

DRONES, APLICACIONES EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: UNA REVISIÓN

Yaselis Guillén López*, Carmen Pons Pérez y Osmany Molina Concepción
Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.

*Autora para la correspondencia: seg.inf@inivit.cu

Recibido: 1 de octubre de 2020; Aceptado: 23 de noviembre de 2020

RESUMEN

La tecnología ha ido abriéndose paso en el día a día de la sociedad, llegando a ser un factor indispensable en muchos de sus ámbitos. Este artículo es una revisión sobre el estado actual del uso de la tecnología de drones, y las aplicaciones que se le está dando en el mundo y Cuba en particular. Se establecen los tipos de drones utilizados con más frecuencia en la agricultura de precisión. También, se mencionan las ventajas y desventajas del uso de esta tecnología, desde aspectos técnicos hasta económicos, dando alternativas factibles para su utilización.

Palabras clave: tecnología, vehículo aéreo no tripulado

DRONES, APPLICATIONS IN THE PRECISION AGRICULTURE: A REVIEW

ABSTRACT

Technology has been making its way into the day to day of society, becoming an indispensable factor in many of its fields. This article is a review about the current status of the use of the technology of drones, and the applications that are being given to it in the world and Cuba, in particular. The types of drones most frequently used in the precision agriculture are established. The advantages and disadvantages of the use of this technology are also mentioned, from technical to economic aspects, giving feasible alternatives for its use.

Keywords: technology, unmanned aerial vehicle

INTRODUCCIÓN

Según Barrientos (2015), miembro del Grupo de Robótica y Cibernética de la Universidad Politécnica de Madrid, si bien desde hace ya algunas décadas las aeronaves no tripuladas han sido motivo de interés, sobre todo en el ámbito militar, no ha sido hasta los últimos años que han pasado de sistemas experimentales a equipos aptos para su uso profesional.

En la actualidad la agricultura mundial se debate entre la necesidad de aumentar la producción agrícola y la creciente preocupación medioambiental de manera global, el incremento en la producción de alimentos se viene enfrentando a la demanda de una agricultura de calidad y sostenible. La agricultura tradicional es altamente vulnerable a diferentes acontecimientos de tipo climático, así como la presencia de enfermedades y plagas que cada vez son más nocivas y resilientes a agroquímicos tradicionales. Por lo tanto, se plantea la implementación de nuevas tecnologías como alternativas de manejo, monitoreo y control de los cultivos agrícolas en diferentes etapas de su desarrollo,

tendientes a mejorar la producción y disminuir los costos. La Agricultura de Precisión (AP) hace referencia a aquellas técnicas que tienen como objetivo optimizar la calidad y cantidad de la producción agrícola, pretendiendo mayores rendimientos para controlar los efectos del cambio climático, logrando mayores rendimientos a partir del aprovechamiento de los recursos, con un aumento de la competitividad de las explotaciones agrícolas, al tiempo que se reduce el impacto medio ambiental vinculando a la actividad agrícola. En esta reseña bibliográfica abordaremos uno de los avances tecnológicos más recientes en la actualidad, la tecnología de los drones en la agricultura de precisión. Torres (2017).

¿Qué es un dron?

Un dron es un objeto volador no tripulado capaz de ser manejado a distancia o trazar su propia ruta mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS; en inglés, *Global Positioning System*). Se puede diferenciar entre dos tipos de drones: en forma de avión, los cuales tienen la ventaja del planeo, por lo tanto, tienen un consumo menor de energía, y en forma de cuadricóptero, propulsados por cuatro hélices y con la posibilidad de moverse en todas las direcciones y permanecer quietos en el aire García (2014).

La característica más resaltante de un dron es que su vuelo es controlado por control remoto, aunque existen algunos que son conducidos mediante la intervención de un software y no de manera directa por un piloto desde tierra.

Orígenes de los drones

La revolución de los drones, se inició oficialmente en mayo de 1970 durante un simposio patrocinado por la Fuerza Aérea Estadounidense y la empresa RAND. En la década de los 70s, la Fuerza Aérea Estadounidense, lanzó un programa para aumentar la utilización de estos vehículos pilotados remotamente con capacidades de vigilancia. Este programa también permitió, gracias a la financiación externa, el desarrollo de drones de larga duración y que pudieran alcanzar grandes altitudes. En la década de los 80s, en Estados Unidos, Abraham Karem construyó una aeronave capaz de permanecer en el aire durante cincuenta y seis horas seguidas, a la que denominó 'Albatross'. Este dispositivo fue una revelación dado que los drones utilizados anteriormente en la Guerra de Vietnam, solamente podían permanecer en el aire por dos horas nada más y volando en una ruta pre-programada. Años más tarde, se comenzaron a equipar estos vehículos aéreos con navegación GPS, lo que permitió autonomía en las misiones y cámaras de alta resolución colocadas en sensores móviles debajo de su nariz, pero el gobierno de los Estados Unidos puso un freno a este desarrollo ya que operaba fuera del ámbito militar. La Agencia Central de Inteligencia (CIA en inglés, *Central Intelligence Agency*) de los Estados Unidos, necesitaba contar con una mejor forma para observar a Bosnia, ya que hasta ese momento se estaban utilizando satélites que proveían baja calidad en lo referente a inteligencia, solicitó a la empresa *General Atomics* una aeronave que permitiera realizar vigilancia en tiempo real y que tuviera presencia por un período de tiempo prolongado. Fue así como ese vehículo aéreo, a pesar de que era vulnerable a las inclemencias del tiempo, voló por primera vez sobre Bosnia desde Albania, en 1994. Cantero y Pucci (2016).

Con este primer vuelo, apareció la primera limitación del dron ya que las tareas de vigilancia se veían restringidas porque sólo se podía controlar la aeronave estando cerca de la misma, por lo cual utilizaron un avión que oficiaba de intermediario entre la estación

en tierra y el dron. Otras de las limitaciones, era que las imágenes capturadas tenían que viajar grandes distancias desde que se tomaban hasta que llegaban a los cuarteles generales de la CIA, pasando por el avión que aumentaba el alcance del dron, continuando por la estación en tierra, que enviaba la información a un satélite y por último a los cuarteles generales de la CIA. Para solucionar esa limitación, la empresa proveedora creó un dron llamado '*Predator*'. La limitación de alcance fue solucionada mediante la incorporación de un *link* de datos satelital, lo que posibilitó que el vehículo pudiera ser tripulado desde cualquier lugar y la transferencia de la información obtenida fuera mucho más rápida dado que evitaba todos los saltos de su antecesor. Esta aeronave fue utilizada en 1995, en Yugoslavia durante una guerra interna. Cantero y Pucci (2016).

Desde la aparición del primer dron, y gracias al constante desarrollo e investigación sobre el tema, se han podido utilizar con fines bélicos para entrenamiento, reconocimiento y también, más recientemente, como armas de guerra, ya que algunos drones fueron modificados y se les han incorporado misiles, como sucedió en 2002, cuando desde uno de estos vehículos no tripulados se lanzó un misil contra un vehículo terrestre en movimiento en Yemen Cantero y Pucci (2016).

¿Qué es la agricultura de precisión?

La agricultura de precisión es la tecnología que incluye el uso de sistemas de posicionamiento global, como el GPS; sistemas de información geográfica (SIG), percepción remota, monitores de rendimiento, sensores de suelo, uso de drones, robots y la aplicación variable de insumos según las necesidades del suelo y los cultivos con vistas a automatizar el manejo de cultivos, ganadería y recursos forestales.

Persigue optimizar la gestión de una parcela desde el punto de vista agrícola, el ajuste de las prácticas de cultivo a las necesidades de la planta, la reducción del impacto vinculado a la actividad agrícola y el aumento de la competitividad a través de una mayor eficacia de las prácticas utilizadas.

El concepto de agricultura de precisión apareció en Estados Unidos a principios de los años 80. Fue en esa época cuando surgió la práctica del *grid-sampling* (recogida de muestras sobre una red fija de un punto por hectárea). Entre sus beneficios está que la reducción de las cantidades de fertilizantes suministradas es significativa, generando un mejor rendimiento; el retorno de la inversión se alcanza en varios niveles: ahorro en la compra de productos fitosanitarios y de abonos, y una mejor valorización de las cosechas Porto Blanco, (2019).

El segundo efecto positivo es medioambiental, al aportar las dosis correctas en el lugar idóneo y en el momento óptimo que beneficie al cultivo, al suelo y a las capas freáticas y, de ese modo, a todo el ciclo agrícola. Por tanto, la agricultura de precisión se ha convertido en uno de los pilares de la agricultura sostenible, al ser respetuosa con los cultivos, las tierras y los agricultores.

Tecnología dron disponible en la actualidad para la agricultura

En el mercado internacional hay diversos tipos de drones para la agricultura. Los más utilizados en este campo son el multirrotor-cuadróptero (tiempo de vuelo de 30 minutos y cobertura por vuelo de 65 ha) figura 1(a) y el de ala fija (tiempo de vuelo de 30 a 90 minutos y cobertura por vuelo de 120 a 3.800 ha) figura 1(b). Un aspecto importante son los sensores utilizados. No necesariamente han sido producidos y calibrados para la

agricultura los sensores que capturan imágenes rojo-verde-azul (RGB) e infrarrojo cercano (NIR). En la figura 2 se muestran estos dos tipos de imágenes. Las fotografías que se toman deben venir geolocalizadas, de tal manera que puedan ser ubicadas exactamente para ser sobrepuestas y con ellas formar el mapa de la plantación. Estos tipos de sensores se encuentran en Go-Pro, Canon, Sony y cualquier otra marca de cámaras. Las cámaras de tipo agrícola tienen filtros especializados que las hacen más costosas. Ejemplos de cámaras especializadas para la agricultura son la Micasense Red-Edge y Parrot Sequoia. Estas cámaras son ligeras y están diseñadas específicamente para la potencia de los drones. Otro aspecto importante es la ubicación en el terreno: los drones tienen GPS incorporado que dan la localización en el vuelo. La precisión manejable en la actualidad en estos equipos es de +/- 3 m. Patel, (2016).



Figura 1. Drones utilizados en la agricultura: (a) multirrotor (cuadricóptero), (b) de ala fija. Consultado: (Patel, 2016).

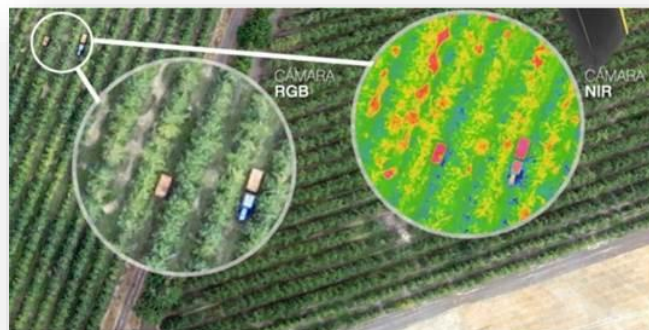


Figura 2. Imágenes según tipos de cámara y espectros (RGB y NIR). Consultado: (Torres-Rua, 2017).

En cuanto a los productos de estos vuelos programados, los mapas que se obtienen utilizando drones comerciales son el Índice Normalizado de Vegetación Diferencial (NDVI) o similares. El NDVI es un índice que muestra en forma general el estado de salud de una planta (Mahajan y Bumdel, 2016). Si los valores de NDVI están cerca de 1.0, se espera que la vegetación sea saludable, pero para valores cercanos a 0,0, el mapa muestra suelo desnudo o vegetación estresada. Diferentes cámaras proporcionan distintos valores de NDVI para el mismo campo y tiempo de vuelo, lo que podría inducir a error al usuario. Las cámaras agrícolas, sin embargo, pueden proporcionar un NDVI estándar que es comparable con otras cámaras agrícolas como las de los satélites. En la

figura 3, se muestra como ejemplo diferencias NDVI (fila inferior) entre RGB y filtros NIR de paso largo (columna izquierda, 2015) y los filtros espectrales RED y NIR (columna derecha) para una ubicación de un viñedo Torres-Rua, (2017).

Las ubicaciones de suelo desnudo (como las carreteras y las vides) y las marquesinas de vid en 2015 tienen mayores valores NDVI ($\sim 0,30$) y ($0,7-1,0$) que los valores NDVI estimados utilizando los filtros *Landsat* el año 2016 ($\sim 0,10$ y $0,5- 0,9$) para suelo desnudo y dosel de vid, respectivamente.

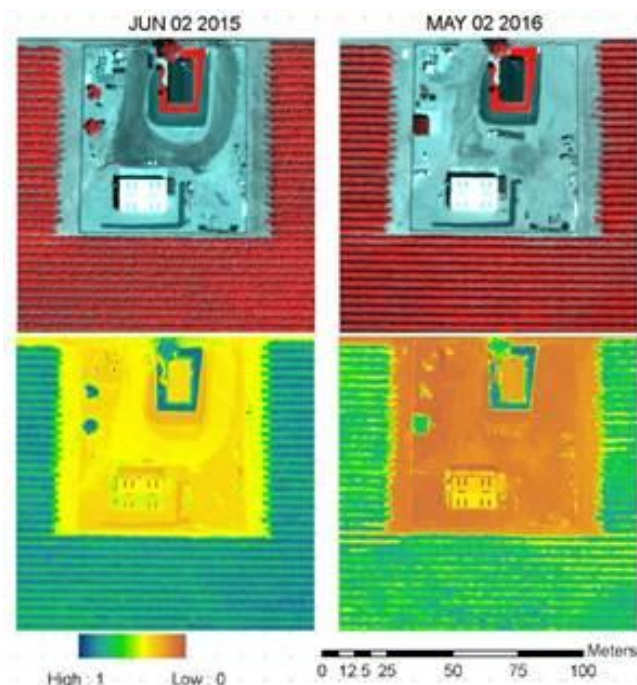


Figura 3. Diferencias NDVI (fila inferior) entre RGB y filtros NIR de paso largo (columna izquierda) y los filtros espectrales RED y NIR (columna derecha). Consultado: (Torres-Rua, 2017).

Con la creciente disponibilidad de sensores térmicos de proximidad, cámaras UAV y radiómetros de covarianza de Foucault, puede suponerse que la información producida por estos sensores es intercambiable o compatible Torres-Rua *et al.*, (2018). Este supuesto se mantiene a menudo para la estimación de parámetros agrícolas como la cubierta y la temperatura del suelo, los componentes del balance energético y la evapotranspiración. Sin embargo, las condiciones ambientales, la calibración y la configuración del terreno pueden afectar la relación entre las mediciones de cada uno de estos sensores térmicos.

Según Knipper *et al.*, (2018), resultan muy útiles los mapas de evapotranspiración (ET) derivados de satélites y la proporción de ET real a referencia (f_{RET}) basadas en imágenes de temperatura de la superficie terrestre (LST) de sensores remotos para controlar el uso del agua de los cultivos y el estrés. De igual manera, y con mayor resolución, podemos establecer que los mapas de evapotranspiración resultante de la aplicación de vuelos de los drones y sensores especializados son muy útiles para una agricultura eficiente.

Ventajas y beneficios de las aplicaciones de la tecnología dron en la agricultura de precisión

El uso de los drones para agricultura brinda beneficios como la realización de una gran variedad de tareas agrícolas. Principalmente permite la reducción de costos de la granja y maximizan la eficiencia y la productividad. Además, proporciona el análisis del suelo. Los drones toman fotografías aéreas figura 4, que se pueden convertir en modelos 3-D del suelo para determinar su perfil, la humedad y los niveles de nutrientes, lo que es fundamental para aumentar la producción de una finca o tierras usadas para la siembra. Dronaid (2018).

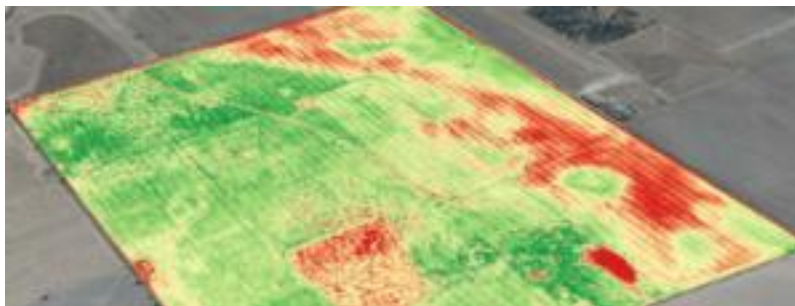


Figura 4. Imágenes tomadas de un vuelo del vehículo no tripulado. Consultado: (Dronaid, 2018).

Otro de sus beneficios destacados es que el dron puede ser usado para la fumigación de cultivos, monitoreo de cultivos y siembra. A su vez, se pueden usar para riego. Una ventaja que ofrece el uso de los drones para la agricultura es que las imágenes que toma pueden mostrar el desarrollo y crecimiento de las plantas en el campo. A través de la puesta en marcha de esta tecnología las empresas encargadas de prestar el servicio les ofrecen a sus clientes la capacidad de monitorear cientos de hectáreas de forma precisa, y evaluar las condiciones del terreno.

Además de precisar la cantidad de árboles y reses, pueden obtener información sobre la hidratación, la temperatura o el ritmo de crecimiento de los cultivos, figura 5. Lo más importante quizás del uso de drones para la agricultura es que pueden detectar a tiempo enfermedades, lo que facilitará la eliminación de plagas que dañen la cosecha. Y esto a la vez, conlleva a evitar el uso de químicos en los cultivos que también son contraproducentes para la cosecha.



Figura 5. Drones Fumigadores. Consultado: (Dronaid, 2018).

Los drones pueden además asperjar herbicidas y plaguicidas cuando sea necesario usarlos, al igual que los fertilizantes, lo que ahorra el trabajo y el dinero al productor. La tecnología de punta de estos dispositivos es tal, que la inmediatez con que prepara una misión o tarea, obtiene la información y recibe los resultados en tiempo real, es muy difícil de comparar. Cada empresa dedicada a ofertar este servicio tiene su estilo y técnicas. Así como los tipos de drones que exhibe, porque hay unos más especializados que otros. Dentro de los servicios que una empresa puede ofrecer con un dron están la salud y condiciones de los cultivos, la humedad del suelo, el estado de desarrollo, altura de las plantas, evaluación del estrés, elaboración de mapas de reflectancia, generación de mapas espectrales para índices agrícolas como el NDVI y deficiencias de nitrógeno. Así como el cálculo de biomasa y producción, recuento de plantas, medición de Clorofila, índice de área foliar, sanidad vegetal, desespigamiento, control y evaluación de plagas, control de riego, fertilización y fumigación (Dronaid, 2018).

Desventajas de los drones en la agricultura

Costo de compra inicial

Los drones con características que los califican para su uso agrícola son bastante caros. Para algunos drones, los altos costos incluyen hardware, software, herramientas y sensores de imagen. Los drones que no están equipados con el equipo necesario pueden ser más baratos de comprar.

Sin embargo, las cámaras y el software de procesamiento deseados son bastante caros, por lo que son igualmente intensivos en capital. La compra de dron para su uso en la agricultura puede ser costosa a corto plazo, pero a largo plazo vale la pena.

Interferencia con el espacio aéreo

Los aviones teledirigidos agrícolas tienen el mismo espacio aéreo que los aviones operados manualmente. Por lo tanto, son susceptibles a las interferencias.

Comunicaciones

Cualquier agricultor que quiera utilizar drones debe invertir en equipo de comunicación o comprar drones capaces de capturar y almacenar datos sobre el terreno en un formato procesable.

Clima

A diferencia de las aeronaves convencionales, los drones son mucho más vulnerables a las condiciones climáticas. Si hay viento o lluvia afuera, puede que no puedas volar.

Conocimientos y habilidades

Las imágenes deben ser analizadas por personal calificado y competente para que se traduzcan en toda la información útil. Esto significa que un agricultor medio que no tenga estos conocimientos puede necesitar capacitación o puede necesitar emplear personal capacitado con conocimientos de programas informáticos analíticos para apoyar el procesamiento de imágenes.

La tecnología de los drones está mejorando cada día. A medida que muchos fabricantes entran en la industria, se espera que el costo de la producción de drones y equipo relacionado disminuya. También se espera que las limitaciones como el tiempo de vuelo

y el alcance se resuelvan con una tecnología mejorada. Estas mejoras permitirán a los agricultores beneficiarse más del uso de los drones. Sensores de precisión (2020).

Uso de los drones en Cuba

En la actualidad, tras años de exploración e investigación, el mundo apuesta por la automatización de procesos de la vida cotidiana como una forma de alcanzar la mayor eficiencia posible con un aprovechamiento óptimo de recursos humanos y materiales. Cuba se inserta en esta dinámica internacional y aunque muchos piensen que es imposible desplegar tal rama de la ciencia en un país subdesarrollado y asediado, los científicos cubanos demuestran todo lo contrario.

Según la Universidad Central Marta Abreu de las Villas (UCLV) las investigaciones en torno al tema de la automatización de procesos en Cuba datan de los años 80. Con poco más de tres décadas de estudios con mayor o menor intensidad, la comunidad científica cubana acumula ya una experiencia en el tema (UCLV, 2019).

El Dr. C. Luis Hernández Santana, profesor del Departamento de Control Automático de la UCLV, afirma que desde finales de los 80 se comenzó a trabajar la temática en el país con esfuerzos muy importantes del Centro de Matemática Física y Automatización de La Habana (Icimaf) y otras áreas.

En la UCLV se trabajó a principios de los años 2000, los temas de la automatización como parte del Grupo de Investigaciones en Mecatrónica Aplicada a la Soldadura (GIMAS), hasta que posteriormente se crea el Grupo de Automatización, Robótica y Percepción (GARP) en esta universidad figura 6.

El también líder científico del GARP, señaló que en estos años de trabajo de los investigadores del Grupo ha aportado diferentes soluciones al país, por lo que han resultado merecedores de reconocimientos nacionales y territoriales, además de varios Premios de la Academia de Ciencias de Cuba.

Teniendo en cuenta toda esta trayectoria investigativa en los últimos tiempos, la máxima dirección del país impulsa el desarrollo de la robótica y la automatización en Cuba. En la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas se ha identificado la robótica de servicio para uso profesional como el área en la que más resultados se pueden implementar en un corto plazo en el país.

Una de las soluciones desarrolladas por estos científicos, que más conoce la población resultan los pilotos automáticos para vehículos autónomos (los populares drones).



GARP
GRUPO DE AUTOMATIZACIÓN
ROBÓTICA Y PERCEPCIÓN

**FOTOGRAMETRÍA AÉREA BASADA EN VEHÍCULO
AÉREO NO TRIPULADOS**

El Grupo de Automatización, Robótica y Percepción (GARP) de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV) y la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (ETICA), han trabajado de conjunto en el análisis de la respuesta espectral de sembrados experimentales de caña de azúcar. Todo ello, a partir de fotogrametría multispectral obtenida con la utilización de VANT.

QGIS **PIX4D**

Trabajo con Sistemas de Información Geográfica

- Calibración automática de la cámara.
- Búsqueda automática de puntos de apoyo.
- Generación del modelo 3D.
- Georreferenciación.
- Realización de medidas de área y volumen
- Cálculo de índices vegetativos.

PhotoScan

Bandas Espectrales

Potencialidades:

- Planes de vuelo con cámara multispectral
- Cálculo de índices vegetativos (NDVI y otros)
- Cálculo de volúmenes y estimación de rendimientos.
- Evaluación de áreas con cámaras RGB para catastro y ortofotos.
- Determinación de marcas espectrales de eventos de importancia para el cultivo de la caña

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Carretera a Camajuaní km 5 ½. Santa Clara, Villa Clara, Cuba

Figura 6. Grupo GARP. Consultado: (UCLV, 2019)

Los estudios sobre los drones fueron desarrollados en UCLV figura 7, por el joven profesor e investigador MSc. Luis Enrique Hernández Morales, quien explica que se trabaja desde la parte teórica, los algoritmos necesarios para que estos vehículos se muevan, hasta la fabricación de los mismos y su puesta en funcionamiento.



Figura 7. Drones utilizados en la UCLV. Consultado en: (UCLV, 2019)

Muy relacionado con esta esfera también desde la UCLV trabajan en el sistema de información geográfico, un sistema gestor que posibilita almacenar y procesar

información que va a tributar a la aplicación de las nuevas tecnologías de las comunicaciones en la agricultura.

Las técnicas de la agricultura de precisión en que trabajan estos investigadores permiten encontrar los déficits y las necesidades reales en cada caso y trabajar sobre ellos de manera específica y con un nivel de precisión mucho más alto.

Estos proyectos se han desarrollado con convenios internacionales, entre ellos con universidades de Bélgica donde se obtuvieron los principales métodos y equipamientos para realizar los productos en Cuba. Asimismo, se establecen relaciones de trabajo con empresas y organismos cubanos.

Cabe destacar que en estas investigaciones se ha trabajado sobre *software* libre y versiones web para facilitar el acceso e interacción con la información.

CONCLUSIONES

Los drones pueden recopilar información de diversas bandas del espectro energético con una resolución espacial de hasta cinco centímetros en aquellos momentos que son críticos para el desarrollo de los cultivos. El uso del dron en la adquisición de datos sobre cultivos reduce grandemente el tiempo empleado para dicha tarea, ya que esta tecnología tiene la capacidad de abarcar un gran número de hectáreas en pocos minutos, en comparación a la manera convencional, que puede tomar días o semanas para el agricultor. Debido a la fácil adquisición de datos que brinda un dron a las actividades agrícolas, su utilización puede hacerse de manera repetitiva durante el mismo día, con periodicidad frecuente y en diferentes horarios, para luego comparar los datos obtenidos y evidenciar el progreso del cultivo.

La comunidad científica muestra resultados y avances prometedores: que se incrementa la precisión de las imágenes, se logran productos más confiables para la agricultura de precisión y cada vez es posible analizar más elementos relacionados con el desarrollo de los cultivos y los factores que condicionan sus rendimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRO. IBERF. 2020. Beneficios de usar drones en la agricultura. Consultado: 13 de agosto de 2020. Disponible en: <https://agro.iberf.es/beneficios-uso-drones-agricultura/>.
- BARRIENTOS, A.; J. CERRO; P. GUTIÉRREZ; R. SAN MARTÍN; A. MARTÍNEZ. 2015. Vehículos Aéreos no Tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones. Universidad Politécnica de Madrid.
- Dronaid. 2018. Drones para Agricultura Ventajas y Beneficios Consultado: 4 de abril de 2019. Disponible en: <https://dronaid.com/es/ventajas-de-los-drones-para-agricultura/>.
- GARCÍA MATEU, L. 2014. Drones, el cielo está al alcance de todos. pp 2.
- TORRES GARCÍA, M. 2017. Aplicaciones geomáticas en agricultura. <http://hdl.handle.net/10251/88361>.
- JARA, M.; J.P. PUCCI. 2016. Proyecto de investigación sobre drones. pp 15-16.
- KNIPPER, K.; R. KUSTAS; W.P. ANDERSON; M.C. ALFIERI; J.G. PRUEGER; J.H. HAIN; C.R. SÁNCHEZ; 2018. Evapotranspiration estimates derived using thermal-based satellite remote sensing and data fusion for irrigation management in California vineyards. *Irrigation Science*. Doi: 10.1007/s00271-018-0591-y.
- MAHAJAN, U.; B. BUMDEL. 2016. Drones for Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), to Estimate Crop Health for Precision Agriculture: A Cheaper Alternative for

- Spatial Satellite Sensors. En: International Conference on Innovative Research in Agriculture, Food Science, Forestry, Horticulture, Aquaculture, Animal Sciences, Biodiversity, Ecological Sciences and Climate Change (AFHABEC-2016), At Jawaharlal Nehru University. pp.38-41.
- PATEL, P. 2016. Agriculture drones are finally cleared for takeoff [News]. *IEEE Spectrum*, 53 (11): 13-14.
- PORTO BLANCO, C. 2019. La agricultura de precisión. Periódico Granma (La Habana). 2 de abril de 2019. Consultado: 14 de julio de 2020. Disponible en: <http://www.granma.cu/doble-click/2019-04-02/la-agricultura-de-precision-02-04-2019-19-04-50>.
- SENSORES DE PRESIÓN. 2020. Consultado: 6 de julio de 2020. Disponible en: <https://www.sensoresdepresion.top/2020/04/ventajas-y-desventajas-de-los-drones-en-la-agricultura.html>.
- TORRES-RUA, A. 2017. Use of UAV for support of intensive agricultural management decisions: from science to commercial applications. En: Thomasson, J. A., McKee, M.; Moorhead, R.J. (Eds). Presentado en SPIE Commercial + Scientific Sensing and Imaging. Anaheim, California, United States. p. 102180A.
- TORRES-RUA, A.; H. NIETO; C. PARRY; M. ELARAB; W. COLLATZ; C. COOPMANS; W. KUSTAS. 2018. Inter-comparison of thermal measurements using ground- based sensors, UAV thermal cameras, and eddy covariance radiometers. En: *Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping III* (Vol. 10664, p. 106640E). International Society for Optics and Photonics. Doi: 10.1117/12.2305832.
- UCLV. 2019. La robótica en Cuba por un futuro promisorio. 30 de julio de 2019. Consultado: 20 de junio de 2020. Disponible en: <https://www.uclv.edu.cu/robotica-en-cuba-por-un-futuro-promisorio>.