



**UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS**  
**CIENCIAS AGRARIAS**

**Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos**  
**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Protocolo de Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo.**

**Título: Planificación de la siembra y la producción de la CPA “Mártires de Barbados”  
con la aplicación de la geomática.**

**Autor: Osmani García Gómez**

**Tutor: Msc. José Carlos Sardiñas Montalvo**

**“Año del 66 de la Revolución”**

## Resumen:

Esta investigación se realizó con el objetivo de elaborar la planificación de todas las actividades agrícolas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha y la rotación de los cultivos de la cooperativa “Mártires de Barbados” de Rancho Luna, con el apoyo de los sistemas de información geográfica y las imágenes satelitales de sus parcelas. Desde el 2016 hasta la actualidad (2024) se generan los planes en el mes de junio. Se utilizaron métodos tecnológicos con tres softwares para la captura de imágenes satelitales, su procesamiento en un sistema de información geográfica y la creación de hojas de cálculo para impresión y presentación. Como resultado se obtiene el plan anual de producción, la rotación de los cultivos, las demandas de insumos agrícolas, combustibles, energía eléctrica, agua, contratos de comercialización, necesidades de maquinaria para la preparación de suelo, siembra y cosecha, así como la distribución mensual de las producciones. Se llegó a la conclusión que, en una cooperativa, contando con un equipamiento informático estándar, conexión a internet y un personal capacitado en su empleo se puede incorporar la geomática para planificar la producción y las labores agrícolas con suficiente antelación. Con este método es posible la medición exacta del área de las parcelas y cuadrantes de los pivots, su delimitación real, el seguimiento y la monitorización durante todo el año de los cambios ocurridos, tales como preparación de suelo, cultivos, rotaciones, cosechas y modificaciones en tiempo real del plan de siembra.

**PALABRAS CLAVES:** GIS, Teledetección, Geomática, Centinel, TICs.

## Abstract:

This investigation were carried out with the objective to elaborate the planning of all agricultural activities, from the preparation of the terrain to the crop and the rotation of the cultivations of the cooperative "Mártires de Barbados" of Rancho Luna, with the support of the systems of geographical information and the satellite's images of fields. From the 2016 to the present time (2024) generate the plains in the month of June. They used technological methods with three soft wares for the capture of satellite images, further processing in a system of geographical information and the creation of sheets of calculation for printing and presentation. As a result obtains the annual plain of production, the rotation of the cultivations, the claims of agricultural, combustible needs, commercialization, electric power, water, contracts, and needs of machinery for the preparation of earth, sows and harvests, as well as the monthly distribution of the productions. Reached to the conclusion that, in a cooperative, counting on an information standard equipment, connection to Internet and qualified personnel in their employment the geomatics it can incorporate to plan the production and the agricultural fancyworks with sufficient perviousness. With this method it is possible the exact measurement of the area of the plots and quadrants of the pivots, their real delimitation, the follow-up and the monitoring during the whole year of the occurred changes, just as preparation of earth, cultivations, rotations, crops and modifications in real time of the plain of sowing.

**KEY WORDS:** GIS, tele detection, Geomatics, Centinel, TICs.

Índice general	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. CAPÍTULO 1	5
2.1 Aplicaciones de la Percepción Remota	5
2.2 Google Earth al alcance de todos.	9
2.3 Sistemas de Información Geográfica en el mundo.	10
2.3.1 Uso de los SIG y la percepción remota en Cuba.	13
2.3.2 Geomática	14
3. Capítulo 2: Materiales y métodos.	18
3.1.1 Google Earth Pro.	19
3.1.2 Mapinfow.	20
3.1.3 Excel	23
4. Resultados y discusión.	25
4.1 Evaluación de los resultados de la aplicación de la metodología por años.	25
4.2 Resultados del modelo de validación a los jefes de fincas	33
5 Conclusiones.	37
6 Recomendaciones.	38
7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
8. ANEXOS Y TABLAS	

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura, pilar fundamental en la economía global y sustento de la alimentación de millones de personas, se enfrenta a retos multifacéticos en un contexto de creciente población mundial, cambio climático y escasez de recursos naturales. En este escenario, las tecnologías de imágenes satelitales emergen como herramientas innovadoras que transforman la manera en que se gestionan y supervisan los cultivos, la salud del suelo y la sostenibilidad agrícola (FAO, 2021)<sup>1</sup>.

Desde el lanzamiento del primer satélite de observación terrestre, el Landsat 1, en 1972, la agricultura ha comenzado a beneficiarse de las imágenes satelitales de alta resolución. El desarrollo de satélites equipados con sensores avanzados ha permitido capturar información valiosa sobre la superficie terrestre, lo que facilita un análisis más profundo de las características del suelo, la humedad, la salud de los cultivos y otras variables cruciales para el éxito agrícola. En los últimos años, el avance en la tecnología ha dado lugar a una reducción significativa en los costos de adquisición de imágenes y a una mejora en la calidad de los datos obtenidos, lo que ha incentivado su adopción en diversas regiones del mundo. Según el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI, 2020)<sup>2</sup>, la adopción de tecnologías de monitoreo y análisis en agricultura puede ser clave en la lucha contra el cambio climático, permitiendo una adaptación más rápida y eficiente.

Además, el acceso a plataformas de datos abiertos como Google Earth Engine ha democratizado el acceso a estos recursos, permitiendo que pequeños agricultores y cooperativas también se beneficien de las tecnologías avanzadas Lobell et al. (2014)<sup>3</sup>.

Un estudio realizado por Jochem et al. (2020)<sup>4</sup> subraya que el uso de esta tecnología ha resultado en un aumento del 20-30% en la eficiencia de la producción en diversas regiones del mundo.

Las imágenes satelitales tienen múltiples aplicaciones en el sector agrícola, que van desde el monitoreo de cultivos y la evaluación de la salud del suelo hasta la gestión eficiente de recursos hídricos. Entre las aplicaciones más destacadas se encuentran:

- Monitoreo de Cultivos: Las imágenes satelitales permiten evaluar la fenología de los cultivos, identificar su evolución a lo largo de distintas etapas de crecimiento y detectar posibles problemas como plagas o enfermedades en etapas tempranas. Esto permite a los agricultores tomar decisiones informadas y oportunas, lo que potencialmente mejora los rendimientos.

- Gestión de Recursos Hídricos: Las tecnologías de imágenes satelitales ayudan a monitorizar la humedad del suelo y la disponibilidad de agua en los cultivos. A través de datos precisos, los agricultores pueden optimizar la programación de riego y, a su vez, reducir el desperdicio de este recurso crítico, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema agroalimentario.

Análisis de Suelos: Las imágenes satelitales pueden utilizarse para evaluar la calidad del suelo, así como para realizar mapas de fertilidad. Esto permite a los agricultores adaptar sus prácticas

de fertilización a las necesidades específicas de cada parcela, generando un impacto positivo en la productividad y en el medio ambiente.

El estado actual del empleo de las tecnologías de imágenes satelitales en la agricultura a nivel mundial representa un punto de inflexión en la manera en que se concibe la producción agrícola. Si bien existen desafíos significativos que deben abordarse, las ventajas y el potencial de estas tecnologías son innegables. Apostar por la integración de las imágenes satelitales en el sector agrícola no solo mejorará la eficiencia y la rentabilidad de la producción, sino que también contribuirá a la sostenibilidad del planeta en este periodo de grandes cambios. La anticipación y adaptación ante los retos del futuro simbolizan una oportunidad para transformar la agricultura en un sector más resiliente y productivo, capaz de alimentar a la creciente población mundial.

En Cuba, la implementación de tecnologías de imágenes satelitales en la agricultura ha avanzado de manera gradual. En los últimos años, se han desarrollado diversos proyectos que integran esta tecnología, principalmente apoyados por instituciones académicas y organismos internacionales. Estas iniciativas han permitido a los agricultores acceder a datos precisos y en tiempo real, lo que ha contribuido a una gestión más eficiente de los cultivos. Por ejemplo, el uso de imágenes satelitales ha permitido identificar áreas afectadas por plagas o enfermedades, facilitando así la toma de decisiones rápidas para mitigar los daños.

Desde el año 2010, Cuba ha comenzado a incorporar de forma limitada el uso de imágenes satelitales en la evaluación y el monitoreo de la agricultura. Proyectos como el Sistema de Información Geográfica para la Agricultura (SIGA) han facilitado el acceso a datos precisos y actualizados que permiten una mejor planificación de las actividades agrícolas. Un estudio realizado por Pérez et al. (2022)<sup>5</sup>, publicado en la Revista Cubana de Ciencias Agrarias, destaca la importancia de utilizar imágenes de satélite para la detección temprana de plagas y enfermedades en los cultivos. Esto no solo mejora la calidad de la producción, sino que también reduce el uso excesivo de agroquímicos, contribuyendo a prácticas más sostenibles.

Sin embargo, a pesar de los avances, el empleo de tecnologías de imágenes satelitales en la agricultura cubana enfrenta varios desafíos. Uno de los principales obstáculos es la falta de acceso a recursos tecnológicos avanzados y la capacitación adecuada de los agricultores que impide una implementación efectiva. La mayoría de los pequeños agricultores carece del conocimiento y de las herramientas necesarias para interpretar las imágenes satelitales y aplicarlas en sus prácticas agrícolas. Como se menciona en el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019)<sup>6</sup>, la capacitación y la educación son componentes clave para permitir que estas tecnologías sean adoptadas de manera efectiva.

A pesar de estos desafíos, el panorama futuro para el uso de imágenes satelitales en la agricultura cubana es prometedor. Las iniciativas del gobierno cubano, junto con la colaboración de universidades y organizaciones internacionales, han comenzado a fomentar la investigación y la capacitación en el uso de estas tecnologías. Por ejemplo, el proyecto

"Cuba Precisa", que busca mejorar la seguridad alimentaria a través del uso de tecnología agrícola inteligente, ha demostrado que la integración de imágenes satelitales en la planificación agrícola puede conducir a mejoras significativas en los rendimientos de los cultivos (Martínez et al., 2021)<sup>7</sup>.

La creación de los planes de producción, siembra, necesidades de preparación de tierra, demandas de combustible, de agua y de electricidad siempre se hizo a mano en el pasado; en una tabla sobre una hoja de papel, luego con la llegada de las computadoras, entonces se confeccionaba en Excel<sup>8</sup> sobre una hoja de cálculo, con todas las ventajas que esta ofrece: introducción de fórmulas, auto cálculo, fácil edición e impresión. Pero a la hora de introducir los valores numéricos del área de las diferentes parcelas comenzaban los errores, pues se trata generalmente de polígonos de perímetro irregular de difícil cálculo de su área, así que esto era estimado. Cuando se dispone de una imagen satelital debidamente referenciada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), entonces con un doble clic en el polígono aparece su área con precisión y en la unidad de medida configurada en el sistema. Acá comienza el aumento de precisión, facilidades de hacer cambios, flexibilidad de cambiar algunos aspectos del plan durante el año ante la ocurrencia de eventos imprevistos, posibilidad de ver los cambios que van ocurriendo en el tiempo en cada parcela y su presentación con buena calidad y rapidez. Desde el 2008 se domina la percepción remota y su procesamiento en Mapinfo por este autor y, ya en 2016 inició su empleo para la confección de los planes de la cooperativa hasta la fecha actual (2024).

Considerando lo antes expuesto se planteó el siguiente problema científico.

Problema científico: Se pueden confeccionar los planes de producción y rotación de cultivos de la CPA empleando las nuevas tecnologías de la información y la percepción remota.

Teniendo en cuenta el problema se estableció la siguiente hipótesis.

Hipótesis: Es posible realizar los planes de producción y siembra de la CPA Mártires de Barbados, facilitando su confección y fiabilidad, si se usan las tecnologías de información geográfica y satelitales disponibles para la agricultura.

Objetivo general: Elaborar la planificación de todas las actividades agrícolas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha y la rotación de los cultivos de la cooperativa "Mártires

de Barbados” de Rancho Luna, con el apoyo de los sistemas de información geográfica y las imágenes satelitales de sus parcelas.

Objetivos específicos:

- Adquirir las imágenes actualizadas del área cultivable de la CPA y su procesamiento en un SIG para la creación de capas y tablas con los datos necesarios para la planificación de las actividades agrícolas de todo el año.
- Presentar del plan a la junta directiva y a la asamblea general para su aprobación y uso durante todo el año calendario por los directivos de la CPA y funcionarios de la agricultura.
- Validar la pertinencia de los resultados en la confrontación con los jefes de fincas.

## 2. Capítulo 1. Revisión bibliográfica.

La revisión de la literatura y de otras fuentes de información que se muestra en este Capítulo, resume el proceso de construcción del Marco teórico-Referencial de esta investigación y se organiza de forma tal que permite el análisis del “estado del conocimiento y la práctica” en la temática objeto de estudio.

2.1 Percepción Remota [3]: La percepción remota ha emergido como una disciplina crucial en la recopilación de datos sobre la Tierra y sus recursos. Este enfoque científico, que implica la obtención de información sobre objetos en la superficie terrestre sin contacto físico, ha revolucionado diversos campos, desde la meteorología hasta la gestión de recursos naturales. A lo largo de las últimas décadas, el desarrollo tecnológico y la mejora de las técnicas de captura y análisis de datos han ampliado considerablemente las aplicaciones de la percepción remota, lo que ha permitido una mejor comprensión y gestión de nuestro entorno.

La percepción remota se puede definir como la técnica de recopilar datos mediante sensores que registran la radiación electromagnética reflejada o emitida por los objetos en la Tierra. Esta información es analizada para identificar y clasificar características del terreno, monitorear cambios ambientales y manejar recursos. Según Lillesand, Kiefer y Chipman (2015)<sup>9</sup>, "la percepción remota es una herramienta poderosa que permite a los científicos observar el planeta en su totalidad, proporcionando una perspectiva que es difícil de obtener mediante métodos tradicionales".

El principio fundamental detrás de la percepción remota radica en la interacción de la radiación electromagnética con los objetos. Los sensores detectan diferentes longitudes de onda de luz, que varían según el tipo de superficie y otras características físicas. Por ejemplo, la vegetación refleja fuertemente en el rango del infrarrojo cercano, permitiendo la utilización de imágenes para evaluar la salud y distribución de la flora en vastas áreas geográficas.

### 2.1 Aplicaciones de la Percepción Remota

#### Monitoreo Ambiental

Una de las aplicaciones más significativas de la percepción remota es el monitoreo ambiental. A través de satélites y drones equipados con sensores sofisticados, es posible rastrear fenómenos como la deforestación, la contaminación y el cambio climático. El informe de la

NASA sobre el monitoreo de bosques indica que "la percepción remota ha permitido la identificación de cambios sutiles en la cobertura forestal, brindando datos valiosos para la conservación" (NASA, 2021)<sup>10</sup>.

## Gestión de Recursos Naturales

La gestión eficiente de los recursos naturales es otra área en la que la percepción remota desempeña un papel crucial. La minería, la agricultura y la pesca se beneficiaron enormemente de esta tecnología. Por ejemplo, en la agricultura de precisión, los agricultores utilizan imágenes obtenidas a través de percepción remota para optimizar el uso del agua, los fertilizantes y los pesticidas, lo que resulta en prácticas más sostenibles y rentables (Zhang et al., 2020)<sup>11</sup>.

La percepción remota representa un pilar fundamental en la investigación y gestión de recursos del planeta. A través de su capacidad para recopilar y analizar datos a gran escala, esta tecnología no solo optimiza la administración de recursos, sino que también contribuye significativamente a la prevención y mitigación de desastres. A medida que superamos los desafíos inherentes a esta disciplina y adoptamos nuevas tecnologías, podemos anticipar un futuro en el que la percepción remota desempeñe un papel aún más crítico en la protección y comprensión de nuestro entorno.

La teledetección hace posible recoger información de áreas peligrosas o inaccesibles. Algunas aplicaciones pueden ser monitorizar una deforestación en áreas como la cuenca del Amazonas, el efecto del cambio climático en los glaciares y en el Ártico y en el Antártico, y el sondeo en profundidad de las fallas oceánicas y las costas. El colectivo militar, durante la Guerra Fría, hizo uso de esta técnica para recoger información sobre fronteras potencialmente peligrosas. La teledetección remota también reemplaza la lenta y costosa recogida de información sobre el terreno, asegurando además que en el proceso las zonas u objetos analizados no se vean alterados.

Las plataformas orbitales pueden transmitir información de diversas franjas del espectro electromagnético que en colaboración con sensores aéreos o terrestres y un análisis en conjunto, provee a los investigadores con suficiente información para monitorizar la evolución de fenómenos naturales tales como El Niño. Otros usos engloban áreas como las ciencias de

la Tierra, en concreto la gestión de recursos naturales, campos de agricultura en términos de uso y conservación, y seguridad nacional.

La calidad de la información recogida a distancia depende de sus resoluciones espacial, espectral, radiométrica y temporal.

#### Resolución espacial

Es el tamaño de un píxel que se guarda en una imagen rasterizada – los píxeles se corresponden con áreas cuadradas cuyo tamaño varía de 1 a 1000 metros.

#### Resolución espectral

Es la amplitud de la longitud de onda de las diferentes frecuencias grabadas – normalmente, se relaciona con el número de frecuencias que graba la plataforma. La última flota Landsat, "Landsat 8", comprende 11 bandas diferentes incluyendo varias del espectro infrarrojo; en total adquiere desde los 0,43  $\mu\text{m}$  a los 12,51  $\mu\text{m}$ . El sensor Hyperion en la "Earth Observing-1" gestiona 220 bandas que van desde los 0,4  $\mu\text{m}$  a los 2,5  $\mu\text{m}$ , con una resolución espectral de 0,10 a 0,11  $\mu\text{m}$  por banda recogida.

#### Resolución radiométrica

Es la capacidad del sensor para distinguir diferentes intensidades de radiación. Normalmente comprende de 8 a 14 bits, correspondiente a los 256 niveles de una escala de grises, y puede llegar a 16 384 intensidades de color en cada banda. También depende del ruido del aparato.

#### Resolución temporal

Es la frecuencia con la que el avión o satélite sobrevuelan una zona, y solo tiene importancia en estudios para investigar el efecto del paso el tiempo, como en la monitorización de las deforestaciones. El paso de una nube sobre el área u objeto haría necesario volver a repetir el proceso sobre esa zona.

Para poder crear mapas basados en la información recogida por un sensor, la mayoría de los sistemas de teledetección remota lo que hacen es extrapolar la información extraída por el sensor en relación a un punto de referencia, incluyendo distancias entre los puntos conocidos

en el terreno. Todo esto depende del tipo de sensor usado. Por ejemplo, en fotografías corrientes, las distancias son más precisas en el centro de la imagen, las cuales se distorsionan al alejarte del centro de la misma. Otro factor importante es el rodillo contra el que se ponen las fotos, hecho que puede causar graves errores en las fotografías cuando éstas se usan para realizar medidas de distancias. Esto se resuelve mediante la georreferenciación, que engloba ayuda por ordenador para relacionar los puntos en la imagen (30 o más por imagen) que se extrapolan usando un punto de referencia establecido previamente, “transformando” la imagen para producir una información espacial más precisa. A principios de los 90, la mayoría de imágenes por satélite vendidas estaban totalmente georreferenciadas. Aparte de esta corrección, las imágenes pueden necesitar de corrección radiométrica y atmosférica.

#### Corrección radiométrica

Da una escala de valores por píxel. Por ejemplo, la escala monocromática de 0 a 255 se convertirá a valores de radiación actuales.

#### Corrección atmosférica

Elimina la “neblina” atmosférico re escalando cada banda de frecuencia a su valor mínimo (cada píxel a 0). La digitalización de la información también hace posible manipular los datos cambiando valores en la escala de grises.

La interpretación es la parte crítica del proceso de hacer la información comprensible. La primera aplicación de eso fue en fotografías aéreas, que usaban el siguiente proceso: medidas espaciales con el uso de una mesa iluminada tanto en cobertura convencional simple como estereográfica. Hacer uso de las dimensiones conocidas de los objetos para detectar modificaciones. El análisis de imagen es una aplicación automatizada por ordenador que se está usando cada día más.

El análisis de objetos basados en imágenes (OBIA en inglés) es una subdisciplina de GIScience dedicada a particionar las imágenes de la teledetección remota en imágenes con significado sobre los objetos, y evaluando sus características en una escala espacial, temporal y espectral.

La información antigua obtenida de teledetección remota suele ser valiosa porque provee de información a largo plazo de una gran porción geográfica. Al mismo tiempo, la información a menudo es compleja de interpretar y difícil de almacenar. Los sistemas actuales tienden a almacenar todo digitalmente, normalmente sin pérdida de compresión. Lo difícil de todo esto es que la información es frágil y su formato puede ser arcaico y difícil de interpretar, además de ser fácil de falsificar. Uno de los mejores sistemas para almacenar información es en microfilms. Los microfilms normalmente sobreviven en librerías comunes, con un periodo de vida de varios siglos. Pueden crearse, copiarse, archivarse y recogerse por sistemas automatizados. Son tan compactos como la información almacenada en dispositivos magnéticos y aún pueden ser leídos por el ser humano con un mínimo de equipo adecuado para ello.

### 2.1 Google Earth al alcance de todos.

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El programa fue creado bajo el nombre de *EarthViewer 3D* por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 absorbiendo la aplicación. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales. La primera versión de Google Earth fue lanzada en 2005 y actualmente está disponible en PC para Windows, Mac y Linux. Google Earth también está disponible como pluging para visualizarse desde el navegador web. En 2013 Google Earth se había convertido en el programa más popular para visualizar cartografía, con más de mil millones de descargas.

Sus imágenes son RGB, formando mosaicos superpuestos que se van actualizando cada cierto tiempo. No sirven para análisis especializados porque no son multiespectrales, pero para las mediciones de áreas, distancias, altitud, visualizar los límites de las parcelas, corrientes de agua y el litoral costero tienen una gran utilidad. Son empleadas para la confección del plan de la CPA por estar disponibles gratuitamente en la Web. Se hace zoom sobre el área de interés,

se le ponen al menos tres puntos de referencia, de los cuales se anotan sus coordenadas x-y y se guarda en formato jpl para ser cargada luego por la aplicación SIG.

### 2.3 Sistemas de Información Geográfica en el mundo.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han consolidado en las últimas décadas como herramientas fundamentales en la gestión y análisis de datos espaciales. Estas plataformas integran diversas fuentes de información geográfica, permitiendo la captura, almacenamiento, análisis y presentación de datos relacionados con posiciones en la superficie terrestre. Este ensayo explora las características, aplicaciones y retos de los SIG, sustentado por evidencia y citas relevantes de la literatura especializada.

Los SIG se caracterizan por su capacidad para relacionar información alfanumérica con su localización geográfica. Según Burrough y McDonnell (1998)<sup>12</sup>, un SIG es "un sistema que permite la recopilación, almacenamiento, análisis y visualización de datos geoespaciales" (p. 4). Esta definición resalta la versatilidad y la complejidad de los sistemas, que combinan técnicas de información y análisis espacial. Los SIG operan utilizando un modelo de datos que integra diferentes capas, donde cada capa puede representar un conjunto específico de datos, como uso del suelo, infraestructura o recursos naturales.

En el ámbito de la gestión ambiental, los SIG son cruciales para monitorear cambios en el uso del suelo y evaluar el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. Según este enfoque, las herramientas SIG pueden utilizarse para modelar la dispersión de contaminantes en el aire o el agua, así como para evaluar la vulnerabilidad de distintas áreas frente a fenómenos naturales como inundaciones o incendios forestales (Jiang et al., 2019)<sup>13</sup>. Por tanto, los SIG no solo facilitan la recolección de datos, sino que también son fundamentales para la toma de decisiones estratégicas y sostenibles.

No obstante, la implementación de SIG no está exenta de desafíos. Uno de los principales obstáculos es la calidad y disponibilidad de los datos. Los programas responsables de recolectar y gestionar grandes volúmenes de datos geoespaciales deben asegurarse de que la información sea precisa y esté actualizada. Como afirman Goodchild y Glennon (2010)<sup>14</sup>, "la calidad de los datos geoespaciales es crítica para garantizar la efectividad de los análisis realizados mediante SIG". La falta de estandarización y la interoperabilidad entre diferentes bases de datos pueden llevar a resultados erróneos y limitar la utilidad de los SIG.

Otro desafío significativo es la capacitación y la educación de los profesionales que utilizan estas herramientas. La complejidad técnica de los SIG exige un conocimiento especializado, lo que puede ser una barrera en su adopción. Es esencial que los programas educativos integren la formación en SIG en sus currículos, de modo que se prepare a las nuevas generaciones de profesionales para enfrentar las demandas del mercado laboral. Según Lauder y Evans (2012)<sup>15</sup>, "la educación en SIG debe ir más allá de las habilidades técnicas, incluyendo la formación en análisis crítico y pensamiento espacial".

A medida que la tecnología avanza, el futuro de los Sistemas de Información Geográfica se presenta prometedor. Las innovaciones en tecnologías como el análisis de Big Data, la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT) están ampliando las posibilidades de uso de los SIG. Por ejemplo, los drones y los satélites están revolucionando la recolección de datos geoespaciales, permitiendo una monitorización más precisa y en tiempo real de los cambios en el territorio (Zhou et al., 2021)<sup>16</sup>. Esta evolución no solo mejorará la calidad de los datos, sino que también permitirá a los investigadores y responsables de políticas desarrollar modelos predictivos más robustos para la planificación y gestión.

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas poderosas que transforman nuestra comprensión y gestión del espacio. Sus aplicaciones son fundamentales en diversos campos, desde la planificación urbana hasta la conservación ambiental. Sin embargo, enfrenta retos importantes que requieren atención, particularmente en términos de calidad de datos y educación técnica. A medida que la tecnología avanza y se desarrollan nuevas tecnologías, los SIG continuarán desempeñando un papel crucial en la toma de decisiones informadas y en la promoción de un desarrollo sostenible.

Las aplicaciones de los SIG son vastas y variadas, abarcando campos como la planificación urbana, la gestión ambiental, la agricultura, la salud pública y la respuesta a desastres naturales. Por ejemplo, en la planificación urbanística, los SIG permiten a los urbanistas analizar la distribución geográfica de la población y los recursos, facilitando así la toma de decisiones informadas sobre el desarrollo de infraestructuras.

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. SIG proporciona, para cada tipo de organización basada en ubicación, una plataforma para actualizar datos geográficos sin perder tiempo visitando el sitio y actualizar la base de datos manualmente. 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.

Las principales cuestiones que puede resolver un sistema de información geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

1. Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.
2. Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema. Se busca un determinado lugar que reúna ciertas condiciones.
3. Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica. Permite conocer la variación de algunas características a través de un determinado periodo.
4. Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. Pautas: detección de pautas espaciales. Busca determinar en una zona específica, las relaciones que pudieran existir entre dos o más variables.
6. Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas. Si un sistema planteado se somete a determinadas modificaciones de sus variables cómo queda definido el nuevo sistema, cuánto ha cambiado, etc.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los sistemas de información geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

En la actualidad existen más de 20 aplicaciones SIG: ArcGIS, QGIS, Mapinfo, AutodeskMap, ILWIS, SAGA GIS y muchos otros, cada uno con sus peculiaridades.

### 2.3.1 Uso de los SIG y la percepción remota en Cuba.

La aplicabilidad de los SIG y la percepción remota en la agricultura cubana es un campo donde se han visto grandes avances. En un país donde la agricultura es clave para la economía y la seguridad alimentaria, estas técnicas permiten la detección de cambios en la producción, la optimización del uso del agua y el manejo de cultivos. Según un estudio realizado por Rodríguez y Santos (2021)<sup>17</sup>, la implementación de SIG en la agricultura ha llevado a un aumento del 20% en la eficiencia del uso de insumos, lo que se traduce en una mayor sostenibilidad del sector.

A pesar de los beneficios significativos que ofrecen los SIG y la percepción remota, la implementación de estas tecnologías en Cuba enfrenta ciertos desafíos. Uno de los principales obstáculos es la limitada disponibilidad de recursos técnicos y humanos capacitados en el manejo de estas herramientas. La formación de especialistas en SIG y percepción remota es fundamental para maximizar su potencial. Según Gómez y Fernández (2019)<sup>18</sup>, "la educación y capacitación en estas áreas son esenciales para el desarrollo sostenible del país, ya que permiten a los profesionales abordar de manera efectiva los problemas territoriales".

Además, la infraestructura tecnológica también juega un papel importante en la efectividad de estas herramientas. Cuba ha realizado avances en la creación de capacidades técnicas en este ámbito, pero persisten limitaciones en el acceso a tecnologías avanzadas y en la conectividad a internet, lo que puede restringir el aprovechamiento pleno de los SIG y la percepción remota. La creación de un entorno propicio que fomente la investigación y el desarrollo en estas áreas es crucial. Esto incluye alianzas estratégicas con instituciones académicas y organizaciones internacionales, que podrían ofrecer apoyo técnico y formación especializada.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica y la percepción remota en Cuba representa una oportunidad valiosa para abordar los complejos desafíos que enfrenta el país en términos de gestión territorial y sostenibilidad. A través de su aplicación en sectores como la agricultura, el medio ambiente y el desarrollo urbano, estas tecnologías pueden contribuir significativamente al fortalecimiento de la resiliencia y la planificación del territorio. Sin embargo, para lograr un uso efectivo de estas herramientas, es fundamental invertir en formación y recursos técnicos, además de fomentar un entorno que facilite la investigación y

el desarrollo. Solo así, Cuba podrá capitalizar plenamente las ventajas que ofrecen los SIG y la percepción remota, en su camino hacia un futuro más sostenible y eficiente en la gestión de sus recursos territoriales.

En nuestro medio el más utilizado es Mapinfo que es oficial en GeoCuba, la agencia que se ocupa de la cartografía y las bases de datos geográficas en nuestro país. Es popular también QGIS, de código abierto y con funciones similares al anterior.

La definición de percepción remota dada por el profesor Ricardo Álvarez Portal, de quien el autor ha sido alumno en curso de actualización impartido en diciembre del 2020 en la UCF.

“Es el conjunto de métodos, tecnologías y procedimientos que permiten obtener información de diversa índole sobre el entorno terrestre (tierra firme, zonas acuáticas, así como la atmósfera) y otros cuerpos celestes a partir de la energía electromagnética radiante (reflejada y/o emitida por los cuerpos u objetos estudiados) a una distancia dada, empleando para ello distintos medios técnicos, denominados sensores remotos (cámaras, radiómetros, scanner, radares), que son instalados en plataformas terrestres, aéreas y espaciales y que pueden registrar la energía en una o en varias bandas del espectro electromagnético. También engloba el procesamiento de las imágenes y su análisis para obtener información”.

Dr. Ricardo Álvarez Portal, (2012)<sup>19</sup>

Este doctor, formado en la URSS y quien trabajó por muchos años en la confección de los mapas cartográficos de Cuba, a base de fotografías aéreas, es una verdadera autoridad en esta materia. Ha publicado muchas monografías y artículos, publicados en Cuba y en el extranjero.

2.3.2 Geomática: La geomática abarca diversas tecnologías, incluyendo sistemas de información geográfica (SIG), teledetección y posicionamiento global (GPS). Estas herramientas se utilizan para recopilar y analizar datos espaciales que son esenciales en el manejo agrícola. Según López-Gunn et al. (2013)<sup>20</sup>, "las tecnologías de información geográfica permiten a los agricultores tomar decisiones informadas basadas en datos precisos sobre sus tierras y cultivos". La integración de estas tecnologías contribuye a un manejo más efectivo de los recursos naturales, permitiendo a los productores ajustar sus prácticas a las condiciones cambiantes del entorno.

## Monitoreo y Gestión de Cultivos

Una de las aplicaciones más notables de la geomática en la agricultura es el monitoreo y la gestión de cultivos. La teledetección, a través del uso de imágenes satelitales y drones, permite a los agricultores evaluar la salud de los cultivos a lo largo de su ciclo de vida. Esto no solo facilita la detección temprana de plagas y enfermedades, sino que también ayuda a identificar áreas con deficiencias en nutrientes o riego. Según Pereira et al. (2019)<sup>21</sup>, "el uso de imágenes de satélite permite a los agricultores identificar variaciones en el crecimiento de los cultivos, lo que resulta en una gestión más localizada y eficiente".

## Optimización de Recursos Hídricos

El uso de la geomática también se ha traducido en una mejor gestión de los recursos hídricos en la agricultura. El acceso a datos precisos sobre la disponibilidad del agua y las necesidades hídricas de los cultivos permite a los agricultores implementar sistemas de riego más eficientes. De acuerdo con Barradas et al. (2020)<sup>22</sup>, "la gestión eficiente del agua es crucial en la agricultura actual, especialmente en regiones donde este recurso es limitado". Herramientas geomáticas, como los modelos de predicción de lluvias y los sistemas de riego por goteo basados en datos de humedad del suelo, ayudan a maximizar la captación y uso del agua, asegurando un suministro sostenible para los cultivos.

## Precisión y Eficiencia en la Aplicación de Insumos

Otra ventaja significativa de la geomática en la agricultura es la capacidad para aplicar insumos de manera más precisa y eficiente. Mediante el uso de GPS y SIG, los agricultores pueden realizar aplicaciones localizadas de fertilizantes y pesticidas, minimizando el desperdicio y reduciendo el impacto ambiental. Según Zhen et al. (2021)<sup>23</sup>, "la agricultura de precisión, facilitada por las tecnologías geomáticas, permite un uso más racional de los insumos, promoviendo prácticas más sostenibles".

Este enfoque no solo contribuye a la reducción de costos operativos para los agricultores, sino que también disminuye la contaminación del suelo y el agua, favoreciendo un entorno agrícola más saludable. La implementación de estas prácticas se ha convertido en un imperativo, dado el creciente enfoque hacia la sostenibilidad en la agricultura.

Además, los SIG permiten la creación de mapas que muestran la distribución espacial de los cultivos, lo que es invaluable para la planificación y las decisiones estratégicas. Por ejemplo, la creación de mapas de índice de vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) ofrece información visual sobre la salud de los cultivos y el estado del suelo, ayudando a los agricultores a optimizar el uso de insumos como fertilizantes y agua.

#### Desafíos en la Implementación de Tecnologías Geomáticas.

A pesar de las ventajas claramente definidas, la adopción de tecnologías geomáticas en la agricultura presenta varios desafíos. La falta de capacitación técnica en el uso de estas herramientas puede ser una barrera significativa para muchos agricultores, especialmente en regiones rurales con recursos limitados. Según Gutiérrez et al. (2017)<sup>24</sup>, "la capacitación y educación en el uso de tecnologías geomáticas es fundamental para garantizar que los agricultores puedan beneficiarse de sus aplicaciones".

Además, la inversión inicial en tecnologías geomáticas puede ser elevada, lo que representa un obstáculo para pequeños agricultores. La creación de programas de apoyo y subsidios podría ser una solución viable para facilitar el acceso a estas herramientas. Por último, los problemas de conectividad en áreas rurales pueden limitar el uso efectivo de TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación), lo que a su vez afecta el flujo de información crítico para la gestión agrícola.

La geomática (compuesto por *geo*, "Tierra", y *mática*, "automatización", como en "informática"), incluso ingeniería geomática y tecnología geoespacial, es la ciencia que se ocupa de la gestión de información geográfica mediante la utilización de tecnologías de la información y la comunicación. La gestión incluye la adquisición, modelado, tratamiento, almacenamiento, recuperación, análisis, explotación, representación y difusión de la geodesia, la fotogrametría y teledetección, Sistemas de Información Geográfica e Infraestructura de Datos Espaciales, y está relacionada con cualquier ciencia que suponga el procesamiento de información geográfica. Muchas universidades la tienen como una carrera de ingeniería geomática. En Cuba es aplicada por instituciones estatales, científicas y de investigación; para su empleo en cartografía digital, proyectos, análisis de catástrofes, etc.

Son muchas las actividades que se benefician de la geomática:

- ✓ Los sistemas globales de posicionamiento y navegación por satélites.
- ✓ La percepción remota satelital y aérea y el procesamiento digital de imágenes.
- ✓ La fotogrametría digital.
- ✓ Los sistemas de información geográfica.
- ✓ La cartografía digital.
- ✓ La computación y la automatización.
- ✓ Internet e intranet.
- ✓ Otras (drones, sistemas rtk, wifi, etc).

Es esencial como elemento integrado a la Agricultura de Precisión, actuando en asociación con las bases de datos geoespaciales, la automática a bordo de la maquinaria, la generación de mapas de rendimiento, el control de flota y otras funciones afines.

El autor está suscrito además a una web nombrada Landviwer, EOS.com; que ofrece hasta 10 imágenes gratuitas semanales de la constelación Sentinel, que son multiespectrales y posibilitan análisis haciendo múltiples combinaciones de bandas. Se marca el área de interés y cada vez que existan nuevas imágenes de esta llega un correo avisando que está disponible. Con Crop Monitoring es posible obtener análisis de índice de vegetación (NDVI) del área de interés y cada vez que se detecte un cambio de 0,01 en ese índice se reporta al usuario por correo para que acceda a la imagen. Ya para lograr imágenes de alta resolución hay que efectuar pagos que desde Cuba son engorrosos. Otro índice muy útil es NDMI para medir la humedad de los cultivos desde los satélites de Sentinel. Se hace vigilancia de incendios forestales con las bandas de IR e IR cercano, etc.

La geomática representa un avance transformador en la agricultura contemporánea, proporcionando herramientas esenciales para el monitoreo, gestión y optimización de recursos en el sector agrícola. Su aplicación no solo mejora la eficiencia y rentabilidad de la producción, sino que también promueve prácticas más sostenibles que son cruciales en el contexto del cambio climático y la creciente demanda de alimentos. Sin embargo, es imprescindible abordar los desafíos en la adopción de estas tecnologías, lo que incluye la capacitación y el apoyo financiero para los agricultores. A medida que continuamos avanzando en la era de la información, es evidente que la geomática desempeñará un papel cada vez más relevante en el futuro de la agricultura.

### 3 Capítulo 2: Materiales y métodos.

#### Métodos y herramientas utilizadas.

Con el objetivo de captar y recuperar la información necesaria para conformar este trabajo, se ejecutó el siguiente procedimiento general, que ofrece principios que pueden ser generalizados para crear las bases de otras metodologías para estudios similares.

- Se emplea Google Earth Pro para la adquisición de las imágenes satelitales del área de interés, se le colocan puntos de referencia cuyas coordenadas deben anotarse para su posterior empleo en el paso siguiente.
- Se carga la imagen jpl en Mapinfow 15, se georreferencia con los puntos anotados del paso anterior. Se ha de tener el cuidado de que la proyección geográfica sea Projections of the World: Mercator WGS84 (EPSG: 41001) para lograr coincidencia con Google Earth. Esto se hace en la configuración de las opciones del programa. Logrado esto se comienzan a crear los polígonos de la tabla que representan las parcelas y cuadrantes; como ya se ha hecho esto con anterioridad, es mejor cargar la tabla del año anterior y se actualizan sus polígonos, cultivos iniciales, fecha de siembra, cosecha, rendimiento, producción, rotación 1, 2 y 3. Se salva cambiando sólo el año siguiente (el plan se hace en junio del año en curso). Se hace un salvar como en dBase DBS para usarse en el siguiente paso. Se seleccionan las parcelas y se enlazan con Google Earth para que aparezcan en ese programa de forma interactiva y se despliegan de forma espectacular en el globo terráqueo.
- Se carga en Excel el DBS salvado y ahí aparece la tabla con todas las parcelas y sus datos correspondientes. Se le hacen los ajustes de formato de filas y columnas, fuente, bordes de celda, relleno, colores y demás atributos para su impresión en papel. Se generan tantas hojas de cálculo como se necesiten. Se salva el libro en formato xlsx para dejar de usar el obsoleto dbs.
- El trabajo de relleno de datos de la tabla de Mapinfow se debe hacer con la presencia al menos del presidente de la CPA y el jefe de producción, si están presente los jefes de lote es mejor para que quede el plan lo más cercano posible a la realidad y sean menores los cambios a lo largo del año gracias al consenso colectivo.

Los trabajos referidos en la presente tesis se realizaron desde el año 2008 hasta el 2024 en la CPA Mártires de Barbados de Rancho Luna, situada al sur del área protegida Guanaroca, con la costa al sur, la granja Santa Martina al este y el asentamiento de la CPA al oeste. Sus terrenos cultivables están a ambas orillas del río Arimao, próximo a su desembocadura. Tiene 750 Has, de ellas 200 dedicadas a los cultivos varios, con 170 irrigadas por pivotes eléctricos.

Los cultivos principales son granos, tales como maíz y frijoles, frutales (mango, guayaba y fruta bomba), viandas (boniato y yuca), plátano burro de seco, tomate, calabaza y otros en menor escala. Sus cosechas se comercializan en la placita del asentamiento en la feria de los sábados en Buena Vista, consumo social y mercados agropecuarios de la ciudad.

Los suelos son arenosos, de origen aluvial, con materiales transportados, humificados hasta un 2%, de profundidad media, llanos, carbonatados, sin piedras ni concreciones.

El clima es tropical, cálido y poco lluvioso debido a la proximidad de la cordillera de Guamuhaya que provoca la baja pluviosidad en la franja costera desde la boca del río Arimao hasta Trinidad.

Todas sus áreas de cultivos están atravesadas por una línea eléctrica que alimenta a las estaciones de bombeo y a los pivotes de riego. Son 5 pivotes de la marca Western, cuatro de altura estándar y uno de perfil alto.

Veremos ahora como se emplearon las tres herramientas informáticas:

### 3.1.1 Google Earth Pro.

Google Earth Pro es una herramienta geoespacial avanzada que permite a los usuarios explorar el planeta de manera detallada y precisa. A través de su rica interfaz, esta aplicación se ha convertido en un recurso valioso tanto para aficionados como para profesionales en diversas disciplinas, como la educación, la planificación urbana, la investigación científica y la gestión ambiental.

En primer lugar, Google Earth Pro proporciona a los usuarios imágenes satelitales de alta resolución, que permiten observar la superficie terrestre desde diversas perspectivas. Esta característica es especialmente útil en proyectos de investigación, donde los científicos pueden estudiar patrones geográficos y ambientales. Según el trabajo de Hay et al. (2013)<sup>25</sup>, "Google Earth Pro ha revolucionado el acceso a datos geoespaciales, permitiendo a los investigadores

integrar información visual y analítica de una manera que antes requería herramientas especializadas y costosas". Esta accesibilidad ha democratizado el uso de la información geoespacial, volviéndola accesible a un público más amplio.

Google Earth Pro se ha consolidado como una herramienta versátil y multifacética con aplicaciones en diversas disciplinas. Desde la educación hasta la planificación urbana y la investigación ambiental, sus características únicas permiten a los usuarios explorar y comprender el mundo de manera más efectiva. Las fuentes citadas en este trabajo destacan la importancia de esta herramienta en la democratización del acceso a la información geoespacial y su impacto positivo en diferentes campos del conocimiento. A medida que la tecnología avanza, es probable que Google Earth Pro continúe evolucionando, ofreciendo aún más capacidades y aplicaciones para aquellos que buscan entender nuestro planeta desde una perspectiva global. Un caso más reciente es Google Earth Engine, que integra además las facilidades de un sistema de información geográfica para la creación de capas con datos geoespaciales, pero a los cubanos se nos niega el acceso a esta herramienta.

Una vez abierto el programa, nos situamos en la parcela a procesar, con la combinación de teclas Win + N se orienta al norte la ventana, se da zoom para que el área de interés ocupe toda la pantalla sin que sobresalgan sus bordes, se insertan al menos tres puntos de referencia distribuidos triangularmente y se anotan sus coordenadas X, Y; preferiblemente en grados decimales para facilitar su uso. Primero se toma la coordenada de Longitud, con el signo de – porque en Cuba estamos al oeste del meridiano 0. Luego se anota la Latitud, tal como aparece.

Ahora corresponde guardar la imagen: Se abre el menú Archivo, se selecciona Guardar y aparece una nueva ventana donde se puede configurar como va a ser la imagen; título, subtítulo, escala, brújula. Yo prefiero desmarcar estas opciones para que quede limpia la imagen. Se selecciona la resolución o se deja la predeterminada, se guarda en la carpeta de trabajo y ya se puede cerrar el programa para ir al paso siguiente.

### 3.1.2 Mapinfo:

Mapinfo es un software de sistema de información geográfica (SIG) que ha adquirido una gran relevancia en el ámbito de la geografía, la planificación urbana y la gestión de recursos. Desde su creación en 1986, este programa ha evolucionado y se ha adaptado a las necesidades cambiantes de los profesionales que trabajan con datos geoespaciales. Este

epígrafe tiene como objetivo explorar las diversas aplicaciones de Mapinfow, explicando sus funcionalidades y citando fuentes que respaldan la información presentada.

Mapinfow permite a los usuarios visualizar, analizar y comprender datos geográficos de una manera que facilita la toma de decisiones informadas. Esta herramienta es especialmente útil en sectores como la planificación urbana, la gestión ambiental, el marketing y el transporte, entre otros. Según Smith y O'Connor (2018)<sup>26</sup>, "Mapinfow proporciona una interfaz intuitiva que permite a los usuarios crear mapas temáticos, realizar análisis espaciales y visualizar datos en tiempo real, lo que lo convierte en un recurso valioso para muchos profesionales".

Uno de los aspectos más destacados de Mapinfow es su capacidad para integrar diferentes tipos de datos, lo que permite realizar análisis multi-dimensionales. Los usuarios pueden combinar información demográfica, económica y ambiental para obtener una visión más completa de la situación en un área geográfica específica. Por ejemplo, en el ámbito de la planificación urbana, los urbanistas pueden utilizar Mapinfow para analizar la distribución de la población, la disponibilidad de servicios y la infraestructura existente. Esto les permite identificar áreas de crecimiento potencial y desarrollar planes que respondan a las necesidades de la comunidad (Jones, 2020)<sup>27</sup>.

Mapinfow también se ha utilizado con éxito en la gestión ambiental. Investigadores y organismos gubernamentales utilizan esta herramienta para monitorear y gestionar recursos naturales, evaluar el impacto ambiental de proyectos de desarrollo y planificar la conservación de áreas protegidas. Por ejemplo, el seguimiento de la deforestación o el análisis de la calidad del agua son tareas que se pueden llevar a cabo con la ayuda de Mapinfow (Martínez, 2022)<sup>28</sup>. Esto demuestra cómo las aplicaciones de Mapinfow no solo contribuyen al desarrollo económico, sino también a la sostenibilidad ambiental.

La flexibilidad de Mapinfow se ve reflejada en su capacidad para adaptarse a diferentes plataformas y tipos de datos. Los usuarios pueden importar y exportar datos de diversas fuentes, lo que facilita la colaboración entre diferentes departamentos y organizaciones. Además, la posibilidad de integrar Mapinfow con otras herramientas de análisis de datos, como Excel y bases de datos SQL, amplía aún más su funcionalidad y aplicabilidad (García, 2023).

Es importante destacar que, a pesar de sus múltiples ventajas, el uso de Mapinfow requiere de una capacitación adecuada para que los usuarios puedan aprovechar al máximo sus

capacidades. Existen diversas fuentes de formación, como cursos online, manuales y tutoriales que pueden facilitar la curva de aprendizaje. Como señala Romero (2021)<sup>29</sup>, "la capacitación en el uso de herramientas SIG como Mapinfow es crucial para los profesionales que buscan maximizar la efectividad de sus análisis geoespaciales".

Mapinfow se ha consolidado como una herramienta esencial en el campo de la geo informática, ofreciendo una variedad de aplicaciones que abarcan desde la planificación urbana hasta el análisis ambiental y el marketing. Su capacidad para integrar y analizar datos geoespaciales permite a diferentes sectores tomar decisiones informadas y basadas en evidencia. Al entender y utilizar MapInfo, los profesionales pueden no solo optimizar sus labores, sino también contribuir a un desarrollo más sostenible y equitativo en sus respectivas áreas de trabajo.

En el ámbito agrícola es infinita su aplicación, en la creación de múltiples capas de suelo, uso y tenencia de la tierra, catastro, cartografía, viales, hidrografía, desastres de inundaciones de los campos, rotación de cultivos, parcelación, división o unificación de parcelas, etc.

Este autor comenzó en 2009 con la versión 8 y actualmente utiliza la 15. Desde aquella época le realizó modificaciones al programa para adecuarlo al hispano hablante: mediante una herramienta de hacker lo descompiló en sus elementos internos y tradujo del inglés al español sus principales bibliotecas de vínculo dinámico (DLL), tales como mires850.dll, MFC71.dll, micore.dll y mires.dll; luego tradujo el menú y submenús (MAPINFOW.MNU). Estos ficheros se sobren escriben en la instalación en archivos de programa x86, MapInfo, Professional. Se hace lo mismo con el fichero MAPINFOW.PRJ que contiene ambos conos de proyección cartográfica para Cuba, "Lambert Conformal Conic (Cuba Norte)", 3, 70, 7, -81, 22.35, 21.7, 23, 500000, 280296.016 y "Lambert Conformal Conic (Cuba Sur)", 3, 70, 7, -76.83333, 20.71667, 20.13333, 21.3, 500000, 229126.939 que no aparecen en las versiones originales del programa, somos ignorados como país de este mundo. En esta labor de hormiga estuvo el autor varios meses para lograr el resultado esperado, recompiló los archivos modificados y los sigue empleando en las diferentes versiones que han estado apareciendo a lo largo de los últimos años; de este modo se obtiene un entorno de trabajo más amigable con cualquier usuario cubano.

Una vez ejecutado MapInfow, se procede a abrir la imagen satelital previamente guardada, se referencia asignado a cada punto los valores anotados de sus coordenadas y ya se puede comenzar a trabajar con las parcelas. Como ya se ha hecho esto en años anteriores, se abre

la capa del año anterior y se actualizan sus datos en cada cuadrante y parcela acorde a las condiciones presente. Una vez concluido este largo proceso se hace una salva para utilizarse en Excel, que será el paso final que se describe a continuación.

### 3.1.3 Excel:

En la era digital, el manejo y análisis de datos se ha convertido en una habilidad esencial en diversas disciplinas, desde la administración hasta la ingeniería, pasando por las ciencias sociales y la investigación académica. Uno de los programas más reconocidos y utilizados en este ámbito es Microsoft Excel. Desde su lanzamiento inicial en 1985, Excel ha evolucionado para convertirse en una herramienta poderosa y accesible, permitiendo a los usuarios gestionar y analizar datos de manera eficiente. Este ensayo examinará las características principales de Excel, su aplicación en diferentes sectores, y la importancia de citar fuentes al utilizar información contenida en hojas de cálculo.

#### Características Principales de Excel\*\*

Microsoft Excel es una aplicación de hojas de cálculo que permite el manejo de datos a través de filas y columnas, facilitando la organización y análisis de grandes volúmenes de información. Entre sus características más destacadas se encuentran: la capacidad de realizar cálculos complejos mediante fórmulas y funciones, la creación de gráficos que visualizan los datos de manera efectiva, la utilización de tablas dinámicas que permiten la consolidación de información y el análisis de tendencias, así como la posibilidad de automatizar tareas repetitivas mediante macros.

Asimismo, Excel ofrece herramientas para la validación de datos, permitiendo a los usuarios establecer reglas que aseguran la entrada precisa de información. Esta función es esencial en entornos donde la calidad del dato es crítica. Además, la opción de colaboración en tiempo real a través de Excel en línea ha permitido que varios usuarios trabajen simultáneamente en un mismo documento, aumentando así la productividad y facilitando el trabajo en equipo.

La versatilidad de Excel ha llevado a su adopción en múltiples sectores. En el ámbito empresarial, se utiliza para la elaboración de presupuestos, análisis de ventas, y seguimiento de inventarios. Las empresas pueden crear tablas dinámicas para extraer información crucial sobre sus operaciones y presentar estos datos en formatos fácilmente interpretables. Según Evans (2020)<sup>30</sup>, "Excel es un recurso invaluable para los analistas de negocios, ya que permite

la creación de modelos financieros precisos que son fundamentales para la toma de decisiones”.

Microsoft Excel se ha consolidado como una herramienta indispensable para el manejo y análisis de datos en múltiples sectores. Su capacidad para facilitar cálculos, visualizaciones, y el análisis de grandes volúmenes de información ha transformado la forma en que se aborda la información en el mundo moderno.

Al ejecutar Excel se carga el fichero guardado por MapInfow que ya viene con los datos de cada parcela, en lo concerniente a Lote, Cuadrante, Área, Cultivo Inicial, Fecha de Siembra, Fecha de Cosecha, Rendimiento, Producción; Rotación 1 con sus fechas, rendimiento y producción; igual para las rotaciones 2 y 3, finalmente la producción del año.

Esta metodología, una vez concluida, revisada y aprobada por la dirección de la cooperativa se le entrega a la económica, lo imprime y pasa sus datos al modelo oficial.

Así queda concluido el Plan de Producción. Mensualmente se actualiza pues hay cambios de fechas, cultivos u otros. Además, mediante las nuevas imágenes se va monitorizando su cumplimiento.

La validación del trabajo estuvo dada por las consultas frecuentes de los jefes de finca para conocer áreas, cambios en las imágenes, unificación o división de parcelas y sustitución de cultivos. Se les consulta a los productores la pertinencia de los planes generados por esta metodología para que emitieran sus criterios e insatisfacciones.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Evaluación de los resultados de la aplicación de la metodología por años:

1. Desde el año 2008 se están adquiriendo imágenes satelitales de la CPA, cuando el autor fue adiestrado por el Dr. Alejandro Socorro, director del CETAS en aquel año. Se actualizan todos los años antes de confeccionarse el plan. Durante el año calendario al que corresponde el plan, se van haciendo modificaciones basadas en lo que realmente está ocurriendo en las parcelas, con imágenes más actualizadas.
2. Las imágenes son procesadas en la SIG Mapinfo, donde son georreferenciadas, actualizados sus polígonos correspondientes a las parcelas y cuadrantes de los pivots de riego y se le introducen los nuevos datos a la tabla. Se consensua con los directivos de la CPA y se le entrega a la económica para que haga el volcado en el modelo oficial que se entrega al MINAG y a la ONEI
3. Se imprimen las hojas de cálculo de Excel: Portada, Total, Resumen, Pívor 1, 2, 3, 4, 5 y 6 y realengos; conformándose una carpeta para uso del presidente, el jefe de producción y los jefes de lote durante todo el año, tal como se ve en las siguientes tab las:

Tabla 1: Página de presentación del plan.

# CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS"

PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVO DE LA CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS"

2024



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Totales de todas las parcelas y cuadrantes.

CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS 2024																							
PIVOTCUADRA	ÁRE	CULTIVO INICI	SIEMBR	COSECH	REN	BDU	ROTACIÓN 1	SIEMBR	COSECHA	REN	BDU	TAC	SIEMBR	COSECHA	REN	PRODUC	ROTACIO	SIEMBR	COSECH	RODUC 2	Qq		
1	1	4,3	FRJOL	15/11/2022	15/12/2023	0,3	2,2	MAÍZ	20/12/2023	20/12/2023	0,8	3,4	FRJOL	15/11/2023	24					5,6	122		
	2	12,0	FRJOL					MAÍZ	15/12/2023	15/12/2023	0,8	3,6	FRJOL	10/11/2023	24					19,6	339		
	4	7,7	FRJOL	30/11/2022	30/12/2023	0,5	3,8	PLATANO VIANDA	15/12/2023	2024		0,0								3,8	83		
	5	5,7	PLÁTANO BURR	5/5/2020	5/3/2021	3,0	17,2					0,0									17,2	374	
	1,0							PLATANO FRUTA	15/6/2023	2024	3,0	9,0								9,0	196		
	5,9							YUCA	15/12/2023	15/12/2023	3,0	17,7								17,7	365		
TOTAL	3	0,3	MANGO	2013	17231/1723	6,0	2,0													2,0	44		
TOTAL	3	31,0						5												39,7	71,0	1543	
2	1	2,9	FRJOL	10/12/2022	15/12/2023	0,5	1,4	MAÍZ	15/12/2023	15/12/2023	0,8	2,3	CALA	15/12/2023	24					3,7	81		
	1B	8,6						MAÍZ	30/11/2023	30/11/2023	1,0	14,0								14,0	304		
	2	8,1						PLATANO VIANDA	30/11/2023	30/11/2023	1,0	14,0								10,7	232		
	3	8,2	FRJOL	15/11/2022	28/12/2023	0,5	4,1	MAÍZ	15/12/2023	15/12/2023	0,8	5,5	FRJOL	25/11/2021	25/12/2024						14,2	309	
	4	5,0						FRUTA BOMBA	28/12/2023	28/10/2023	11,0	14,2									14,2	309	
	TOTAL	5	32,8						4												42,6	926	
3	1A	1,8	TOMATE	28/11/2024	30/9/2024	0,0	0,0	FRJOL	1/1/2024	abr-24	0,5	1,3	FRUT	15/12/2024	25/11/2024					1,3	28		
	1B	2,3	VACIO					CALABAZA	1/2/2024	1/1/2024	3,0	6,3	FRJOL	1/12/2024	1/11/2025					6,9	150		
	1C	3,5	VACIO					CALABAZA	1/1/2024	1/6/2024	3,0	10,5	MAÍZ	1/12/2024	oct-24	1,0	3,5			14,0	304		
	2	4,1	FRUTA BOMBA	1/4/2023	1/1/2024	10,0	41,0					0,0								41,0	891		
	3	1,3	VACIO									0,0								0,0	0		
	4	11,0	FRJOL	20/11/2024	20/12/2024	0,0	0,0	MAÍZ	30/9/2024	30/10/2024	1,0	11,0	FRJOL	15/12/2024	25					11,0	239		
TOTAL	6	24,0						4												29,7	613		
4	1	4,3	VACIO					CALABAZA	2/11/2024	2/15/2024	3,0	12,8	BONI	2/11/24	20/3/2024	3,0	38,4	YUCA	10/10/24	2025	51,2	1114	
	2	5,8	BONIATO	15/12/2023	15/12/2024	9,0	51,8	CALABAZA	3/5/2024	3/10/2024	3,0	51,8	FRJOL	15/11/24	2025					0,0	103,5	2250	
	3	4,4	CALABAZA	10/3/2023	25/1/2024	9,0	40,0	CALABAZA	2/12/2024	2/15/2024	4,0	17,8	FRUT	20/1/24	2025					0,0	57,7	1255	
	4	4,3	BONIATO	3/11/2024	3/6/2024	9,0	39,0	CEBOLLA	5/11/2024	5/2/2025		0,0								0,0	39,0	847	
	4A	0,5	BONIATO	10/10/2023	10/11/2024	9,0	4,1	CEBOLLA PEPINO	1/1/2024	abr-24		0,0								0,0	3,1	67	
	TOTAL	4	19,2						5												82,3	174,4	5466
5	1	3,6	FRJOL	1/12/2023	1/12/2024	1	3,6	MAÍZ	25/1/2024	25/1/2024	1,0	3,6	CALA	25/11/2024	25					7,2	157		
	2	2,8	GUAYABA	15/4/2024	15/4/2025																		
	2	10,2	NO APTO					MAÍZ	20/5/2025	20/10/2024	1,0	3,8	FRJOL	15/12/2024	25					38,0	826		
	3	3,8	CALABAZA	1/11/2024	1/4/2024	9,0	34,2	MAÍZ	15/12/2024	1/10/2024	1,0	5,6	FRJOL	OCT/24/NOV/24	25						11,2	243	
	4	5,6	FRJOL	23/11/2020	15/12/2024	1,0	5,6	MAÍZ	15/12/2024	1/10/2024	1,0	5,6	FRJOL	OCT/24/NOV/24	25						45,2	983	
	TOTAL	4	20,4						2												7,4	157	
6	1	0,5						HABICHUELA	15/5/2024	15/7/2024	0,8	0,4	TOMA	1/6/2024	15/12/2024	20,0	10,0	HORTALIZAS	OCT	24	10,4	226	
	2	0,5						COL	15/5/2024	15/8/2024	20,0	10,0	PEPI	1/12/2024	1/11/2024	8,0	4,0	TOMATE	15/9/2023	*****	14,0	304	
	TOTAL	2	1,0																		14,0	24,4	530
	TOTAL	24	***	20					25												10,4	226	
	TOTAL	24	***	20					25												52,4	625,6	13'600
	TOTAL	24	***	20					25												52,4	625,6	13'600

Realizado: Osmani García Gómez Revisado: Gerónimo Muñoz Ercía Aprobado: Manuel Barreto Actualizado: 10-sep-24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Tabla resumen por cada cultivo.

CULTIVO	INICIAL Ha	Rotación 1 Ha	Rotación 2 Ha	A cosechar en 2022 Ha	Total a sembrar Ha	Rendimiento riego y paq. tec T/Ha	Producción estimada en 2022 Ton
Frijol	23,02		20,54	23,02	20,54	1,0	23,0
Tomate	7,66		7,68	7,66		7,0	53,6
Boniato	3,36	7,86	2,31	13,53	10,17	9,0	121,8
Yuca	10,33	6,69		17,02	6,69	7,0	119,1
Calabaza	15,31	7,68	13,45	22,99	21,13	3,5	80,5
Maiz tierno		18,45	2,86	21,31	21,31	2,0	42,6
Hortalizas	1,19	2,09		3,28	3,28	1,0	3,3
Plátano Fruta	3,84			3,84		10,0	37,0
Plátano Vianda	28,11			28,11	0,00	7,0	196,8

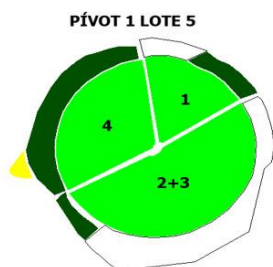
<b>Plátano Burro</b>	<b>22,40</b>	8,93		<b>31,33</b>	<b>8,93</b>	10,3	<b>322,7</b>
<b>Fruta Bomba</b>	<b>1,12</b>	21,47		<b>1,12</b>	<b>21,47</b>	17,0	<b>19,0</b>
<b>Mango</b>	<b>13,40</b>			<b>13,4</b>		7,0	<b>93,8</b>
<b>Guayaba</b>	<b>1,22</b>				<b>0,00</b>	10,0	
<b>TOTAL</b>	<b>131,0</b>	<b>73,17</b>	<b>46,8</b>	<b>186,6</b>	<b>113,5</b>	<b>7,1</b>	<b>1113,2</b>

<b>GRANOS</b>	<b>23,0</b>	<b>18,5</b>	<b>23,4</b>	<b>44,3</b>	<b>41,9</b>	<b>1,33</b>	<b>65,6</b>
<b>VIANDAS</b>	<b>64,2</b>	<b>23,5</b>	<b>2,3</b>	<b>90,0</b>	<b>25,8</b>	<b>8,33</b>	<b>760,4</b>
<b>HORTALIZAS</b>	<b>24,2</b>	<b>9,8</b>	<b>21,1</b>	<b>33,9</b>	<b>24,4</b>	<b>6,65</b>	<b>137,37</b>
<b>FRUTALES</b>	<b>43,9</b>	<b>21,5</b>	<b>0,0</b>	<b>42,6</b>	<b>21,5</b>	<b>11,00</b>	<b>149,8</b>
<b>TOTAL</b>	<b>155,2</b>	<b>73,17</b>	<b>46,84</b>	<b>210,88</b>	<b>113,52</b>	<b>27,31</b>	<b>1113,2</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Plan de producción y rotación de cultivos del Pívor 1.

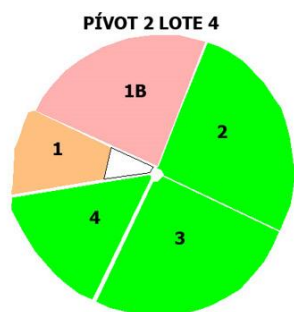
CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 PÍVOT-1 LOTE 5																
PÍVOT	CUADRANTE	ÁREA	CULTIVO INICIAL	SIEMBRA	COSECHA	REND.	PRODUCCIÓN	ROTACIÓN 1	SIEMBRA 1	COSECHA 1	REND. 1	PRODUC. 1	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	PRODUC. 2023	QQ
1	1	4,3	FRIJOL	15/11/2022	15/2/2023	0,5	2,2	MAÍZ	20/4/2023	20/9/2023	0,8	3,4	FRIJOL	10/11/2023	5,6	122
	2+3	12,0	FRIJOL	15/12/2022	15/3/2023	0,5	6,0	MAÍZ	15/4/2023	15/9/2023	0,8	9,6	FRIJOL	10/11/2023	15,6	339
	4	7,7	FRIJOL	30/11/2022	30/3/2023	0,5	3,8	PLATANO VIANDA	15/4/2023	2024					3,8	83
		5,7	PLÁTANO BURRO	5/5/2020	5/3/2021	3,0	17,2								17,2	374
		1,0						PLATANO FRUTA	15/6/2023	2024					0,0	0
		5,9						YUCA	15/4/2023	15/12/2023	3,0	17,7			17,7	385
		0,3	MANGO	2013	7/231/7/23	6,0	2,0								2,0	44
TOTAL	3	37,0	5				29,2	5				30,7		62,0	1348	



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Plan de producción y rotación de cultivos del Pívor 2.

CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 PÍVOT-2 LOTE 4																	
PÍVOT	CUADRANTE	ÁREA	CULTIVO INICIAL	SIEMBRA	COSECHA	REND.	PRODUCCIÓN	ROTACIÓN 1	SIEMBRA 1	COSECHA 1	REND. 1	PRODUC. 1	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	COSECHA 2	PRODUC. 2023	QQ
2	1	2,9	FRIJOL	10/12/2022	15/2/2023	0,5	1,4	MAIZ	15/3/2023	15/8/2023	0,8	2,3	CALABA	15/9/2023	24	3,7	81
	1B	8,6															
	2	8,1						PLATANO VIANDA	30/1/2023	30/8/2023	7,0	14,0				14,0	304
	3	8,2	FRIJOL	15/11/2022	28/2/2023	0,5	4,1	MAIZ	15/4/2023	15/9/2023	0,8	6,6	FRIJOL	25/11/2021	25/2/2024	10,7	232
	4	5,0						FRUTA BOMBA	28/2/2023	28/10/2023	17,0	14,2				14,2	309
TOTAL	5	32,8	2				5,5	4				37,0	2		42,6	926	



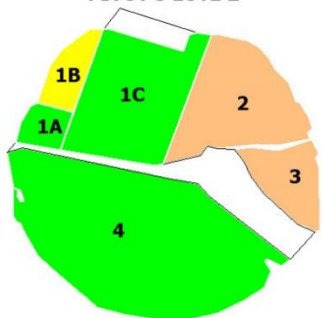
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Plan de producción y rotación de cultivos del Pívor 3.

**CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 PÍVOT-3 LOTE 3**

PÍVOT	CUADRANTE	ÁREA	CULTIVO INICIAL	SIEMBRA	COSECHA	REND.	PRODUC.	ROTACIÓN 1	SIEMBRA 1	COSECHA 1	REND. 1	PRODUC. 1	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	COSECHA 2	PRODUC. 2021	QQ
<b>3</b>	1A	0,8	TOMATE/YUCA	25/1/2023	30/5/2023	20,0	16,0	GUAYABA	10/10/2023	24						16,0	348
	1B	1,2	GUAYABA	26/1/2021	26/12/2021	5,0	6,1									6,1	
	1C	6,0						CALABAZA	1/2/2023	1/7/2023	2,7	16,2	GUAYABA	10/8/2023	24	16,2	352
	2	5,3						MAIZ	15/2/2023	15/7/2023	0,8	4,2	CALABAZA	1/9/2023	24	4,2	92
	3	2,1	FRIJOL	16/1/2022	21/4/2022	0,5	1,0	FRUTA BOMBA	20/5/2023	25/11/2023	17,0	3,0				4,0	88
4	13,8	FRIJOL	20/1/2023	20/4/2023	0,5	6,9	MAÍZ	30/4/2023	15/9/2023	0,8	11,0	FRIJOL	15/11/2023	24	17,9	389	
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>29,2</b>	<b>4</b>				<b>30,0</b>	<b>5</b>				<b>34,4</b>	<b>3</b>			<b>64,5</b>	<b>1269</b>

**PÍVOT 3 LOTE 2**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Plan de producción y rotación de cultivos del Pívor 4.

**CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 PÍVOT-4 LOTE 7**

PÍVOT	CUADRANTE	AREA	CULTIVO INICIAL	SIEMBRA	COSECHA	REND.	PRODUC.	ROTACIÓN 1	SIEMBRA 1	COSECHA 1	REND. 1	PRODUC. 1	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	COSECHA 2	REND. 2	PRODUC. 2	PRODUC. 202	QQ
<b>4</b>	1	4,3						YUCA	21/2/2023	21/9/2023	3,0	12,8	CALABAZA	20/10/23	24			12,8	
	2	5,7	FRIJOL	15/12/2022	15/3/2023	0,5	2,9	MAIZ	21/4/2022	21/7/2022	0,8	4,6	TOMATE	15/9/23	15/12/23	20,0	114,6	122,0	2653
	3	4,2	FRIJOL	24/11/2022	25/1/2023	0,5	2,1	MAIZ TIERNO	21/2/2023	21/5/2023	0,8	3,3	CALABAZA	20/6/23	20/11/23	3,0	12,5	17,9	389
	4	4,3	MAÍZ	3/1/2023	3/6/2023	0,8	3,5	CALABAZA	5/7/2023	5/12/2023	3,0	13,0						16,4	357
	4A	0,4	AJI	8/1/2023	8/6/2023	2,0	0,7	YUCA	15/7/2023	24								0,7	278
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>18,9</b>	<b>3</b>				<b>9,1</b>	<b>5</b>				<b>33,7</b>	<b>3</b>				<b>127,1</b>	<b>169,2</b>	<b>3399</b>

**PÍVOT 4 LOTE 7**

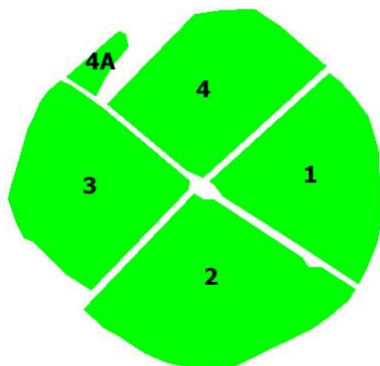
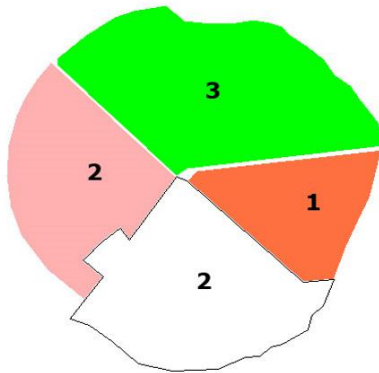


Tabla 8. Plan de producción y rotación de cultivos del Pívo 5.

CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 PÍVOT-5 LOTE 8																		
PÍVOT	CUADRANTE	ÁREA	CULTIVO ACTUAL	SIEMBRA	COSECHA	REND.	PRODUC.	ROTACIÓN 1	SIEMBRA 1	COSECHA 1	REND. 1	PRODUC. 1	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	COSECHA 2	PRODUC. 2023	QQ	
5	1	3,60	FRIJOL	1/12/2023	1/3/2024	1	3,6	MAIZ	25/4/2024	25/9/2024	1,0	3,6				7,2	157	
	2	10,20																
	3	3,80	CALABAZA	1/1/2024	1/4/2024	9	34,2	MAIZ	20/5/2025	20/10/2024	1	3,8	FRIJOL	15/12/2024	25/1/1900	38,0	826	
TOTAL	3	17,60	2				37,8	2				7,4	1			45,2	983	

PÍVOT 5 LOTE 8

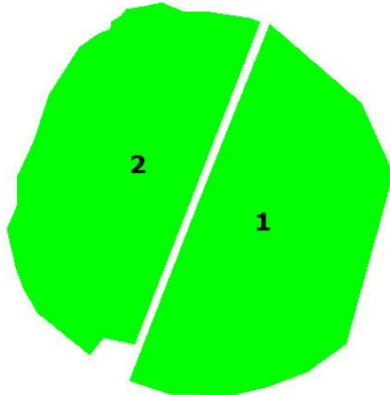


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Plan de producción y rotación de cultivos del Pívo 6.

CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 PÍVOT-6 LOTE 2																						
PÍVOT	CUADRANTE	AREA	CULTIVO INICIAL	SIEMBRA	COSECHA	REND.	PRODUC.	ROTACIÓN 1	SIEMBRA 1	COSECHA 1	REND.	PRODUC.	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	COSECHA 2	REND.	PRODUC.	ROTACIÓN 2	SIEMBRA 2	COSECHA 2	PRODUC. 2023	QQ
6	1	0,5	COL/TOMATE	15/11/2022	28/2/2023	20,0	10,0	HABICHUELA	15/3/2023	15/5/2023	0,8	0,4	TOMATE	1/7/2023	15/9/2023	20,0	10,0	ORTALIZAS	OCT	24	20,4	443
	2	0,5					0,0	COL	15/2/2023	15/5/2023	20,0	10,0	PEPINO	1/6/2023	1/8/2023	8,0	4,0	TOMATE	15/9/2023	30/12/2023	14,0	304
TOTAL	1	0,50					10,0					0,4					10				34,4	748

PÍVOT 6 LOTE 2



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Plan de producción y rotación de cultivos de los Realengos.

CPA "MÁRTIRES DE BARBADOS" PLAN DE ROTACIÓN DE CULTIVOS PARA EL 2024 REALENGOS

Lote	Campo	Área	Cultivo Inicial	Siembra	Cosecha	Rend. T/Ha	Producción	Rotación 1	Siembra 1	Cosecha 1	Producción 2021	QQ
2	6	0,7	FRUTALES									
	7	0,7	CAFÉ									
	1	2,5	PLÁT. BURRO	15/8/2022	15/8/2023	3,0	3,1				3,1	67
	2	2,9	PLÁT. BURRO	1/11/2020	1/7/2021	3,0	8,6				8,6	187
	3	2,0	PLAT. FRUTA	2015	2016	0,0	0,0	FRUTA BOMBA	15/5/2023	2024		
	4	1,2	PLÁT. BURRO	15/9/2022	15/9/2023	3,0	3,5				3,5	75
	5	2,6	PLÁT. BURRO	1/12/2020	1/9/2021	3,0	7,8				7,8	170
<b>TOTAL</b>	7	12,5	7				23,0	1			23,0	499
3	8	3,6	MANGO	1/7/2009	1/7/2021	7,0	25,2				25,2	548
5	9	7,0										
7	10	9,8	MANGO	1/7/2009	1/7/2021	7,0	68,6				68,6	1491
<b>SUBTOTAL</b>	10	32,9				116,8				116,8		2538



Fuente: Elaboración propia.

Por todos estos años el método ha demostrado ser útil para la dirección de la cooperativa, se consulta frecuentemente con el autor las medidas del área de las diferentes parcelas, se recurre a las imágenes para satisfacer entregas de tierras a usufructuarios y estas se llevan a la delegación municipal y Geocuba para la gestión de la autorización.

#### 4.2 Resultados del modelo de validación a los jefes de fincas:

Tabla 11: Finca Pívor 3 lote 3.

Año	Contenido de la encuesta	Útil		Observaciones
		Si	No	
2016	Te resultó práctico y útil el método.	x		Conocí el área real de los cuadrantes.
2017	Te resultó práctico y útil el método.	x		Cálculo correcto de la cantidad de semillas
2018	Te resultó práctico y útil el método.	x		Solicitud de maquinaria ajustada al plan
2019	Te resultó práctico y útil el método.	x		Pedido de agua adecuado.
2020	Te resultó práctico y útil el método.	x		Planificación más ajustada de la electricidad.
2021	Te resultó práctico y útil el método.	x		Contratación de la producción
2022	Te resultó práctico y útil el método.	x		Pago a los trabajadores ajustado al área real medida.
2023	Te resultó práctico y útil el método.	x		Solicitud del seguro de cultivos con precisión del área.
2024	Te resultó práctico y útil el método.	x		Planificación de las siembras, producción y cosechas.

Fuente: Elaboración propia.

El autor atiende una máquina de riego en Cabaiguan, Sancti Spíritus y le ha proporcionado todos los datos de las parcelas y comprobado que el propietario, desde su teléfono móvil, los emplea para el pago del trabajo terminado a los empleados en campaña de siembra, cultivo y cosecha.



Fig. 1. Vista del pívot de Cabaiguan, con medición de todas sus parcelas a pedido del dueño.

Se conoce que este método, o algo parecido se utilizó cuando la pandemia, donde se colocaban puntos en las imágenes correspondientes a las residencias de los enfermos, obteniéndose mapas muy interesantes de distribución espacial de la epidemia y cadenas de contagio. La dirección del país los utilizaba para la toma de decisiones y la planificación del enfrentamiento.

En las últimas décadas, las Tecnologías de la Información Geográfica (SIG) han emergido como herramientas fundamentales en el ámbito de la salud pública, especialmente en el seguimiento y control de pandemias. Estas tecnologías permiten la recopilación, análisis y visualización de datos geospaciales, facilitando una comprensión más profunda de la propagación de enfermedades a través del espacio y el tiempo.

Un ejemplo destacado del uso de las SIG en el manejo de pandemias es la respuesta a la pandemia de COVID-19. A nivel mundial, diversas organizaciones, como la Organización

Mundial de la Salud (OMS) y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), han utilizado sistemas de información geográfica para rastrear la propagación del virus, identificar áreas de alto riesgo y analizar patrones de contagio (Wong et al., 2020). Los mapas interactivos han permitido a los responsables de salud pública visualizar datos en tiempo real, lo que ha sido crucial para la toma de decisiones informadas y la asignación de recursos de manera efectiva.

Además, las SIG no solo son útiles para el seguimiento de la enfermedad, sino también para la planificación de intervenciones. Por ejemplo, el análisis geoespacial puede ayudar a identificar comunidades vulnerables que requieren atención prioritaria o recursos médicos, así como optimizar las estrategias de vacunación. Según Elbe y Buckland (2020)<sup>31</sup>, la integración de las SIG en la preparación y respuesta ante pandemias mejora la eficacia de las campañas de salud pública al proporcionar un enfoque basado en datos.

el uso de las SIG representa una herramienta invaluable en el seguimiento de pandemias, permitiendo a las autoridades sanitarias gestionar la información de manera más eficiente y adaptativa. A medida que enfrentamos nuevos desafíos epidemiológicos, la incorporación de estas tecnologías en la planificación y respuesta se vuelve cada vez más crucial para la protección de la salud pública.

En el campo agrícola su aplicación puede ser en todas las ramas: cultivos varios, ganadería, forestal, café, tabaco, apicultura, red de comercialización, mecanización, transporte y otros.

Las Tecnologías de Información Geográfica (SIG) han emergido como herramientas fundamentales en el ámbito agrícola, revolucionando prácticas tradicionales y mejorando la toma de decisiones. Estos sistemas permiten la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales, facilitando la gestión eficiente de los recursos agrarios.

En la agricultura de precisión, los SIG desempeñan un papel crucial al proporcionar información sobre variables como la topografía, el tipo de suelo y la distribución de cultivos. Según Mannan et al. (2020)<sup>32</sup>, el uso de SIG permite a los agricultores identificar zonas con características específicas dentro de un campo, lo que optimiza la aplicación de insumos, como fertilizantes y pesticidas, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental. Este enfoque contribuye a un uso más sostenible de los recursos naturales, alineándose con los objetivos del desarrollo agrícola sostenible.

Además, los SIG son esenciales en la planificación de cultivos, ya que facilitan la evaluación de factores climáticos y de mercado. Un estudio realizado por Aceves-López y Santos-Carrillo (2021)<sup>33</sup> destaca que el análisis espacial de datos climáticos ayuda a los agricultores a seleccionar las especies más adecuadas para cada región, mejorando así la productividad y garantizando la seguridad alimentaria.

Por otro lado, la gestión de riesgos es otra área donde los SIG muestran su relevancia. A través de la cartografía de riesgos, los productores pueden prever y mitigar los efectos de fenómenos climáticos adversos, tales como sequías o inundaciones. La incorporación de datos de satélites en tiempo real permite una respuesta rápida y eficaz, salvaguardando la inversión y el rendimiento de los cultivos (Zhang et al., 2019)<sup>34</sup>.

En conclusión, el uso de las SIG en la agricultura representa un avance significativo hacia un manejo más eficiente y sostenible de los recursos agrarios. Estas herramientas permiten a los productores adaptarse a un entorno cambiante, optimizando su producción y contribuyendo así al fortalecimiento del sistema alimentario global.

## Conclusiones.

A partir de los resultados de esta investigación se llega a las siguientes conclusiones generales:

1. En la CPA se emplean las imágenes satelitales desde el 2008 para la observación de sus áreas de cultivos y de la ganadería, para la actualización del catastro con GeoCuba y el Control de la Tierra de la Delegación Municipal de la Agricultura y, desde el 2016 se utilizan para la confección del plan de la economía de la cooperativa, demostrando en su aplicación eficiencia, confiabilidad, flexibilidad y pertinencia. A partir de ese plan se generan además las demandas de agua, energía eléctrica, combustibles y preparación de suelo; así como los planes de acopio desglosados por meses y productos.
2. Las imágenes son procesadas posteriormente en Mapinfo y allí se le actualizan todos los datos de área, cultivo, rotación, rendimiento y producción aportando nuevos conocimientos reales de las áreas, índices de consumo, uso eficiente de la maquinaria, las fechas de las producciones, rendimientos esperados y producciones por cada cultivo.
3. Al final del trabajo se presentan los resultados en una carpeta impresa para uso de la dirección de la cooperativa. Se genera además una presentación en tiempo real (previa conectividad a Internet) en Google Earth donde se visualiza el plan por parcelas y cuadrantes y con un clic sobre estas se despliegan sus datos en una ventana emergente. Se validó el método empleado para generar los diferentes planes con encuestas a los finqueros, que aprobaban su utilidad para su trabajo durante todo el año.
4. Se comprueba la utilidad de su uso en otras formas productivas cuando en el 2016 el delegado de la agricultura utiliza esta metodología en las principales empresas de cultivos varios de la provincia y comprobó que le facilitaba el trabajo durante sus encuentros semanales con los directores de estas.

## Recomendaciones:

1. Continuar con la implementación de esta metodología en la CPA Mártires de barbados, manteniendo un seguimiento a la extensión de los resultados a otras formas productivas del territorio y el país.
2. Someter a la consideración del ministerio de la agricultura y de las diversas organizaciones vinculadas al sector campesino y agro alimentario en general los resultados de la investigación con vista a su extensión.
3. Continuar la divulgación de los resultados mediante el extensionismo, artículos e impartición de conferencias en sesiones científicas y en cursos de formación en esta rama del saber.
4. Poner a disposición de los diferentes tipos de enseñanza los resultados para su utilización en la formación de pregrado vinculado al sector agropecuario.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceves-López, J., & Santos-Carrillo, F. (2021). GIS in Agricultural Planning: Towards Sustainable Crop Management. *Sustainable Agriculture Research*, 10(2), 45-56.
- Álvarez Portal, R. (2012). Los ojos del hombre en el espacio: percepción remota satelital. [studylib.com](http://studylib.com)
- Barradas, C., Pablo, D., y Villanueva, N. (2020). La óptima gestión de recursos hídricos en la agricultura: Un enfoque desde la geomática. *Revista de Agricultura Sostenible*, 12(3), 175-189.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Elbe, S., & Buckland, W. (2020). Strategic Prioritization of Global Health Risks: The Role of Geospatial Analysis. *Global Health*, 16 (1), 1-5.
- Evans, D. (2020). The Role of Excel in Business Analysis. *Journal of Business Analytics*, 5(2), 123-138.
- Excel 2019 .Características de la última versión de Excel 2019 Excel. Just EXW. Consultado el 28 de junio de 2022.
- FAO. (2019). The State of Food and Agriculture 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [\\_fao.org](http://fao.org)
- FAO. (2021). The State of Food and Agriculture 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [\\_fao.org](http://fao.org)
- Gómez, A., & Fernández, R. (2019). La educación en SIG y percepción remota: un reto para el desarrollo sostenible en Cuba. *Revista de Educación Ambiental*, 12(1), 75-84.
- Goodchild, M. F., & Glennon, J. A. (2010). *Vector Data Quality*. In *Geographic Information Science and Systems*. John Wiley & Sons.
- Gutiérrez, L., Martínez, R., y Salinas, J. (2017). Capacitación y uso de tecnologías geomáticas en el campo agrícola. *Agricultura y Tecnología*, 29(1), 45-59.
- Hay, G. J., Wright, D. J., & Turner, A. (2013). The Rise of Google Earth Pro in Geospatial Research. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(7), 1341-1359.

- IFPRI. (2020). Agricultural Innovation: Critical for the Future of Food Security. International Food Policy Research Institute. [ifpri.info](http://ifpri.info)
- Jiang, Y., Li, J., & Liu, H. (2019). Applications of GIS in Environmental Assessment and Monitoring. *Environmental Science & Policy*, 19(7), 344-358.
- Jochem, E., Thoma, G., & Müller, A. (2020). The impact of satellite data on agricultural efficiency: A review. *Remote Sensing of Environment*, 238, 111129.
- Jones, T. (2020). *Herramientas de planificación urbana y su impacto*. Urban Studies Journal.
- Lauder, T., & Evans, A. J. (2012). Training the Next Generation of Geospatial Professionals: Learning Needs Assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(1), 84-102.
- Lillesand, K y Chipman. (2015). Una obra fundamental en el campo de la teledetección. Pragationline.com
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2014). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333 (6042), 616-620.
- López-Gunn, E., Pérez, E., y Flores, J. (2013). Las tecnologías de información geográfica en gestión agrícola. *Investigaciones Agrarias*, 21(2), 89-100.
- Mannan, M. S., Shafique, M. S., & Pasha, M. F. (2020). Application of GIS Technology in Precision Agriculture. *Journal of Agriculture and Environmental Ethics*, 33(4), 579-595.
- Martínez, R. (2021). Monitoreo ambiental utilizando MapInfow . Ecología y Desarrollo Sostenible. Studocu.com
- Martínez, R. (2022). *Monitoreo ambiental utilizando MapInfo*. Ecología y Desarrollo Sostenible.
- NASA. (2021). Título del artículo. *Revista de Exploración Espacial*. <https://ciencia.nasa.gov>
- Pereira, J., Silva, A., y Camacho, J. (2019). Monitoreo de cultivos mediante teledetección: Un análisis de casos. *Environmental Science & Policy*, 10(4), 233-243.
- Pérez et al. (2022). Publicado en la Revista Cubana de Ciencias Agrarias. Ecured.cu
- Rodríguez, I., & Santos, J. (2021). Estrategias de optimización agrícola mediante SIG en Cuba: un análisis de caso. *Agroecología y Desarrollo Sostenible*, 23(4), 87-94.
- Romero, C. (2021). *Formando profesionales en SIG: los retos y oportunidades*. Educación y Tecnología en Geoinformática.

- Smith, J., & O'Connor, N. (2018). *La evolución de los sistemas de información geográfica. Geografía y Sistemas de Información.*
- Zhang, L., Liu, Z., & Huang, X. (2019). Use of Remote Sensing and GIS for Risk Management in Agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12(1), 1-10.
- Zhang, L., Liu, Z., & Huang, X. (2020). Use of Remote Sensing and GIS for Risk Management in Agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering.*
- Zhen, L., Wang, Y., y Liu, Y. (2021). Agricultura de precisión y su beneficio económico: Un estudio sobre el uso de tecnologías geomáticas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 15(2), 67-81.
- Zhou, Y., Wang, Y., & Liu, H. (2021). The Role of Remote Sensing and Drones in Environmental Management. *Remote Sensing of Environment*, 255, 112251.

## 8. ANEXOS Y TABLAS:



Fig. 1 Vista satelital de la CPA de junio del 2022. Nótese su parcelación claramente definida.

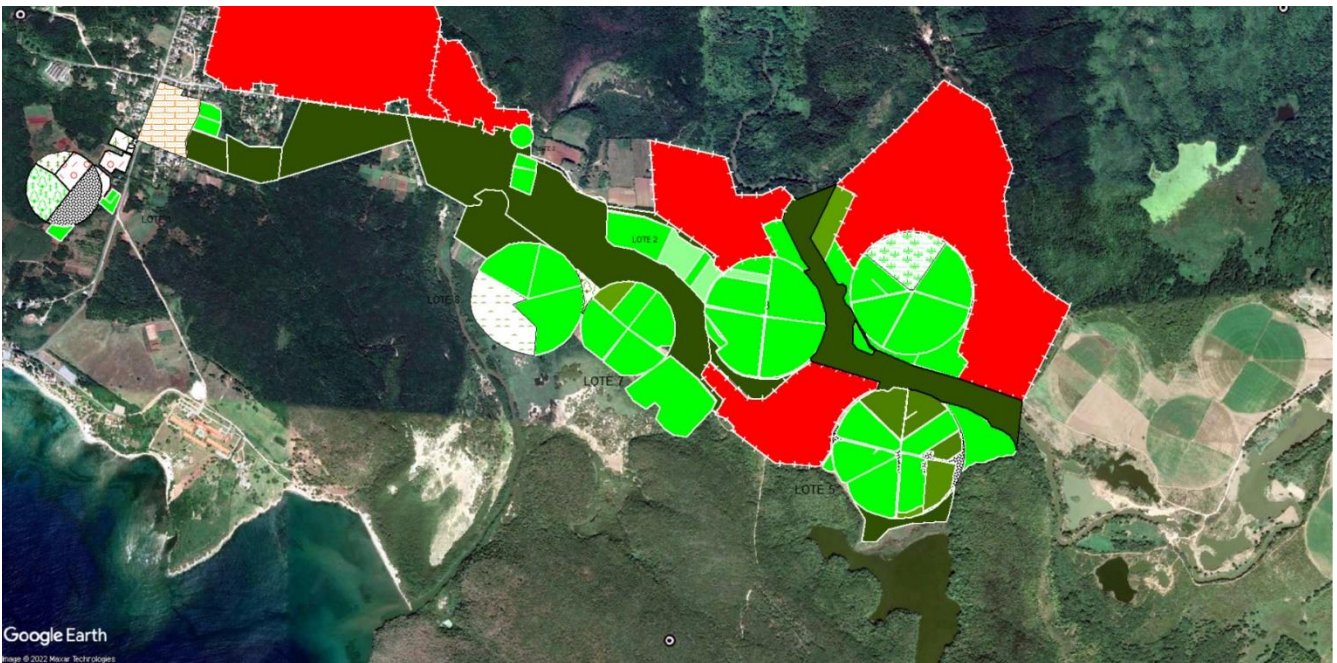


Fig. 2 Campificación del área de la CPA MB. En verde cultivos y rojo potreros.



Fig. 3 Rotación de cultivos en 2022, visto en Mapinfofw.

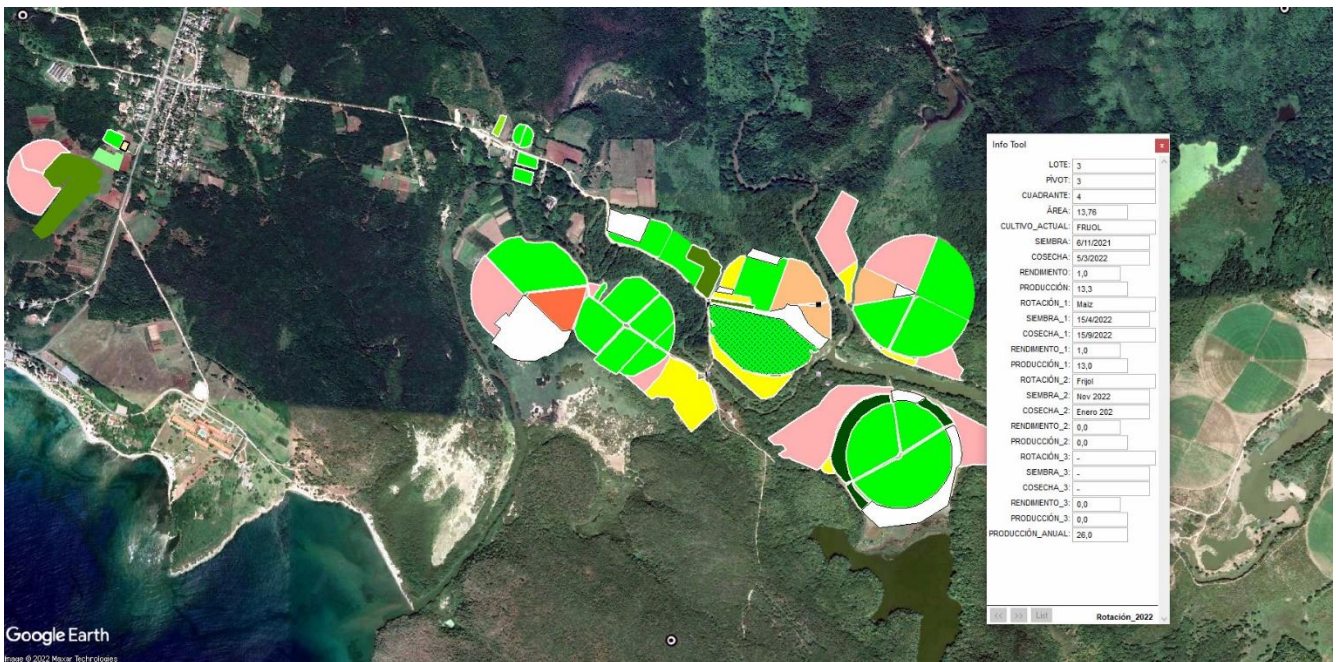


Fig. 4 Ídem con el cuadro de Info donde se insertan los datos del cuadrante seleccionado.



Fig. 5 Salida en Google Earth del trabajo terminado.

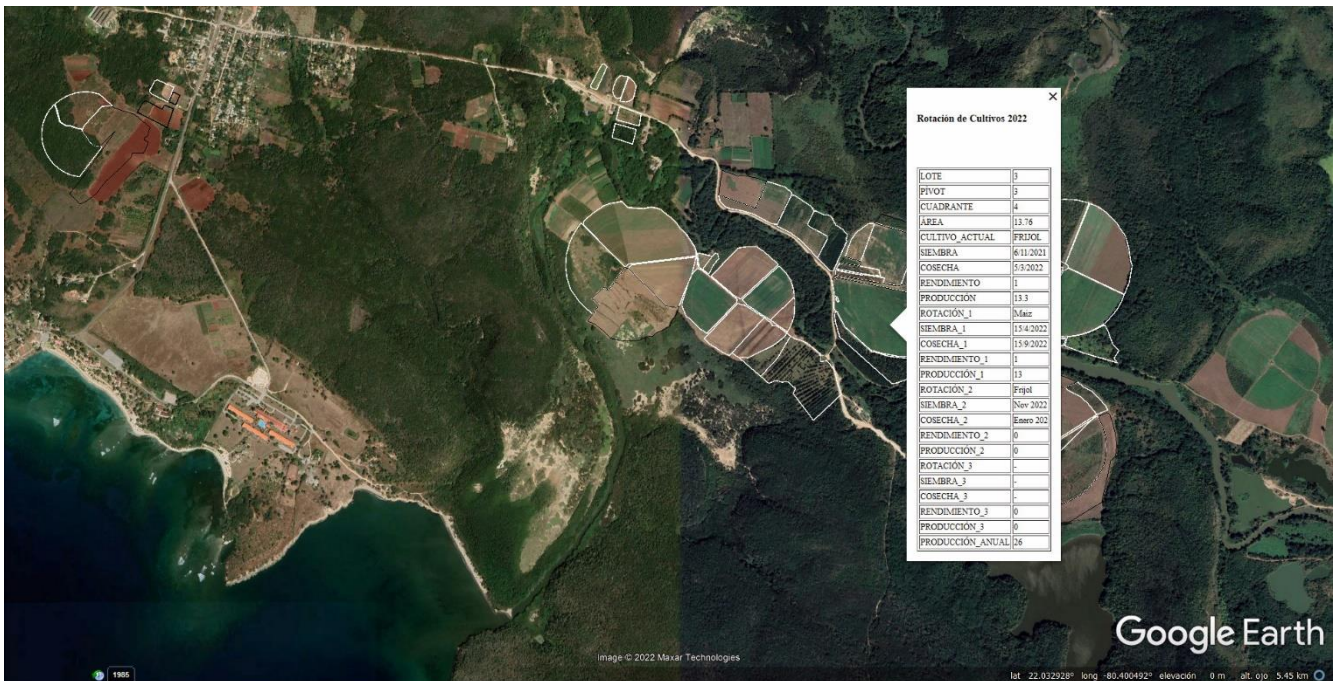


Fig. 6 Ídem con Info de una parcela seleccionada. Nótese que es la misma de Mapinfo. La tabla con los datos aparece al dar click sobre una parcela. Es una forma atractiva de presentar la información embebida.

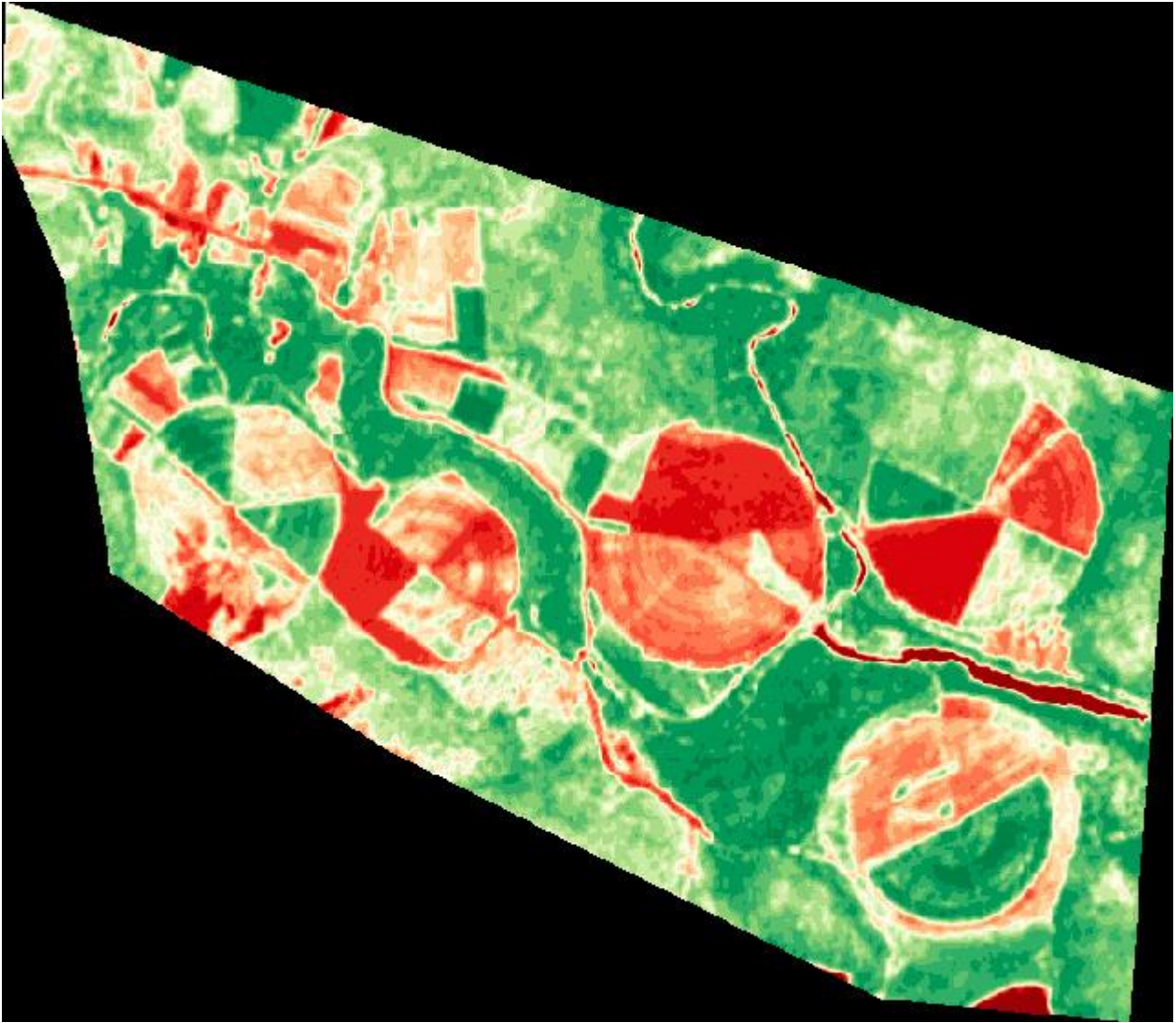


Fig. 7 Imagen del índice de vegetación NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) de la parte cultivable de la CPA M. de Barbados del 9 de febrero del 2023. Este tipo de información es enviada al correo del autor casi a diario (cada vez que el índice bajo estudio solicitado varía) por Landviewer y Crop Monitoring. Las áreas coloreadas en rojo son suelo desnudo, las verdes cubiertas. Ver tabla 3.



Fig. 8 Premio obtenido en un encuentro nacional de informática en la agricultura con esta tesis.



Fig. 9 El autor es premiado en un encuentro nacional de informática en el MINAG en 2016 con esta ponencia.

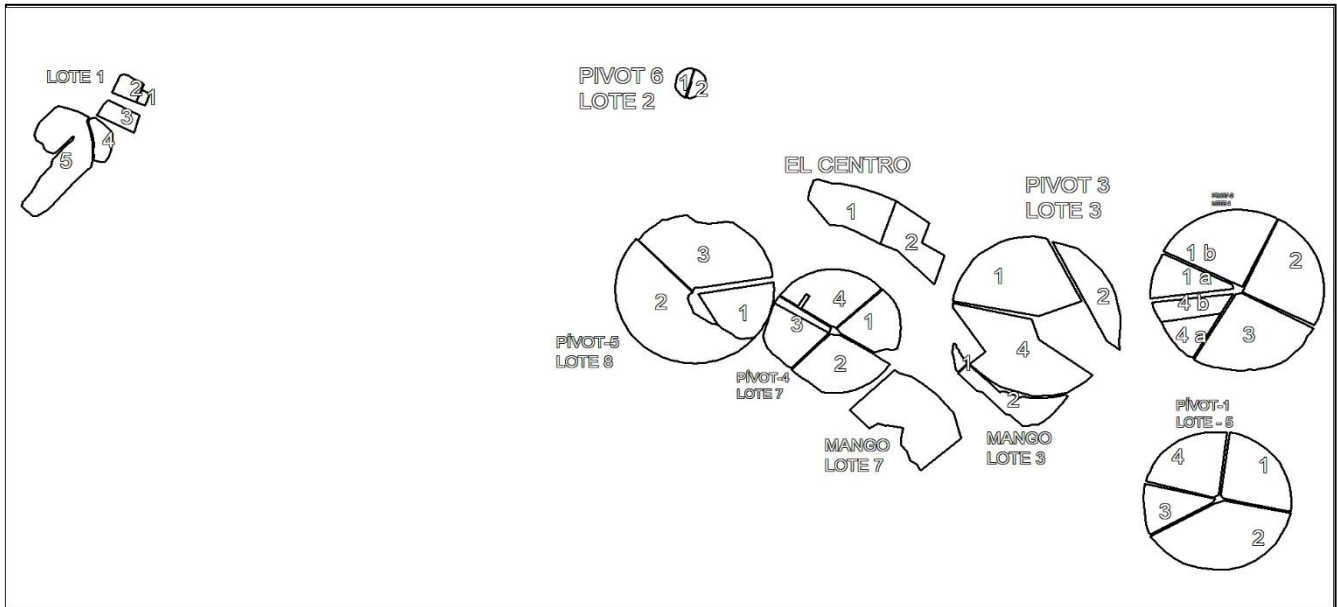


Tabla 1 Portada de la impresión en Excel.

Banda de Sentinel	Uso
4,3,2 (Rojo, Verde, Azul)	Color natural
4,3,2	Cobertura forestal
PR + IR	Detección de fuego
8+4+3	Color infrarrojo (vegetación)
$(8-4)/(8A+B4)$	NDVI
$1.5*(8^a-4)/(8^a+4+5)$	SAVI
$(8-(4-1*(2-4)))/8+(4-1*(2-4))$	ARVI
$2.5*(8A-4)/((8^a+6*4-7.5*2)+1)$	EVI
8/3-1	GCI
$(8-2)/(8-4)$	SIPI
$(8A-12)/(8A+12)$	NBR
11,8A,4	Agricultura
12,11,4	Falso color (Urbano)

8A,11,4	Tierra/Agua
8A,11,2	Vegetación saludable
11,8A,4	Análisis de vegetación
$(3-8)/(3+8)$	NDWI
12,11,8A	Penetración atmosférica
12,8A,3	Infrarrojo de onda corta
12,8A,3	Remueve la atmósfera
2,11,12	Nieve/nubes
$(3-11)/(3+11)$	NDSI
$(8A-4)/(8A+4)$	NDVI clásico
$(3+9)*(11+12)$	Índice de deforestación
$12/(8A*9)$	Índice de detección de fuego
$(2-11)/(3+11); (8A-4)/(8A+4); (3-8)/(3+8)$	Index Stack

Tabla 3. Combinación de las bandas de Sentinel y su uso.