las imágenes del VANT, es que permiten cubrir todo el territorio, disminuyendo el tiempo de trabajo, la composición de la fuerza laboral y de esta forma se observa un menor gasto salarial, debido fundamentalmente al grado de automatización alcanzado en los procesos relacionados con la cartografía digital y la teledetección, logrando resultados en muy breve tiempo.

Siempre los beneficios superarán a los costos iniciales en transcurrir del tiempo, ya que el SIG creado se mantiene temporalmente y se puede aprovechar en otros tipos de cultivos que en el futuro se deseen plantar en la EAVG.

En la figura 9 se muestra el ahorro en los distintos aspectos controlados, estos valores están expresados en miles de pesos y corresponden al estimado de gastos de un trimestre en la Granja 1, evaluando la factibilidad del empleo del SIG con respecto al método tradicional:

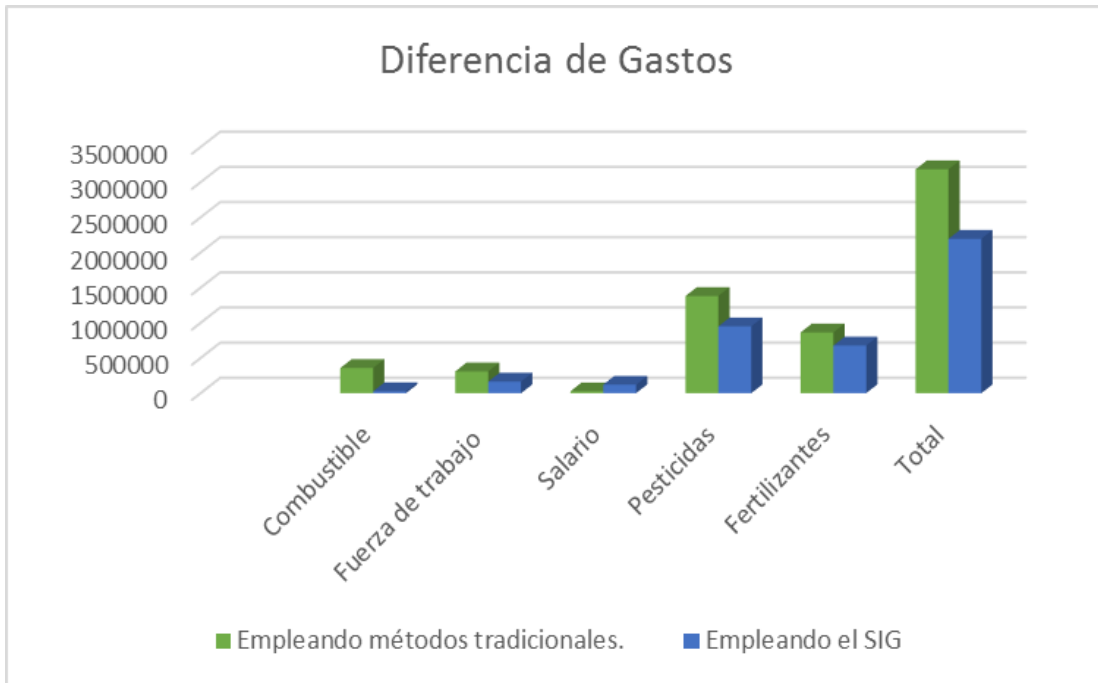


Figura 9. Diferencia de gastos empleando métodos tradicionales y el SIG.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez, A. y Rodríguez, R. 2014. Sistema informático para perfeccionar la cosecha cañera en empresas azucareras cubanas. AFCEE. 5: 180-193.

Aranoff. S. 1989 Geographic Information Systems: A Management Perspective. Geocarto international. 4(4): 58.

Arzola, N. y Machado, J. 2015. La aptitud de los suelos para la producción de caña de azúcar. Parte I. Calibración en condiciones experimentales y de producción. Centro Agrícola. 42 (2): 33-38.

Blanco, L. 2004. Apuntes para una historia de la informática en Cuba. Consideraciones técnicas, organizativas y económicas. Universidad de La Habana. 259: 41-91.

Blanco, L. 2017. Informatización y dirección de empresas en Cuba: evolución y desafíos. COFIN. 11 (1): 1-13.

Burrough, P. A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment. Oxford University Press, Oxford. Reino Unido.

Choque, F. 2013. Clasificación de suelos según la aptitud de riego en la comunidad de Cebollullo (Municipio de Palca – La Paz). La Paz. Trabajo de Diploma en opción al título de Licenciado en Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés

Cuartero, A. 2004. III Sistema de adquisición de imágenes digitales. Informe del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad de Extremadura. España.

Díaz, E.; Anaya, M. y De la Rosa, D. 2011. Modelos de evaluación agroecológica de tierras: Erosión y contaminación en el entorno MicroLEIS. Teoría y Praxis. 9: 91 – 107.

Flores, J.; Ojeda, W. y Rojano, A. 2015. La agrónoma: informática, electrónica, telecomunicaciones al servicio de los recursos naturales. En: I Congreso Nacional de Riego y Drenaje. COMEII 2015. Artículo: COMEII-15035. Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 11 p.

Florido, R.; Mesa, M.; Pavón, M. y Medero, H. 2015. Sitio web para la gestión de información y conocimiento entre miembros de la comunidad citrícola que integra la Red Interamericana de Cítricos (RIAC). Cultivos Tropicales. 36 (2): 7-12.

Fuentes, M. y Águila, M. 2016. Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera "San Juan" del municipio Cienfuegos. Científica Agroecosistemas. 4 (1): 30-37.

García, B.; Pirez, R.; Hernández, G.; Antunez, E. 2006. "SConv": Sistema informático para el control estatal de la producción porcina no especializada en Cuba. Cubana de Ciencia Agrícola. 40 (1): 1-7.

Gómez, P. 1986. Informática y toma de decisiones en la agricultura. Estudios Agro-Sociales. 137 – Extra: 147 -154.

Grisso, R.; Wysor, M. A.; Holshouser, D. y Thomason, W. 2007. Precisión Farming Tools: Soil Electrical Conductivity [en línea]. Disponible en: [http:// www.ext.vt.edu](http://www.ext.vt.edu). [Consulta: Octubre, 18 2021].

Lazo, Y.; Gómez, C.; Mariño, Y.; Bony, M.; Agramonte, E. y Batista, D. 2016. Proceso de aseguramiento de la calidad para un modelo de la calidad en Cuba. Cubana de Ciencias Informáticas. 10 (Especial): 124-137.

López, V.; Lora, R. y Pellicer, R. 2011. Optimización de la distribución de las tierras, en la Cooperativa de Producción Agropecuaria "26 de Julio" del MINAZ, a través del sistema informático de cultivos varios. AFCEE. 2: 22-32.

Mesa, A.; Fuentes, E.; Hernández, M. y Urbano, G. 1988. Clasificación agroproductiva de 35 cultivos mediante un sistema computarizado. *Agrotecnia de Cuba*. 20 (2): 32 – 35.

Morejón, Y.; Collazo, P.; Roque, Y. y Iglesias, C. 2014. Sistema automatizado para la organización racional del proceso cosecha-transporte de cereales (SAORCE). *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 23 (3): 89-93.

Muñoz, R. 2001. Metodología para la creación de almacenes de mapas digitales a escalas 1:2000, 1:1000 y 1:500. Empresa GEOCUBA. La Habana, Cuba.

Murai S. 1999. SIG Manual Base. Vol. 1 Conceptos Fundamentales. En: *Journal SELPER*. 15(1): 1-66.

Oyala, V. 2014. Sistema de Información Geográfica [en línea]. Disponible en: <http://volaya.es/writing>. [Consulta: Octubre, 18 2021].

Pérez, A.; Milla, M. y Mesa, M. 2006. Impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la agricultura. *Cultivos Tropicales*. 27 (1): 11 - 17.

Pérez, L. 2016. Rol de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro de un Plan de Ordenamiento Territorial y Desarrollo a nivel cantonal con un enfoque geo-administrativo. Quito. Tesis en opción al título de Máster en Sistemas de Información Geográfica. Universidad San Francisco de Quito.

Pérez, R.; Ramírez, M. y Ponce, L. 2013. Evaluación agroproductiva de los suelos de la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Elpidio Gómez” de Palmira. *Universidad y Sociedad*. 5 (3): 35 – 42.

PROCISUR. 2006. Agricultura de Precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Editores Bongiovanni, B.; Montovani, E, C.; Best, S.

y Roel, A. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Montevideo, Uruguay. 244 p.

Ramón, A.; Martínez, L.; Suárez, C. y Salinas, E. 2017. La determinación de potencialidades agropecuarias y silvícolas en zonas de montaña: municipio Tercer Frente, Cuba. Cuadernos de Geografía: Colombiana de Geografía. 26 (1): 65-75

Regalado, Y: 2014. Elaboración de una base de datos mapificada y digitalizada de los suelos del municipio de Manicaragua empleando el software MapInfo 8.5. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Rodríguez, R. y González, G. 2011. Planificación y control de la rentabilidad de los bloques cañeros en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) "26 de Julio" de Santiago de Cuba. AFCEE. 2: 41-52.

Rodríguez, R. y Pellicer, R. 2013. Estructura óptima de variedades y cepas en una cooperativa de producción agropecuaria. AFCEE. 4: 101-112.

Ruiz, M.; Font, E.; López, S. y Hernández, G. 2014. La sociedad de la información y la educación superior en Cuba. Desde la perspectiva del desarrollo social. UNIANDES EPISTEME. 1 (2): 1-22.

Salitchev, K. A. 1981. Cartografía. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 215 p.

Terrero, R. y Morejón, R. 2014. GAVIAC, Sistema para la gestión y control del ganado vacuno y la inseminación artificial. Avanzada Científica. 17 (3): 1- 11.

Vargas, H. y Ponce, D. 2008. Evaluación de la aptitud de las tierras del municipio San José de las Lajas para las clases generales de uso agrícola y ganadero. I. Aptitud física. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 17 (4): 64 - 68.