



<https://eqrcode.co/a/iNLDnT>

PUNTOS DE VISTA

La Agricultura de Precisión. Una necesidad actual

Precision Agriculture. A current necessity

Dr.C. Rodolfo Ríos Hernández¹

GEOCUBA Investigación y consultoría, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Desde sus inicios la agricultura cubana ha utilizado diversos modelos y técnicas agrícolas, logrando algunos resultados significativos. No obstante, se hace necesario lograr un salto productivo que garantice las transformaciones aprobadas en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido Comunista de Cuba y la Revolución, aprobados en el VI Congreso del PCC, en abril de 2011 y ratificados en la Primera Conferencia Nacional del mismo organismo político en febrero del año siguiente. La agricultura cubana necesita para lograr cumplir con lo que de ella se espera la aplicación de novedosas técnicas y métodos para seguir y desarrollar los cultivos. En el presente artículo se hace un bosquejo algunas de las posibilidades que nos da la agricultura de precisión.

Palabras clave. Agricultura de precisión, tecnologías modernas, patrones, drones.

ABSTRACT. Since its inception, Cuban agriculture has used various agricultural models and techniques, achieving some significant results. However, it is necessary to achieve a productive leap that guarantees the transformations approved in the Guidelines of the Economic and Social Policy of the Communist Party of Cuba and the Revolution, approved in the VI Congress of the PCC, in April 2011 and ratified in the First National Conference of the same political body in February of the following year. Cuban agriculture needs to achieve what is expected of it through the application of new techniques and methods to follow and develop crops. In this article we outline some of the possibilities that precision agriculture gives us.

Keywords: Precision Farming, Modern Technologies, Patterns, Drones.

INTRODUCCIÓN

La Agricultura de Precisión es una estrategia de gestión que recoge, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otras informaciones para respaldar las decisiones de manejo de acuerdo con la variabilidad estimada, y así mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola. Esta es la definición oficial de Agricultura de Precisión aprobada en julio de 2019 por la International Society of Precision Agriculture (ISPA) (Culturas, 2017; Ispag, 2019).

La agricultura de precisión es un elemento de gran importancia dentro de la revolución agrícola. Los beneficios de la agricultura de precisión son claros, ayuda a definir las propiedades y características del suelo para logara una productividad óptima, ayuda a resolver los problemas del uso adecuado de los

recursos, los altos costos y el impacto medioambiental. Entre las características de la agricultura de precisión encontramos el uso de diferentes tecnologías.

DESARROLLO DEL TEMA

Algunas de las tecnologías modernas que se emplean en la Agricultura de Precisión

Imágenes de satélite. Se basa en la utilización de imágenes que ponen de manifiesto las características de los cultivos en espectros no visibles para el ojo humano como lo es el infrarrojo (Figura 1). Con esta información podemos conocer el estrés hídrico de las plantas o el vigor de un cultivo, dar seguimiento temporal de impactos medio

¹ Autor para correspondencia: Rodolfo Ríos Hernández, e-mail: rodolphorh1950@gmail.com

Recibido: 20/01/2020.

Aprobado: 09/12/2020.

ambientales como son la quema de bosques, caña de azúcar, contenido de humedad del suelo, etc. Las imágenes de los satélites se pueden visualizar con combinaciones de bandas o con índices espectrales. El índice más común es el verde

(NDVI) Auravant (2020a), también conocido como índice de vigor. Otro índice menos conocido pero útil, especialmente cuando el índice verde se satura, es el índice de clorofila (GNDVI) (Auravant, 2020b; Jardinería, 2020).

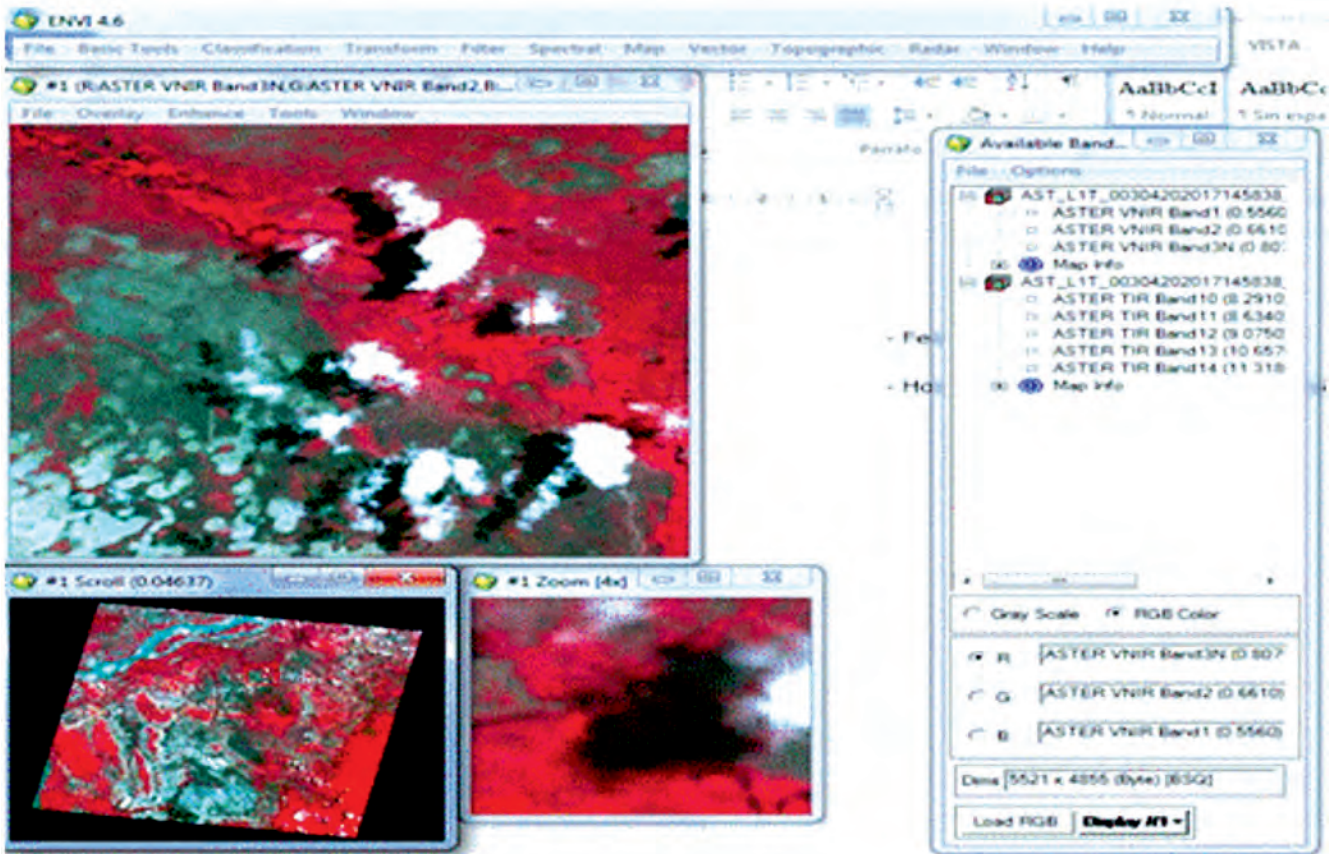


FIGURA 1. Visualización de imágenes satelitales bajo falso color mediante superposición de bandas.

Maquinaria de conducción autónoma. Esta maquinaria se conduce por sí sola y está ligada por un GPS (Figura 2) que es capaz de cubrir una parte por completo de una parcela (Marote, 2010). Entre las características más novedosas de estas maquinarias están: guiado ultrapreciso, transmisión de datos en tiempo real, control desde un ordenador portátil o tablet, reducción de costos, etc.



FIGURA 2. Equipo de conducción autónomo sobre un tractor.

Los equipos agrícolas autónomos se convierten en una valiosa alternativa para mejorar la eficiencia e incrementar la rentabilidad de las explotaciones agrarias. Entre sus ventajas esta:

- Conservar los recursos. Además de su extrema precisión, los equipos agrícolas autónomos también tienen ventajas en cuanto a la utilización de los recursos.
- Recopilación y evaluación de datos. Esto pueden recopilar datos provenientes de una amplia variedad de sensores y son capaces de procesar dichos datos.

Drones. El empleo de los drones (Figura 3) está tomando cada vez más fuerza debido a que cuentan con cámaras multispectrales y térmicas que permiten obtener datos y características precisas de las explotaciones agrícolas, portar distintos sensores de medición, obtener datos de grandes extensiones desde el aire, no sufren el efecto de las nubes ni hay que hacer tantas correcciones como a las fotos de satélites además que son mucho más baratos que un satélite (Berrío *et al.*, 2015).

Sensorización en parcelas. Se trata de estaciones meteorológicas (Figura 4) que son baratas y específicas, utilizan sensores para medir la humedad ambiental, humedad y la temperatura en distintos niveles del suelo, la dirección y velocidad del viento, la radiación solar, la pluviometría, etc. (Qampo, 2020).



FIGURA 3. Dron sobre un campo de cultivo realizando pruebas para obtener patrones de color.



FIGURA 4. Estación meteorológica automatizada para el registro de variaciones atmosféricas de interés agrícola que interactúan con los cultivos.

Sensorización en parcelas. Se trata de estaciones meteorológicas (Figura 4) que son baratas y específicas, utilizan sensores para medir la humedad ambiental, humedad y la temperatura en distintos niveles del suelo, la dirección y velocidad del viento, la radiación solar, la pluviometría, etc. (Qampo, 2020).

Mapeo del suelo. Se utiliza un dispositivo que se pasea por la parcela puede ser aéreo o terrestre y nos permite evaluar las características del suelo. Podemos obtener información como lo es pH, conductividad eléctrica, textura, macronutrientes principales (Qampo, 2020). El mapeo del suelo ayuda a valorar los productos a aplicar según las necesidades locales (Figura 5).

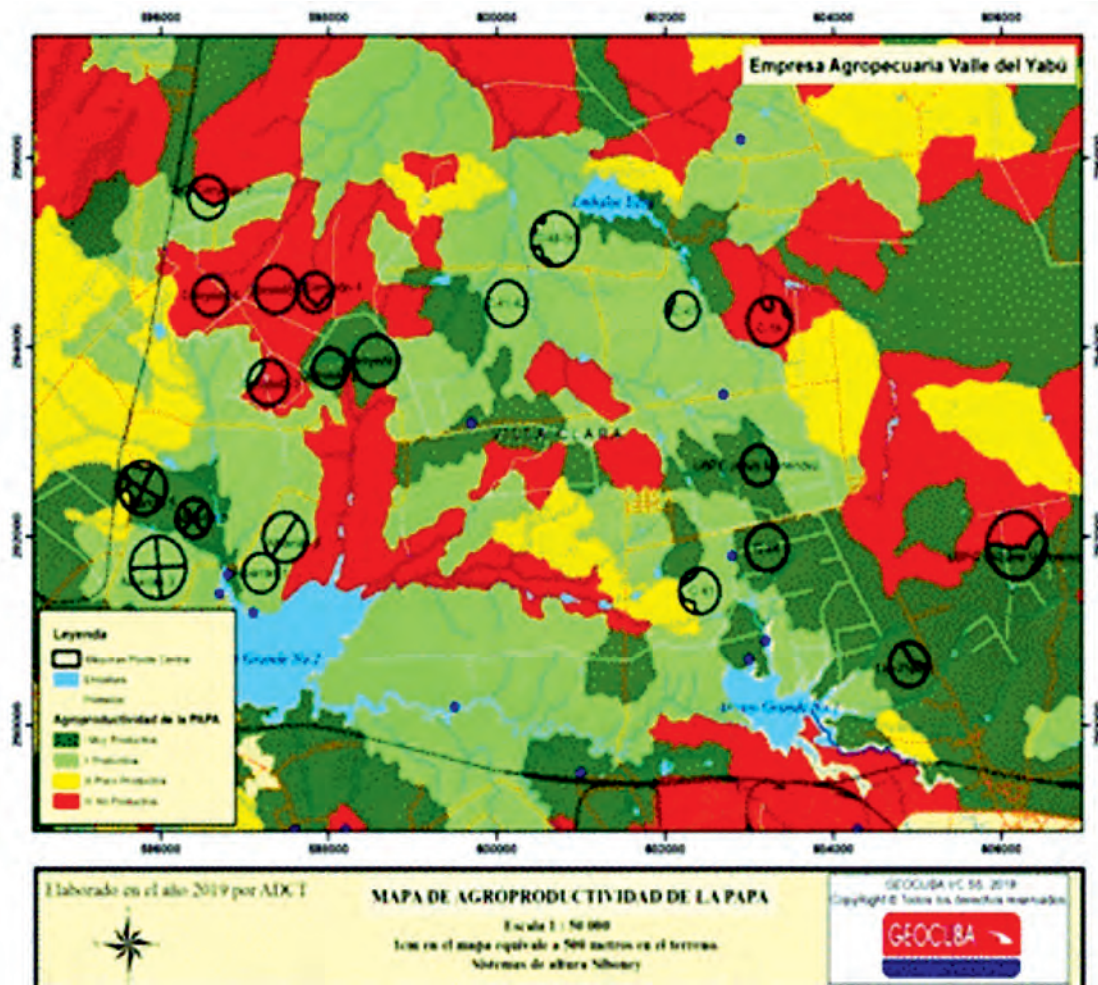


FIGURA 5. Mapa de agroproductividad.

Sistemas de Información Geográfico (SIG). El empleo de los Sistemas de Información Geográfica en ramos como la agricultura brindan soporte para aumentar la eficiencia de las tareas a realizar en los cultivos. Específicamente en la agricultura cañera, estos permiten analizar diversas fuentes de información geográfica disponibles en la actualidad, como son: las imágenes aéreas y los datos de cosecha de las maquinarias agrícolas; lo que posibilita la obtención de indicadores productivos que

sientan las bases para la aplicación de técnicas avanzadas.

Es necesario conocer con precisión la ubicación de la maquinaria (Figura 6) no sólo para saber dónde está. Los SIG son un elemento que contribuye a la mejora de las operaciones y la productividad de la agricultura en general. Las sembradoras y aspersores equipados con ordenadores no pasan la misma zona dos veces, lo que significa que evitan las superposiciones y las áreas perdidas (Eos.com., 2019).



Figura 6. Determinación en tiempo real de las coordenadas de localización de un equipo.

Ejemplos de empleo de las tecnologías de la agricultura de precisión en diferentes cultivos

En la cosecha de caña de azúcar. Para este cultivo se requiere una gran organización de la mano de obra, las máquinas y el tiempo. Con frecuencia se presentan inconvenientes con las particulares del suelo, imprevistos, cansancio del operario, etc. para hacer frente a estos problemas se instalan pilotos automáticos a las cosechadoras de la caña de azúcar. (Figura 7).



FIGURA 7. Campo cosechado con un sistema automático de control de la altura del corte.

Mediante el uso del piloto automático se evita el error de trayectoria de la cosechadora, disminuyendo el daño a los cultivos por pisoteo de la máquina, y reduciendo el margen de

accidentes en canales de drenaje, canales y postes.

Un método muy eficiente es el empleo de los mapas de productividad (yield maps), que permiten evaluar la productividad en toneladas de caña por hectárea, pero esto representa la interacción de muchas variables (pH, nutrientes, humedad, variedad, grupo de manejo, roturación, variables físicas, y otras) que en un evento dado o un rango de ellos, pueden afectar esta producción en forma positiva o negativa, a manera de comparación se puede explicar cómo una fotografía del comportamiento de la interacción ambiente-hombre-cultivo.

En los cultivos de cereales. Para la preparación del suelo se utilizan tractores autoguiados con GPS, trazando líneas paralelas, al mismo tiempo llevando un control de las secciones de cultivo.

El nivel básico de la agricultura de precisión en la siembra del cereal consiste en incorporar dispositivos de guía automática o semiautomática a la maquinaria agrícola. Con ello se consigue que la profundidad y la densidad de siembra sean constantes durante todo el trabajo. Se trata de las soluciones tecnológicas de precisión más utilizadas por la simplicidad de uso y por economía: se pueden añadir guías asistidas a la mayoría de tractores convencionales. Sólo con aplicar esta tecnología a la maquinaria de una explotación de cereal, aumenta la eficiencia de las operaciones de cultivo y se consigue un ahorro de costos.

El siguiente grado de tecnología agrícola atañe a la siembra del cereal y la difusión de fertilizantes o fitosanitarios de forma específica en cada área de un cultivo. Este nivel incorpora ma-

Ríos: La Agricultura de Precisión. Una necesidad actual

quinas adaptadas al uso de Tecnologías de Actuación Variable, o VRT (Variable Rate Technology), que automatizan la distribución de tasas variables de semillas, fitosanitarios y fertilizantes. En este proceso son aplicados los fertilizantes con un mecanismo aspersor que dispersa el líquido. Este es nivelado automáticamente, a su vez toda la información de lo que acontece en el cultivo se va registrando instantáneamente en un computador para que pueda ser visualizado por el agricultor (Figura 8).



FIGURA 8. Aplicación de productos según las necesidades de cada área.

Como se puede ver el uso de la tecnología precisa y robótica ejecuta un trabajo que desde lugares remotos puede ser perfectamente supervisado y controlado.

Ventajas y desventajas de la Agricultura de Precisión

La Agricultura de Precisión utiliza una gama de tecnologías en lo referente a la robótica e informática, que pueden otorgar múltiples ventajas al agricultor con la precisión que ofrecen los mismos (Sersolcampo, 2020).

Ventajas

Se permite medir la variabilidad temporal y la variabilidad espacial.

Permite hacer un seguimiento a las zonas de cultivo donde la producción no es la óptima.

Se puede hacer una buena gerencia en el cultivo de grandes extensiones de tierra.

A través de esta tecnología se puede registrar un esquema real de las tierras.

Se logra un uso más adecuado de insumos y se reduce la contaminación por el uso excesivo de estos.

Permite administrar mejor las cosechas.

Posibilita analizar e interpretar la información suministrada en la recolección de datos, para la toma de decisiones de los procesos a seguir.

Se puede monitorizar la cosecha con una precisión muy alta.

- Ayuda a detectar errores o deficiencias en la irrigación de la tierra, como consecuencia de esto puede haber un significativo ahorro de agua.
- Permite contar con información meteorológica de la zona de cultivo.
- Facilita mucho las decisiones con respecto a los tiempos de recolección del cultivo.

- Permite conocer con exactitud el desarrollo del cultivo.
- Debido a los controles y a los cuidados es posible el aumento de la rentabilidad de la producción.

Desventajas

La Agricultura de precisión se adapta muy bien al uso de las tecnologías para el desarrollo de grandes cultivos, no obstante este sistema de cultivo presenta algunas limitaciones, algunas de ellas son:

- El costo de la tecnología es elevado por lo que es una limitante para los pequeños agricultores.
- Existe desconocimiento de las tecnologías por parte de muchos agricultores.
- Se dificulta conseguir personal apto para manejar estas tecnologías que residan cerca de las propiedades.
- Es dependiente de que los sistemas de comunicación funcionen adecuadamente.
- El mantenimiento y reparación de equipos y sistemas computarizados es costoso y requiere de personal especialista en el área.

Algunos resultados obtenidos con en el empleo de la Agricultura de Precisión en Cuba

1. Sistema de Información Geográfico para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara

Este sistema fue desarrollado por un grupo de especialistas Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y de Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara. En este trabajo consiste en un Sistema de Información Geográfico basado en el software libre para la aplicación de nuevas técnicas de gestión de parcelas en la provincia de Villa Clara. Como resultado de esta investigación se obtuvo una plataforma integradora de la información espacial relacionada con las áreas de cultivo de la caña de azúcar de la provincia, de conjunto con los datos de cosecha proporcionados por las novedosas maquinarias agrícolas que se han venido importando al país desde hace algunos años. Figura 9. Con base a esta información y de conjunto con geoalgoritmos presentes en QGIS fue posible la obtención de indicadores productivos que sustenten la toma de decisiones administrativas y la planificación de futuras contiendas (Pérez *et al.*, 2019).

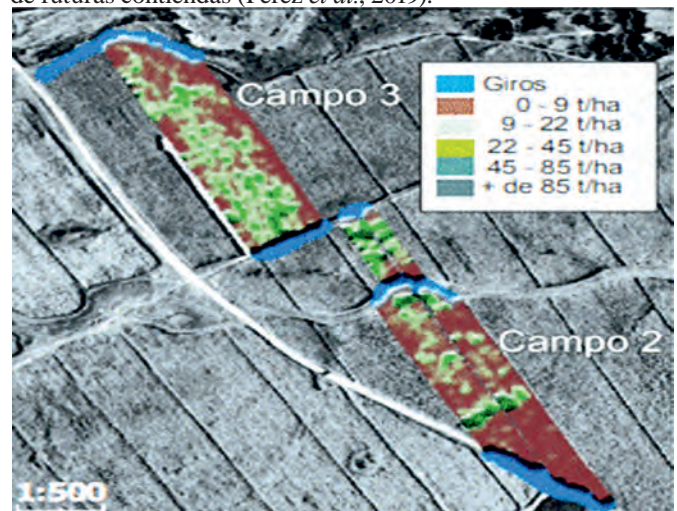


FIGURA 9. Mapa de rendimiento de los campos.

2. Sistema automatizado para el estudio y control de los arrozales. SAECA

El prototipo del sistema “SAECA” es un proyecto de I+D que ejecutado por GEOCUBA-IC, de conjunto con un grupo de centros de investigación y empresas del país y está concebido como una herramienta geo informática de ayuda a los directivos, técnicos y productores de arroz, en el manejo de los campos arroceros. Como sistema informativo territorial brinda información geoespacial actualizada sobre la situación de los arrozales de un territorio dado y sirve de ayuda a directivos y productores para la toma de decisiones, sobre el manejo de problemas relacionados con la infestación con malezas, plagas y enfermedades, así como el control del riego en los campos arroceros (Del Río et al., 2017; Barrueto et al., 2018).

Además es un sistema integrado, conformado por una componente de captura, procesamiento e interpretación de la información geoespacial a tres niveles (terrestre, aéreo y espacial) y otra componente conformada por un SIG Web para la gestión del cultivo del arroz en la empresa (plataforma

geo informática soberana GENESIG). Este prototipo permite disponer de datos georreferenciados relevantes y confiables, para gestionar, facilitar y apoyar la toma de decisiones sobre el estado de las plantaciones y los problemas de irrigación, infestación de malezas, plagas y enfermedades en los arrozales del País, así como hacer estimados de producción potencial y determinar el rendimiento anual promedio (Del Río et al., 2017; Olivera et al., 2017). Figura 10.

Con el SAECA, se puede rectificar las áreas arroceras, cuantificar las superficies cultivadas y determinar la situación en que se encuentran las plantaciones, así como hacer pronósticos de la cosecha y determinar la producción promedio en las empresas arroceras y a nivel nacional, una vez que se realice la transferencia de la tecnología al Grupo Agroindustrial del Grano y se instale en todas las empresas del País. La investigación y puesta a punto del prototipo se realizó en tres polígonos de investigación, ubicados en el territorio oriental, en los arrozales de la empresa Fernando Echenique de la provincia de Granma.



FIGURA 10. Imagen de color verdadero georreferenciada de la Unidad Empresarial de Base Antonio Maceo, tomada con el satélite Sentinel-2.

3. Creación de la Infraestructura de Datos Espaciales para la gestión agrícola del macizo cañero del norte de Villa Clara. Figura 11

Este proyecto está en realización por La Unidad Científica Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría perteneciente al Grupo Empresarial GEOCUBA en colaboración con la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, la Empresa Geocuba Villa Clara Sancti Spiritus, el INICA, el ETICA Villa Clara, el IPROYAZ, la Universidad Agraria de La Habana y la Empresa cañera territorial. (GeoCuba IC, 2018).

Entre los resultados de este proyecto se encuentran:

El desarrollo, integración e implementación de los resultados a la IDE de AZCUBA.

La determinación de la agro productividad de los suelos y ubicar los cultivos a partir de estas determinaciones.

La determinación a partir de modelos digitales de terreno y las variables climatológicas el sistema de escurrimiento y orientar los sistemas de drenaje.

El monitoreo de cultivos mediante técnicas multispectrales para la determinación de los déficits nutricionales, hídricos y las afectaciones por plagas y enfermedades

La estimación de la productividad de la caña de azúcar.

La implementación de un servicio diferencial GNSS de apoyo a los trabajos agrícolas.

Lograr un ordenamiento territorial integral del territorio y dictaminar medidas para la mitigación de los efectos del cambio climático como parte de la tare vida en el territorio.

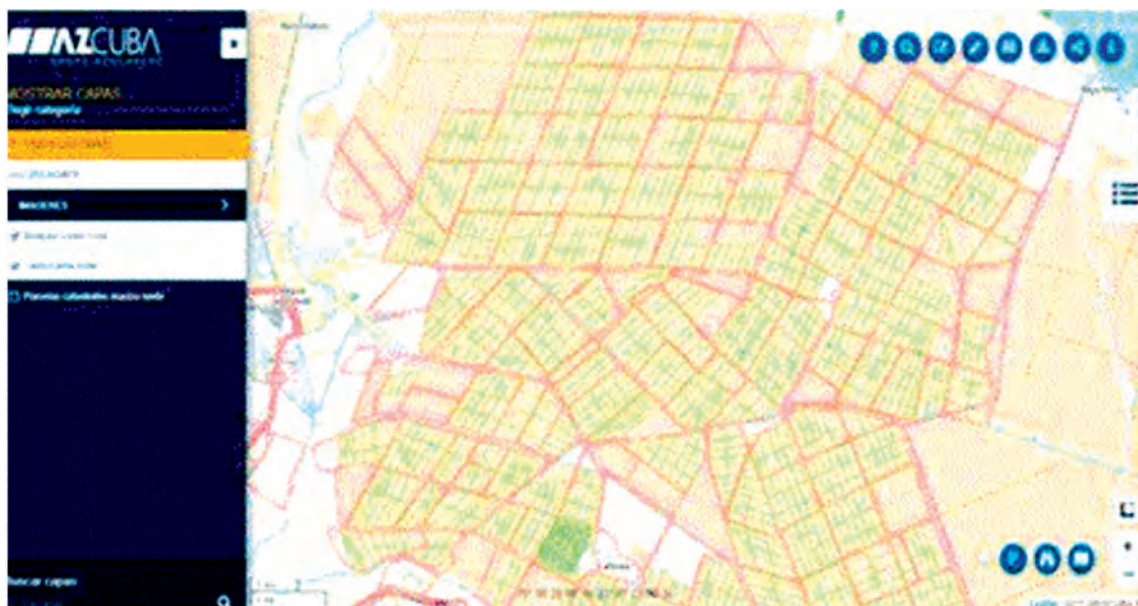


FIGURA 11. Visor genérico de la IDE. Bloques y campos.

4. El uso de drones y otros avances tecnológicos para identificar plagas en campos cañeros cubanos

El uso de aplicaciones de la Agricultura de Precisión con la utilización de drones y otros medios satelitales y de las nuevas tecnologías de la información para identificar plagas, constituyen aplicaciones realizadas desde el año 2009 en los campos cañeros de la unidad empresarial de base (UEB) Jesús Rabí en Matanzas. También el empleo de esa técnica está presente en varias unidades para la determinación de la humedad de los suelos, la explotación de la maquinaria, el riego y otras actividades.

Otros logros los constituyen la evaluación- mediante datos obtenidos por sensores-, de los índices de explotación y principales deficiencias de la maquinaria agrícola en la zafra y en labores de atención agrícola, así como la determinación del potencial azucarero. Asimismo, destaca el diseño de un sistema de control del combustible muy efectivo a partir de los datos reportados por equipos, y de variedades de caña sometidas a la molienda diariamente durante la zafra.

Así, de 2009 a 2018 se ahorraron más de 588 mil litros de combustibles en las cosechas de caña efectuadas en la UEB, gracias al empleo de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y otras técnicas de punta, empleadas por la agricultura de precisión.

En estos trabajos han participado CENPALAB y GEOCUBA y el INICA (perteneciente al Grupo Azucarero Azcuba).

CONCLUSIONES

- El desarrollo de la agricultura cubana exige el uso de nuevas técnicas que incrementen la productividad y disminuyan los costos de producción, y con el uso de la agricultura de precisión ya se obtienen resultados alentadores.
- La agricultura de precisión tiene muchas ventajas respecto a las técnicas tradicionales, especialmente la posibilidad de aplicar localizadamente los productos, controlar el funcionamiento de los equipos en tiempo real, hacer estimaciones de rendimientos y otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AURAVANT: ¿Qué es GNDVI?, [en línea], Auravant, 2020a, Disponible en: <https://auravant.com/knowledge-base/que-es-gnd>, [Consulta: 20 de enero de 2020].
- AURAVANT: Qué es NDVI?, [en línea], Auravant, 2020b, Disponible en: <https://auravant.com/knowledge-base/que-es-ndv>, [Consulta: 20 de enero de 2020].
- BARRUETO, L.R.; FERNÁNDEZ, M.P.; PORTAL, A.R.; MARTÍNEZ, O.D.; VILLARES, V.P.; DEL RÍO, M.A.; SIERRA, T.A.; REGO, M.L.: “Resultados obtenidos en el proyecto” SAECA”. Sistema automatizado para el estudio y control de los arrozales Results Obtained in the” SAECA” Project. Automated SYstem for the Study and Control of Rice Fiel”, En: X Congreso Internacional “GEOMÁTICA”, X Congreso Internacional “GEOMÁTICA”, La Habana, Cuba, 2018.
- BERRÍO, M.; VIVIANA, A.; MOSQUERA, T.; ALZATE, V.: “Uso de drones para el análisis de imágenes multispectrales en agricultura de precisión.” @ Limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 13 (1), 28-40”, Ciencia y tecnología alimentaria, 13(1): 28-40, 2015, ISSN: 1692-7125.
- CULTURAS: ¿Sabe qué es la Agricultura de Precisión? Descúbralo aquí., [en línea], 2017, Disponible en: <https://hablemosdeculturas.com/agricultura-de-precision/>, [Consulta: 20 de enero de 2020].
- DEL RÍO, M.A.; OLIVERA, D.M.; VELASCO, V.P.: Lista de requisitos para la personalización sobre la plataforma soberana GENESIG del sistema de información geográfica para la gestión de la producción del arroz, Inst. GEOCUBA IC, La Habana, Cuba, 2017.

Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 11, No. 1 (enero-febrero-marzo, pp. 67-74), 2021

EOS.COM.: Agricultura de precisión: De los libros a la realidad, [en línea], Eos.com., 2019, Disponible en: <https://eos.com/es/>, [Consulta: 20 de enero de 2020].

GEOCUBA IC: Creación de la Infraestructura de Datos Espaciales para la gestión agrícola del macizo cañero del norte de Villa Clara, Inst. GEOCUBA IC, La Habana, Cuba, 2018.

ISPAG: Definición de Agricultura de Precisión, [en línea], International Society of Precision Agriculture, 2019, Disponible en: www.ispag.org.

JARDINERÍA: Agricultura de precisión, [en línea], Jardineriaon, 2020, Disponible en: <https://www.jardineriaon.com>, [Consulta: 20 de enero de 2020].

MAROTE, M.: Agricultura de precisión, Inst. Ciencia y Tecnología, La Habana, Cuba, Agricultura de precisión, La Habana, Cuba, 143-166 p., 2010.

OLIVERA, D.M.; DEL RÍO, M.A.; VELASCO, V.P.: Lista de requisitos para la personalización sobre la plataforma soberana GENESIG del sistema de información geográfica para la gestión de la producción del arroz, Inst. GEOCUBA IC, La Habana, Cuba, 2017.

PÉREZ, G.C.A.; PÉREZ, A.J.; HERNÁNDEZ, S.L.; GUSTABELLO, C.R.; BECERRA, de A.E.: "Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara", Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 13(2): 30-46, 2019, ISSN: 2227-1899.

QAMPO: Herramientas para la agricultura de precisión, [en línea], Quampos Coult, 2020, Disponible en: <https://www.Quampos Coult>, [Consulta: 20 de enero de 2020].

SERSOLCAMPO: Ventajas y desventajas de la agricultura de precisión, [en línea], Sersolcampo, 2020, Disponible en: <https://www.sersolcampo.com>, [Consulta: 20 de enero de 2020].

Rodolfo Ríos Hernández, Inv., GEOCUBA Investigación y consultoría, La Habana, Cuba, e-mail: rodolph1950@gmail.com

El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

FACILIDADES PARA PUBLICAR CONTRIBUCIONES EN REVISTAS CIENTÍFICAS

Si desean que su trabajo se publique en las revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias (RCTA), Ingeniería Agrícola (IA) o Gestión del Conocimiento y desarrollo local , deben revisar en el sitio WEB www.unah.edu.cu las normas editoriales y contactar con los directores de las publicaciones.

CJAS: www.cjascience.com, Directora Editorial: Dra. Sandra Lok Mejías slok@ica.co.cu

Pastos y Forrajes: <https://payfo.ihatuey.cu> / <http://www.ihatuey.cu>, Editor Jefe: Dr. Osme! Alonso Amaro osmel@ihatuey.cu

Si desea publicar en revista técnico popular contactar con: Casa Editorial ACPA. Director. Jorge Luis Álvarez Calvo, revista@acpa.cu