



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

PUNTOS DE VISTA

Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión

Use of Drones or Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture

Dr.C. Rodolfo Ríos-Hernández*

GEOCUBA Investigación y consultoría, La Habana, Cuba.

RESUMEN. En el presente trabajo se aborda la problemática relacionada con el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT o DRONE) en la Agricultura. Cada vez se hace más frecuente el uso de Drones en conjunción con otras tecnologías para el estudio de los cultivos, basado en la complejidad que tienen los sistemas naturales para su estudio, ya que en la mayoría de los casos se deben realizar monitoreo, toma de muestras, seguimiento, etc., los cuales son muy complicados o de alto riesgo y esta técnica permite una valoración y toma de decisiones de forma rápida y de calidad. Desde el siglo XIX cuando comenzó su utilización con fines militares para vigilancia remota hasta la actualidad se viene originando el crecimiento de estos aparatos o unidades no tripuladas como una tecnología potente desarrollada también en el sector civil, específicamente en el campo de la agricultura de precisión. Tras estos avances científicos y tecnológicos, en la última década, los agricultores comenzaron a usarlos para monitorear sus campos, así como para ayudar a los programas de agricultura de precisión. Hay estimaciones de que 80 a 90% del mercado de aparatos no tripulados en la próxima década se utilizará en la agricultura.

Palabras clave: Tecnologías modernas, patrones, imágenes, riego, siembra, fertilización, sensores.

ABSTRACT. This work addresses the problem related to the use of unmanned aerial vehicles (UAV or DRONE) in Agriculture. The use of drones in conjunction with other technologies for the study of crops is becoming more and more frequent, based on the complexity of natural systems for their study, since in most cases we must carry out monitoring, sampling, monitoring, etc., which are very complicated or high risk and this technique allows a quick and quality assessment and decision making. Since the nineteenth century, when its use for military purposes for remote surveillance began, until today, the growth of these devices or unmanned units has been originating as a powerful technology also developed in the civil sector, specifically in the field of precision agriculture. Following these scientific and technological advances, in the last decade, farmers began using them to monitor their fields, as well as to aid precision agriculture programs. There are estimates that 80-90% of the drone market in the next decade will be used in agriculture.

Keywords: Modern Technologies, Patterns, Images, Irrigation, Seeding, Fertilization, Sensors

INTRODUCCIÓN

Un dron es un vehículo aéreo no tripulado (VANT por sus siglas en español). Los drones se manejan con control remoto (tipo joystick) o a través de aplicaciones para smartphones o tablets. Actualmente hay diferentes apps desarrolladas para iOS, Android y hasta Linux para pilotar un dron, sacar fotos y filmar.

Actualmente, la agricultura en todo el mundo propende por la seguridad alimentaria a futuro, razón por la cual se está en la búsqueda de tecnologías modernas que ayuden a mitigar la

insuficiente atención a los cultivos que generan gastos innecesarios en el monitoreo de los mismos.

Desde el siglo XIX hasta la actualidad se ha venido desarrollando y elevando la producción de aparatos o unidades no tripuladas como una tecnología potente empleada en el campo de la agricultura de precisión.

Los primeros usos de estos aparatos fueron con fines militares, pero en últimos años comenzaron a utilizarse en la

*Autor para correspondencia: Rodolfo Ríos-Hernández, e-mail: rodolph1950@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6544-1729>

Recibido: 20/01/2021.

Aprobado: 23/07/2021.

agricultura para monitorear sus campos, así como para ayudar a los programas de agricultura de precisión (Stehr, 2015). Hay estimaciones de que 80 a 90% del mercado de aparatos no tripulados en la próxima década se utilizará en la agricultura.

A partir de los drones, empelados como una herramienta tecnológica innovadora, es posible resolver las problemáticas expuestas en campos de cultivos de gran extensión, ya que con cámaras de alta definición e información geográfica pueden recorrer más de mil hectáreas en menos de una hora (Koh & Wich, 2012).

Estos dispositivos para la toma de mediciones y captura remota sobrevuelan los cultivos con cámaras multispectrales pueden tomar fotografías y grabar videos de alta resolución que detectan características que se pasan por alto a simple vista, ayudando a respaldar las decisiones para una mejor precisión y productividad del campo (García & Flego, 2008).

La agricultura de precisión con drones supone múltiples ventajas, desde el seguimiento detallado y pormenorizado de la cosecha, una mejora en el consumo de agua o una fumigación precisa a un bajo costo. Así con su utilización se pueden suministrar a los agricultores fotos infrarrojas que, tras ser sometidas a determinados programas informáticos, arrojan mapas de vigor de las plantas y de sus hojas.

Los drones, una herramienta de gran utilización en la Agricultura de Precisión

Una de las principales labores de los drones es monitorear las parcelas agrícolas. Para ello, el dron capta imágenes que, tras el tratamiento informático adecuado, son capaces de arrojar datos precisos sobre diferentes aspectos, como:

- El estrés hídrico de los cultivos.
- Las deficiencias nutricionales de las plantas.
- La incidencia en los cultivos de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- El estado de desarrollo y fenológico de las plantas.

Estos datos pueden llevarse en un pendrive al ordenador de a bordo del tractor. De esta forma, el agricultor puede aplicar dosis de agroquímicos (como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) mucho más ajustadas a las necesidades del cultivo y sólo allí donde sea necesario. Esta optimización en el uso de los agroquímicos supone un ahorro económico y de tiempo, así como un beneficio para el medio ambiente.

Los drones agrícolas permiten a los agricultores acceder a una gran cantidad de datos que validados o no según sea necesario, con otras obtenidas por otros medios, pueden utilizarse para apoyar la toma de decisiones y aumentar la rentabilidad de la explotación.

Pero los drones agrícolas no quedan relegados a tareas de monitorización. Diferentes líneas de investigación desarrolladas permiten utilizar los drones en otros tipos de tareas (Mullen, 2004).

Análisis de suelos

En cualquier momento del ciclo de cultivo, los drones agrícolas pueden usarse para obtener datos muy útiles sobre el suelo. Con los mapas 3D obtenidos por los drones, se puede valorar si existen problemas relacionados con la calidad del suelo o con el manejo de los nutrientes.

Con esta información se pueden determinar mejor los patrones de plantación o de siembra más efectivos en próximas cam-

pañas. La monitorización constante también permite vigilar de cerca los recursos hídricos y la administración de los nutrientes.

Siembras

Emprender las labores de siembra con drones comienza a ser posible mediante una tecnología nueva y aún poco extendida, que algunas empresas están experimentando, con sistemas capaces de disparar semillas hacia el suelo previamente preparado. Con el tiempo, es posible que esta tecnología sea capaz de minimizar el coste de las labores de siembra.

Fertilización y fumigación de cultivos

Para obtener rendimientos óptimos, los cultivos suelen requerir de fertilizaciones y fumigaciones periódicas. Tradicionalmente estas labores se completaban a mano, con el tractor o, en áreas muy extensas, incluso con la ayuda de un avión. Aunque hoy en día existen fertilizadoras por sitio específico que permite la aplicación de fertilizantes con dosis determinadas.

De hecho, **incorporar depósitos en los drones** para que carguen los fertilizantes, plaguicidas y herbicidas que luego los apliquen según las necesidades de la parcela, en vuelos a muy poca altura de las plantas resulta mucho más seguro y rentable que el uso de aviones. Es posible programar el dron para que actúe de forma autónoma ejecutando rutas específicas en horarios prefijados.

Por ejemplo, si se detecta un brote de una plaga, se puede tratar el foco inicial con drones y dada la velocidad a la que operan, permiten diagnosticar y contener el problema antes de que se extienda. Además, los drones permiten fumigar de forma puntual, lo que resulta un ahorro para el agricultor y un menor impacto ambiental, así como menos efecto sobre la salud de los trabajadores al evitar la exposición directa a los fumigicidas (Figura 1).

Actualmente, el 40 % de los arrozales en Japón tienen adscrito un dron que los sobrevuela (Berrío *et al.*, 2015).



FIGURA 1. Empleo de un Dron en labores de fumigación.

Mapeo y topografía de cultivos

Una de las mayores ventajas de usar la tecnología de los drones agrícolas es lo fácil que resulta la monitorización a gran escala de los cultivos. Gracias a ellos es posible obtener imágenes en tiempo real y animaciones que recogen la progresión de los cultivos.

Se trata de datos fiables que brindan una excelente panorámica del estado de los cultivos de la parcela. Con esta tecnología puedes determinar:

- El estado fitosanitario de las plantas y del cultivo en general.
- La distribución de la tierra según el cultivo.
- La fenología (etapa del ciclo de desarrollo) del cultivo en tiempo real.
- Mapas georreferenciados detallados del área de cultivo.

Monitorización y manejo del riego

A la hora de aplicar el riego, pueden surgir algunos problemas, especialmente cuanto más grande sea la parcela. Los drones equipados con cámaras térmicas pueden ayudar a detectar problemas en el riego, así como determinar aquellas zonas en las que existe un exceso o déficit de humedad mediante sensores infrarrojos, capaces de medir el grado de estrés hídrico de las plantas.

Una monitorización eficaz del estado hídrico de los cultivos es esencial para optimizar el uso del agua en la agricultura, así como su desarrollo y producción final. Esto es especialmente significativo en el caso de que se estén desarrollando prácticas de riego deficitario, en donde la cantidad de agua aplicada es inferior a la demandada por el cultivo, lo que provoca situaciones de déficit hídrico tanto en el suelo como en la planta.

A partir de la información obtenida por los drones, se puede regular el riego para que resulte más eficiente y equilibrado, evitando que en unas zonas se desaproveche agua mientras en otras no llega la suficiente para el desarrollo óptimo de las plantas. Del mismo modo, permitirá diseñar sistemas de drenaje que evacúen excesos de agua de lluvia que puedan dañar los cultivos.

El uso de cámaras termográficas en un dron permite conocer la temperatura del suelo y de las copas de los árboles de varias hectáreas en un corto periodo de tiempo. El análisis de estas imágenes, junto con la información de la radiación solar de ese día, posibilita saber el índice de irrigación de cada campo y ob-

servar las diferencias que aparecen entre los diferentes cultivos.

Otros usos

En lugares en los que existe una importante incidencia en el ataque de aves sobre los cultivos, ya se emplean drones para ahuyentar a aquellas especies de granívoras y frugívoras que merman las cosechas. Para ello, los drones destinados a este fin se diseñan con la apariencia de aves rapaces.

A pesar de todas estas aplicaciones, la tecnología de drones agrícolas todavía debe salvar varios escollos. Por un lado, es necesario desarrollar máquinas lo suficientemente potentes como para transportar cargas pesadas (de los productos a aplicar o las cosechas recolectadas). Por otro, lograr que los drones tengan una mayor autonomía, es decir, que requieran menos interrupciones para el repostaje.

Según las características y necesidades los drones agrícolas pueden ayudar a optimizar el uso de los insumos en los cultivos y tener un mejor control de todo el proceso de producción.

Algunas consideraciones sobre los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o Drones

Los VANT son aviones o multirotores controlados de forma remota o autónoma que siguen una línea de vuelo pre programada (Torres, 2013).

Los VANT fueron desarrollados inicialmente por el ejército americano y la capacidad de controlarlos a grandes distancias no era muy sofisticada, de tal forma que los primeros drones volaban por senderos preestablecidos, operando fuera del sistema de navegación interno, lo que condujo a denominar dron a cualquier máquina que vuela sin control humano.

El uso de drones para la captura de imágenes aéreas de alta resolución presenta ventajas sobre el uso de aviones tripulados con los mismos fines ya que pueden proporcionar una calidad mejor en el ámbito local y logran penetrar áreas inaccesibles (Tabla 1) (Krzysztof, 2011).

TABLA 1. Comparación entre aviones y drones Berrío *et al.* (2015)

VARIABLE	AVIONES	DRONES
Área cubierta	Mayor cobertura por vuelo, hasta 1000 ha	Menor cobertura por vuelo, hasta < 20 ha
Duración de la batería	Mayor, generalmente realiza el vuelo con el 20 al 50% del motor	Menor por mayor número de motores
Resolución de las Fotografías	Depende de la altura de vuelo	Depende de la altura de vuelo
Estabilidad	Menor	Mayor
Costo	Menor	Mayor
Requiere experiencia y habilidades para su operación	Mayor	Menor
Duración del vuelo	Hasta dos horas	Hasta dos horas
Implicación personal	Dos pilotos con calificaciones	Un piloto algunas veces 1 ayudante/observador
Área de cobertura por vuelo	Cientos de kilómetros cuadrados	Alrededor (900ha) para mapa rectangular por vuelo,

VARIABLE	AVIONES	DRONES
Resolución	Menor altitud limitada por ruido, reglamentos y riesgo en zonas urbanas. Requiere tiempo para conectar a tierra	Límite superior de altitud a menudo impuesta por las leyes de tránsito aéreo
Impacto ambiental	Límites de ruido y consumo de combustible.	A 200 metros en su mayoría inaudibles. Energía eléctrica recargable.
Preparación retoma de la misión	Sobre cartografía, debe regresar al campo de aviación	En la estación de tierra sobre un software específico. Se puede guardar cerca de zona de la misión a la espera de tiempo despejado

Los VANT se componen normalmente de fuselaje (normalmente de poliestireno), telemetría (controlada por radio en las frecuencias de 2.4 Ghz y 5.8 Ghz, a través de la cual se comunica el dron y se permite la transmisión de videos e imágenes si se usa un sistema de vista en primera persona o first person view (FPV), receptor o control remoto (con 2 a 8 canales para control de alerones, elevadores y cámara), computador a bordo (incluye GPS y unidad de medición inercial (IMU) dispositivo que mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos), sensor de presión y data log del vuelo (operado por software instalado en la estación de control en tierra), Estación de control en tierra (PC con software que transmitir coordenadas y recibir información del vuelo), batería (generalmente de polímero de litio (LiPo) con diferente número de celdas y capacidades) y cámara (funciona en diferentes rangos del espectro electromagnético, desde el visible hasta el infrarrojo cercano) (Berrío *et al.*, 2015).

Existen dos tipos principales de VANT, modelos de ala fija (Fixed Wing Aircraft) representados mayormente en aviones, multirrotores y cópteros, cuyo uso depende de factores como el área de estudio, la precisión del vuelo y las habilidades para su operación.

Nociones básicas en la implementación de drones en agricultura

En el proceso de implementación de drones en la agricultura, es necesario conocer aspectos tales como, espectro electromagnético, tipos de cámaras, respuesta espectral de las plantas e índice NDVI, los que posibilitan realizar estudios de los cultivos (Martínez & Casterad, 2012).

El espectro electromagnético hace referencia a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) un objeto y que sirve para su identificación, dentro de una porción del espectro visible por el ojo humano y el límite del infrarrojo.

En cuanto a los **tipos de cámaras**, en el uso de aplicaciones agrícolas se ha difundido el uso de cámaras en color que usa el espectro visible por el ojo humano en rojo, verde y azul (RVA) o RGB – red, green, blue, por sus siglas en inglés y cámaras en

infrarrojo cercano NIR (near – infrared) a través de las cuales y, utilizando combinaciones e índices, se pueden apreciar características de los cultivos.

El RGB se usa para inspección visual, modelos de elevación del terreno y conteo de plantas, mientras que el NIR es empleado para detectar propiedades de los suelos y análisis de humedad o estrés por deficiencia de nutrientes en el suelo de los cultivos, manejo del agua, balance hídrico, análisis de erosión y conteo de plantas que permiten tomar decisiones adecuadas para su manejo.

En cuanto a la **respuesta espectral** de las plantas, cabe mencionar que estas absorben radiación solar en la región espectral de radiación fotosintética activa, la cual es usada como fuente de energía en el proceso de fotosíntesis que en el marco de un balance con la respiración, permite la producción de materia seca (Foyer y Matthew, 2001). Por lo tanto, la vegetación aparece relativamente oscura en la región de radiación fotosintética activa y relativamente brillante en el infrarrojo cercano (Martínez & Casterad, 2012).

Como lo mencionan Verdin *et al.* (2003), el índice de **vegetación de diferencia normalizada NDVI**, es usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base en la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Así, el índice de NDVI cuantifica, a través de la reflectancia, áreas de alto vigor (densidad vegetal) que poseen una mayor reflectancia en el infrarrojo cercano y una menor reflectancia en el rojo, debido a que poseen un mayor índice NDVI.

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.

En el mercado internacional hay diversos tipos de drones para la agricultura. Los más utilizados en este campo son el multirroto-cuadróptero (tiempo de vuelo de 30 minutos y cobertura por vuelo de 65 ha) y el de ala fija (tiempo de vuelo de 30 a 90 minutos y cobertura por vuelo de 120 a 3.800 ha), como se observa en la Figura 2.

Un aspecto importante son los sensores utilizados y calibrados para la agricultura, ver un ejemplo en la Figura 3 de sensores que capturan imágenes rojo-verde-azul (RGB) e infrarrojo cercano (NIR) (Patel, 2016).



FIGURA 2. Drones utilizados en la agricultura: (a) multirrotor (cuadricóptero), (b) de ala fija.

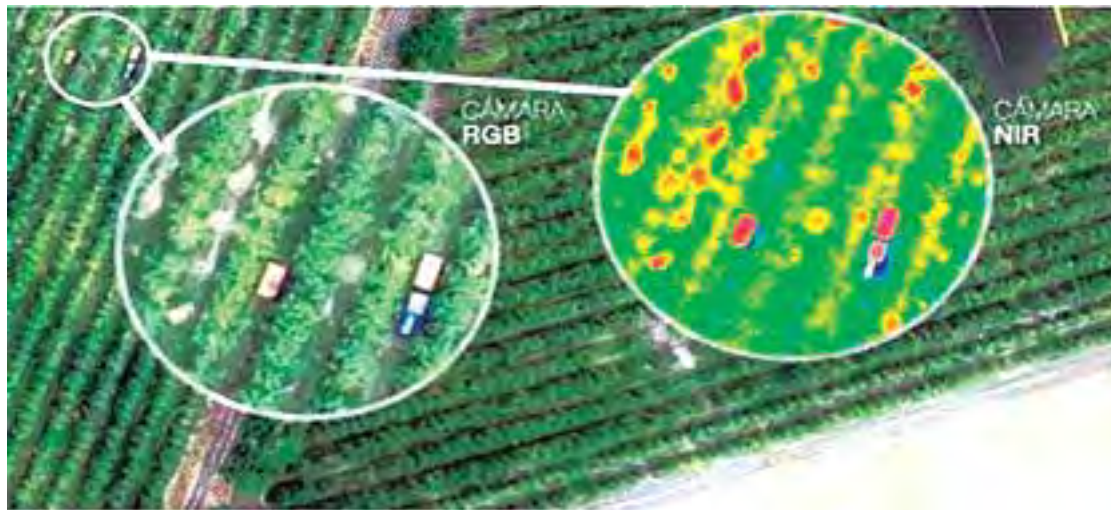


FIGURA 3. Imágenes según tipos de cámara y espectros (RGB y NIR).

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 (Figura 4).



FIGURA 4. Dron con un sensor realizando las pruebas de campo para la detección de patrones de color.

En la agricultura se requiere información adecuada para cuantificar y decidir sobre el momento y el lugar del riego, siembra, fertilización y cosecha. Una irrigación eficiente puede ayudar a evitar el estrés hídrico de los cultivos, los niveles indeseables de lixiviación de nutrientes y la reducción del rendimiento debido a la escasez de agua, la escorrentía o el riego excesivo (Hassan *et al.*, 2015). Se puede lograr una mayor eficiencia en el uso del agua cuando su aplicación se ajusta de manera precisa a la demanda de agua del cultivo distribuida espacialmente.

La agricultura de precisión requiere una alta gestión espacial de los insumos para la producción agrícola. Esto necesita que la información procesable sobre el estado del cultivo y el campo se adquiera con la misma resolución espacial alta y en una frecuencia temporal apropiada para las respuestas oportunas (Al-Arab *et al.*, 2013).

A inicios del uso de los drones o vehículos aéreos no tripulados, se proyectó que estas tecnologías se integrarían estrechamente en las actividades agrícolas a un ritmo acelerado y se convertirían en una herramienta ubicua y de bajo costo para tales operaciones (Torres, 2017). Sin embargo, varios años después, se reconoce ampliamente que esta tecnología disponible aún no se ha integrado en la agricultura como se esperaba a pesar de las múltiples ofertas de la plataforma.

La tecnología actual ha avanzado a tal extremo que no es necesario preocuparse por esta, sino por las aplicaciones que se le deben dar.

Los cultivos utilizan la radiación solar para la fotosíntesis. En general, los cultivos “sanos” absorben la mayor parte de la radiación del espectro del rojo, mientras que reflejan la mayor parte de la radiación del infrarrojo cercano. Sin embargo, los cultivos bajo estrés reducen su capacidad para absorber en el rojo y reflejar en el infrarrojo cercano. Tal información es utilizada para la alerta temprana del estrés hídrico de los cultivos.

Se sabe que los humanos no pueden ver en el infrarrojo cercano, por lo que suele reaccionar demasiado tarde en lugar de ocurrir durante la fase inicial del estrés. Los drones pueden recopilar información de diversas bandas del espectro energético con una resolución espacial de hasta 5 centímetros en aquellos momentos que son críticos para el desarrollo de los cultivos. De ahí que los datos espectrales captados por los sensores se convierten en información muy útil para el seguimiento y la toma de decisiones que posibiliten alcanzar mejores rendimientos en los cultivos.

Asimismo, un aspecto importante es el componente económico que se logra con la aplicación de esta tecnología, por lo que resulta recomendable con el fin de reducir costos.

La comunidad científica muestra resultados y avances prometedores: 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.

Empleo de la tecnología Vant en Cuba (Geocuba 2020)

El Grupo empresarial GEOCUBA ha obtenido avances significativos en el empleo de la tecnología VANT en Cuba, Figuras 5 y 6 según Reyes & Pérez (2020).

1. Equipos utilizados:

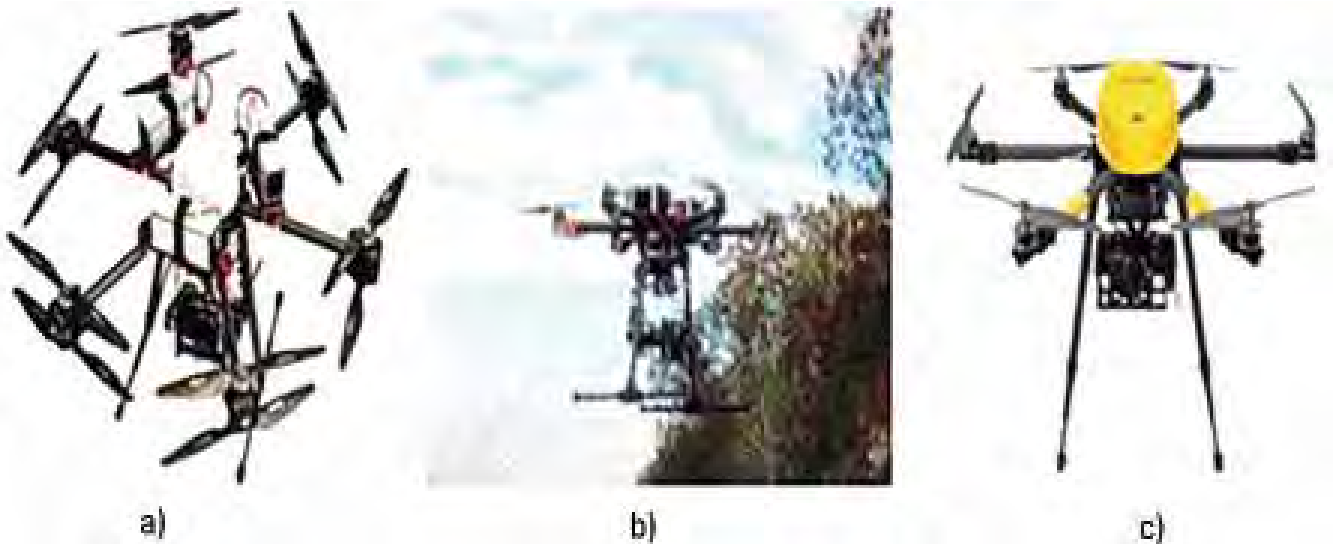


FIGURA 5. Mini Drones de ala rotatoria. a) Modelo NEVA 13 de 12 motores. b) Modelo NEVA 12 de 6 motores. c) Modelo Multirotor Trimble ZXS.

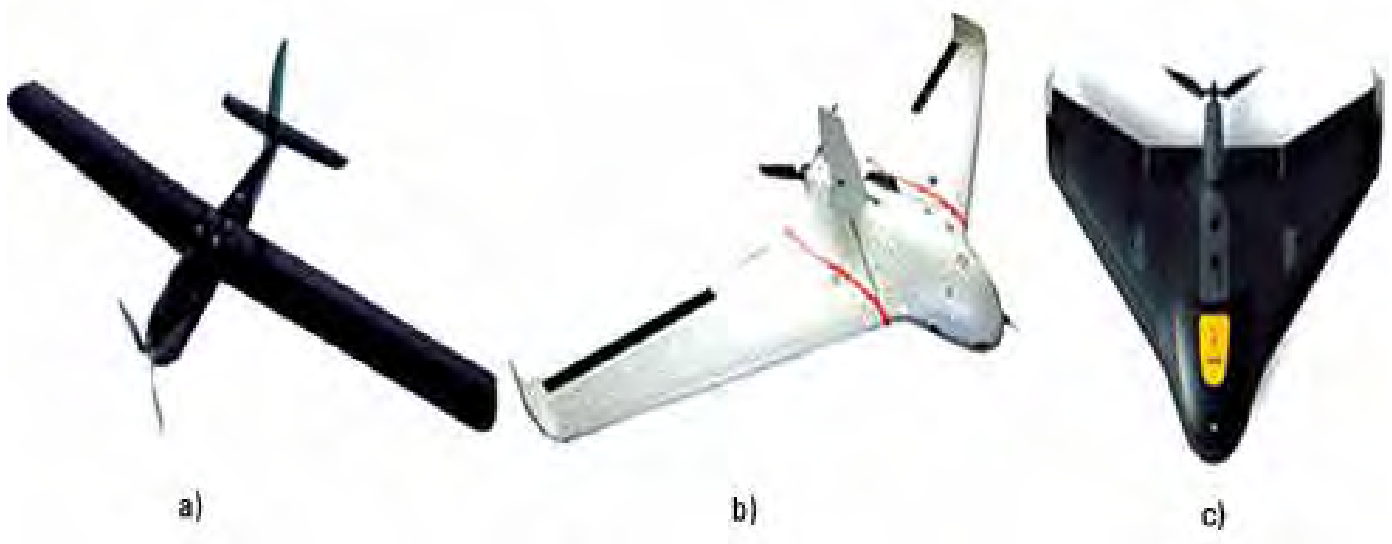


FIGURA 6. VANTs de ala fija. a) Modelo BEKURT. b) Modelo DELTA. c) modelo Trimble UXS.

2. Algunos sensores utilizados en los VANTs (Figura 7).



FIGURA 7. Vehículos aéreos no tripulado y sensores.

Empleo de los VANTs en el monitoreo de cultivos. Es una herramienta de ayuda en la toma de decisiones relacionadas con la planificación, gestión, manejo y control de los procesos a nivel de parcela-campo. Ejemplo tomado del Proyecto de monitoreo del arroz en la UEB-EAIG-País.

Realización de un vuelo a los 15 días de sembrados:
Permite determinar densidad y fallas en los cultivos (Figura 8).
Permite determinar zonas de inundación y pendientes del terreno (Figura 9).



FIGURA 8. Densidad y fallas en los cultivos.



FIGURA 9. Zonas de inundación y pendientes del terreno

Ríos-Hernández: Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión

Permite realizar inspecciones visuales del terreno (Figura 10).

Realización de un vuelo a los 40 días de sembrado permite determinar plagas y anomalías (Figura 11).



FIGURA 10. Inspecciones visuales del terreno.

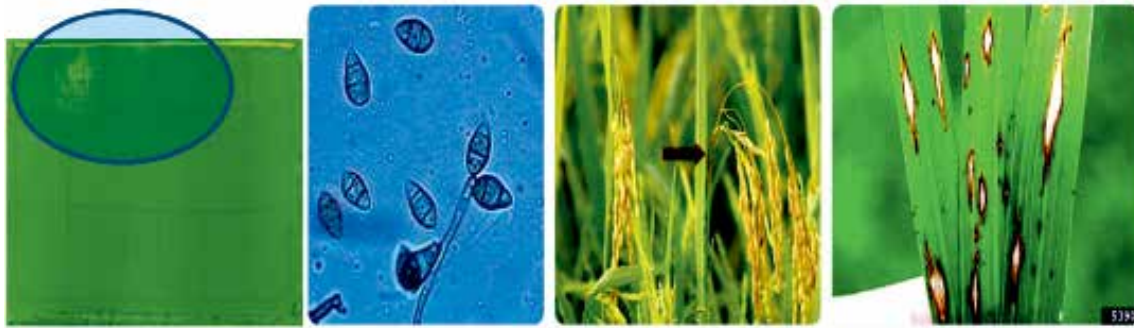


FIGURA 11. Plagas y anomalías.

Realización de un vuelo a los 90 días de sembrado permite determinar rendimientos del cultivo (Figura 12).

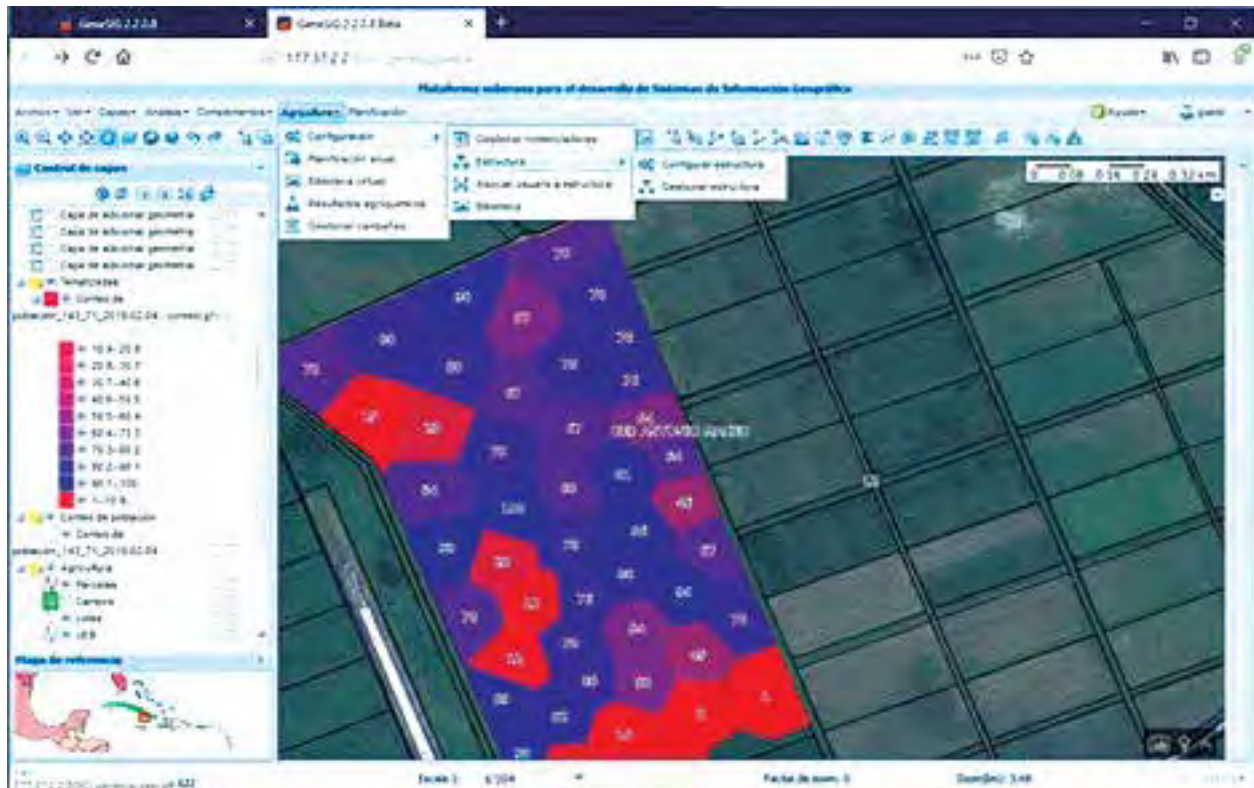


FIGURA 12. Mapa de rendimiento de los campos.

Desarrollo de VANT con nuevas características técnicas, de explotación y parámetros constructivos para las condiciones de Cuba (Figura 13).

Otros organismos y entidades también han obtenido resultados en la aplicación de estas técnicas como son AZCUBA, Minag, CENPALAB, UAH, Universidad de Villa Clara.



FIGURA 13. Desarrollo de Vant por GEOCUBA.

CONCLUSIONES

Se pueden identificar algunas ventajas de los drones frente a otros métodos:

- Precisión en la toma de datos al abarcar una gran superficie en el mismo rango de tiempo.
- Se pueden realizar varios vuelos en diferentes días y programar el momento más adecuado del día según las características de la plantación a estudiar, para lograr disponer de datos en un periodo de tiempo diferenciado, que nos permita hacer análisis comparativo.

terísticas de la plantación a estudiar, para lograr disponer de datos en un periodo de tiempo diferenciado, que nos permita hacer análisis comparativo.

- Alta disponibilidad de datos recolectados en el tiempo.
- Alta resolución de las imágenes obtenidas, en muchos casos mayor que las imágenes satelitales.
- Reducción de costos frente a otras técnicas convencionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-ARAB, M.; TORRES, R.A.; TICLAVILCA, A.; JENSEN, A.; MCKEE, M.: "Use of high-resolution multispectral imagery from an unmanned aerial vehicle in precision agriculture", En: *2013 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium-IGARSS*, Ed. IEEE, Melbourne, Australia, pp. 2852-2855, 2013, ISBN: 1-4799-1114-3.
- BERRÍO, M.; VIVIANA, A.; MOSQUERA, T.; ALZATE, V.: "Uso de drones para el análisis de imágenes multispectrales en agricultura de precisión.", 13 (1), 28-40", @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(1): 28-40, 2015, ISSN: 1692-7125.
- FOYER, C.; MATTHEW, P.: *Sink relationships*, Ed. Nature Publishing Group, Encyclopedia of Life Sciences ed., United Kingdom, 11 p., 2001.
- GARCÍA, E.; FLEGO, F.: "Agricultura de precisión", *Revista Ciencia y Tecnología.*, 2008, Disponible en: http://www.palermo.edu/ingenieria/Ciencia_y_tecnologia/ciencia_y_tecno_8.html.
- HASSAN, E.L.; TORRES, R.A.; MCKEE, M.: "Assessment of optimal irrigation water allocation for pressurized irrigation system using water balance approach, learning machines, and remotely sensed data", *Agricultural Water Management*, 153: 42-50, 2015, ISSN: 0378-3774.
- KOH, P.L.; WICH, S.A.: "Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation", *Tropical conservation science*, 5(2): 121-132, 2012, ISSN: 1940-0829.
- KRZYSZTOF, B.: *Secrets of UAV photomapping. Presented satellite maps CNES/Spotimage*, [en línea], Inst. Satellite maps CNES/Spotimage), USA, 2011, Disponible en: http://s3.amazonaws.com/DroneMapper_US/documentation/pteryx-mapping-secrets.pdf.

Ríos-Hernández: Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión

MARTÍNEZ, C.L.; CASTERAD, S.M.A.: *Incorporación de tecnologías de información territorial en una explotación agraria de secano ante la práctica de agricultura de precisión*, 2012.

MULLEN, R.: *Manual of photogrammetry*, Ed. Asprs Publications, 2004, ISBN: 1-57083-071-1.

PATEL, P.: "Agriculture drones are finally cleared for takeoff [News]", *IEEE Spectrum*, 53(11): 13-14, 2016, ISSN: 0018-9235.

REYES, S.L.M.; PÉREZ, C.M.: *Implantación del cuadro de mando integral en la empresa Geocuba Oriente Norte*, Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación, 2020.

STEHR, N.J.: "Drones: The newest technology for precision agriculture", *Natural Sciences Education*, 44(1): 89-91, 2015, ISSN: 2168-8281.

TORRES, R.A.: "Use of UAV for support of intensive agricultural management decisions: from science to commercial applications", En: *Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping II, Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping II*, ser. 102180A, Ed. International Society for Optics and Photonics, vol. 10218, 2017.

TORRES, S.J.P.: "Puesta a punto de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para detección de malas hierbas en fase temprana: resolución especial y latura de vuelo", En: *XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, Valencia-España, pp. 43-47, 2013.

VERDIN, J.; PEDREROS, D.; EILERTS, G.: *Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI)*, Inst. FEWS-Red de alerta temprana contra la inseguridad alimentaria, USGS/EROS Data Center, Centroamérica, 2003.

Rodolfo Ríos-Hernández, Inv., GEOCUBA Investigación y consultoría, La Habana, Cuba, e-mail: rodolphorh1950@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6544-1729>

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.



Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los Suelos (PNCMS) se concibió con el aporte de un financiamiento estatal nacional para reintegrar a las unidades productivas y productores individuales los gastos generados en la ejecución de medidas de conservación y mejoramiento de los suelos. Entre las principales acciones a financiar se encuentran: construcción de barreras vivas, muertas, de muro de contención y tranques de colectores naturales, establecimientos de coberturas vivas, corrección de cárcavas, aplicación de enmiendas minerales y orgánicas al suelo, ejecución de drenajes primarios, producción de compost y humus de lombriz, plantación de frutales y forestales para la protección de fajas hidrorreguladoras, entre otras. Dentro del PNCMS existe una prioridad



Banco de Crédito y Comercio (BANDEC), Gradientes. Para lograr que el sistema de categorías de MST estuviera estimulada por nuevos incentivos financieros en noviembre del 2017 se firmó un Acuerdo Cooperativo entre la Agencia de Medio Ambiente (AMA), el Programa de Asociación de País y el BANDEC que es la entidad bancaria que está diseñada para la atención al sector agropecuario y forestal en Cuba. Este nuevo incentivo financiero constituye un ahorro en la economía de los productores reconocidos con alguna de las categorías de MST que se refleja directamente en el incremento de las producciones, mayores contrataciones de fuerza laboral y mejoras socioeconómicas para el productor y su familia. Este incentivo consiste en la disminución de las tasas de interés de los créditos



Empresa de Seguros Nacionales (ESEN). Primera póliza combinada "ReverdESEN" desarrollada en Cuba para productores con categorías de MST. Conocida de conjunto entre la ESEN y la AMA con su Programa CPP-OP15. Constituye la combinación perfecta, pues rompe los esquemas de los seguros tradicionales y abarca objetos tan amplios como los bienes agrícolas y pecuarios, los inmuebles y su contenido, lo relacionado con la vida de los productores y su familia, y cubre riesgos asociados a fenómenos climatológicos, la muerte o accidentes. Cuenta con una prima única con bonificaciones más atractivas, ofrece mayor amplitud de coberturas con bajos costos al asegurado.



CPP OP15, Agencia de Medio Ambiente, Calle 20 No. 4017 entre 18a y 47 CP. 11300, Playa, La Habana
Teléfono: (+53) 7202 9328 / Email: cpp.mst@ama.cu / Repositorio: <http://repositorio.geotach.cu/soal/handle/1234/2042>