

Aplicación de Drones para el Estudio de las Ciencias Geológicas y Teledetección

RESUMEN

Sobre la base de diversos experimentos, el uso de los drones y la teledetección han optimizado el estudio de las geociencias; desde la agricultura de precisión hasta la cartografía y topografía, así como el mapeo de zonas para un mejor análisis de estas, ya que métodos tradicionales toman más tiempo y recursos sin obtener datos precisos para el futuro estudio y control de los sectores. De tal manera, el objetivo que tiene este artículo científico radica en analizar los diferentes usos de los drones en las geociencias para su estudio y mejora de recolección de datos, al igual que mostrar ventajas y desventajas sobre esta implementación a diferencia de otros métodos. Existen diversas situaciones de riesgo que se presentan cuando se realizan las investigaciones geológicas. De igual forma, su costo de transportación de equipo y personal, el esfuerzo y tiempo que se consumen, sin mencionar las áreas difíciles de acceder, son los grandes problemas que existen cuando se realizan estas investigaciones. Para construir o poder trabajar sobre cierta área se debe de evaluar las condiciones del terreno y con la ayuda de los satélites tenemos menos precisión en la toma de datos, al igual que depende del clima y los costos son elevados. Por tanto, su aportación radica en exponer las metodologías para el uso correcto de la teledetección y fotogrametría, para llevar un buen estudio desde la toma de imágenes, procesado de estas, análisis de los datos, así como también el uso correcto y las partes del dron para la precisión de captura de datos.

INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy existen diversas aplicaciones de los drones, desde el uso recreativo hasta el uso para diversos estudios. Diversos estudios han arrojado resultados sobre el uso de los drones para el estudio de las ciencias geológicas, mostrando que la aplicación de los drones, generalmente, reduce los tiempos, costos y riesgos humanos, aumentando la productividad y la precisión de la obtención de información para los estudios geológicos y la teledetección.

Este artículo científico tiene como idea exponer el análisis de diferentes usos de los drones en las ciencias geológicas y la recolección de datos, la teledetección y el postproceso de las imágenes, como bien su buena interpretación para aprovechar al máximo estos datos y poderlos usarlos para la mejora del estudio o bien del campo a analizar. También resulta en enseñar las ventajas y desventajas sobre esta tecnología implementada a diferencia de otros métodos comunes que resultan ser no tan eficientes como el uso de los drones.

Para tener un buen estudio de estas ciencias, debemos conocer lo peligroso que puede llegar a ser el entrar a nuevos terrenos, donde no haya ninguna intervención humana hasta el momento, también el costo de la transportación del personal y del mismo equipo que se utilizará para llevar a cabo las investigaciones, es elevado al igual que el esfuerzo y el tiempo que se consume entre todo esto. Sumado a lo anterior, existen áreas que son difíciles de acceder para las personas, todos estos factores llevan a extender el estudio y el dinero que se invierte en esto, y para construir o poder trabajar sobre dicha zona, se debe de evaluar las condiciones de esta, la ayuda de los satélites tiene menos precisión a la hora de toma de datos, sin mencionar que depende del clima y el costo elevado que tiene.

Este escrito hace énfasis en metodologías para un uso correcto de la teledetección y fotogrametría, para una toma correcta de imágenes y de igual forma, su procesado eficiente, así como el análisis adecuado de los datos y a su vez, enseña el manejo indicado del dron junto a las partes de este para la precisa captura de datos. Asimismo, tendrá un enfoque tecnológico de los drones, exponiendo las partes del dron, los tipos de drones que existen, los sensores más indicados para los diferentes estudios y el uso correcto de estos para el óptimo estudio de las geociencias, mostrando el uso indicado de la fotogrametría, la captura de datos e imágenes y el procesado de esto optimizando el estudio de las zonas deseadas.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Para esta selección de las fuentes bibliográficas, se buscó por las palabras claves drones, ciencias geológicas, teledetección, cartografía, topografía. De esta manera se encontraron fácilmente artículos científicos relacionados con mi tema. Así, leyendo los artículos, se seleccionaron los mejores 10, los que son útiles con la información que proponen para la bibliografía comentada y así utilizarlas como referencias para mi artículo científico.

El artículo científico se orienta a informar resultados de varias investigaciones seleccionadas para presentar la mejora de implementar los drones y las metodologías que hacen mejor la obtención de información en los procesos de modelación. Las fuentes bibliográficas que fueron utilizadas para el artículo científico son extraídas en su mayoría de repositorios de universidades como Universidad de Cundinamarca, Universidad Distral, así como la hemeroteca de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. También las referencias se encontraron de la biblioteca de la Universidad de las Américas Puebla.

Las referencias utilizadas como respaldo son de investigadores de las universidades, así como de empresas exponiendo sus resultados sobre esta aplicación de los drones, sobre sus metodologías y trabajos realizados para una mejor precisión de datos. Estas tienen una antigüedad del 2015 para la actualidad, dándonos cuenta como ha mejorado en estos pocos años exponencialmente la tecnología de los drones y su implementación, una aplicación de alta y actualizada tecnología.

I. HISTORIA DE LOS DRONES

Algo muy significativo es conocer la introducción de los drones al mundo de la tecnología. Está claro el funcionamiento de un dron y las diferentes aplicaciones que se le pueden dar gracias a su versatilidad, pero poca gente conoce la historia y evolución que han tenido a lo largo de los años, ya que muchos creen que son una tecnología muy reciente.

I. Venado (2017) relata que la historia se escribe en Austria, en el año 1849, cuando el ejército austriaco fabricó globos aerostáticos que no estaban tripulados y se encontraban cargados con bombas sobrevolando Venecia. Poco a poco se fueron perfeccionando y para la primera guerra mundial tuvieron un mayor uso y aplicación. Se utilizaron para tomar fotografías del panorama y también para lanzar bombas en aviones que no estaban tripulados. Como en toda tecnología en pleno desarrollo, se llevaron a cabo accidentes que al final sirvieron para mejorar este potencial tecnológico.

El avance más notorio se dio a partir de una demostración de Nikola Tesla en la ciudad de Nueva York, cuando se dio a conocer un submarino que se controlaba a distancia por ondas radiomagnéticas, desde entonces las agencias gubernamentales dieron prioridad y enfoque a desarrollar esta nueva tecnología. Gracias a las guerras, esta tecnología fue evolucionando aún

más cada vez, la necesidad de crear vehículos aéreos que no fueron tripulados.

Hoy en día conocemos un diseño moderno que ayuda a diferentes áreas y estudios como son la oceanografía, la ecología y la agricultura. Esta tecnología es aprovechada para tomar fotos aéreas con un bajo costo, pero teniendo una gran calidad de imagen, así no se tiene que depender de las imágenes satelitales, siendo más práctico, barato y eficiente.

1.1. Clasificación de los drones

Gracias a la innovación que se vive día con día, se presentan varias formas de poder clasificar a los drones, siendo importante conocer estas clasificaciones.

La ilustración 1 nos expone los tipos de drones que existen actualmente de acuerdo con las alas, su control y/o su uso.



Ilustración 1 Tipos de drones (alas, control y uso). De Área dron, (2019).

Ahora, en la ilustración 2, podemos observar una clasificación por su número de hélices que posee el dron.

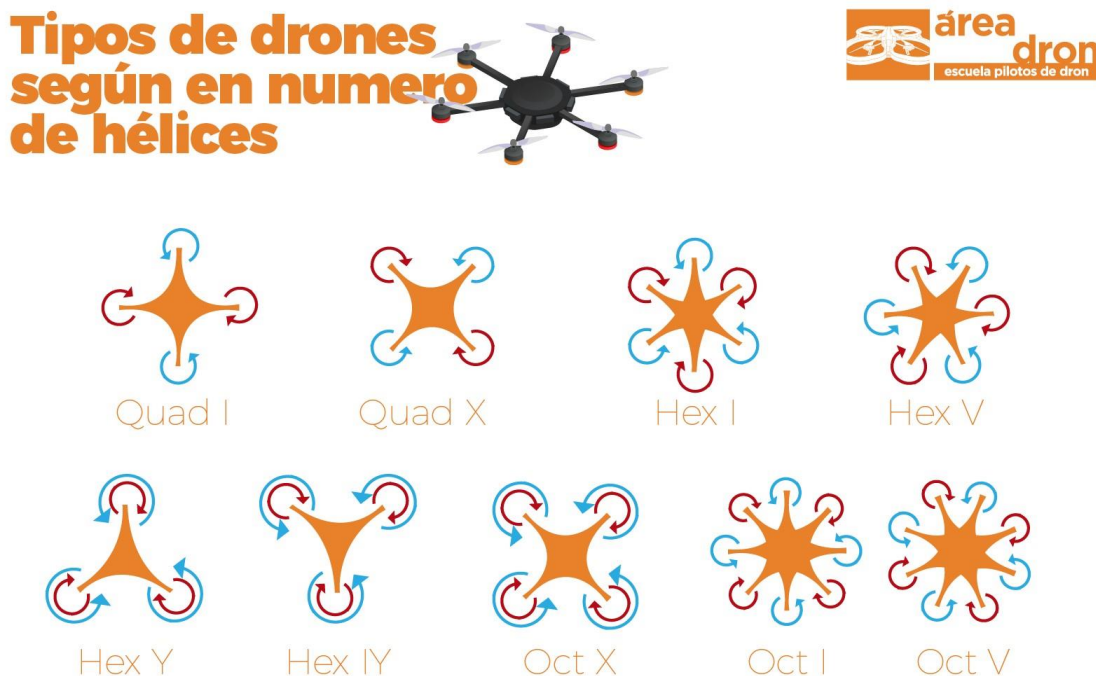


Ilustración 2 Tipos de drones (hélices). De Área dron, (2019).

Área Dron (2019) señala que “los drones captan cada vez más la atención de los usuarios”, esto debido a la gran fama que están teniendo debido a su versatilidad de aplicaciones. En estas imágenes encontramos la variedad de drones que hay dependiendo la aplicación que se le vaya a dar, la necesidad y el área donde se vaya a trabajar, además del equipo que llevará son factores necesarios que considerar para comprar el adecuado.

1.2. Partes del dron

Conocer las partes del dron es algo fundamental si se quiere trabajar con ellos, así se conoce lo que lo compone, su funcionamiento y lo que se necesita adaptar.

A continuación, podemos distinguir las diferentes partes del dron gracias a la tabla 1 que presenta cada una con su descripción de funcionamiento.

Partes del dron								
Marco	Batería	Motores y Hélices	Mando	GPS	Visión en primera persona	Controlador de vuelo	Estabilizadores de imagen	Camara
Es el esqueleto del multirrotor. Es la estructura que la da la forma y es donde se encuentran los elementos que componen al dron, tales como los sensores.	Es la parte que se encarga de suministrar la energía para que funcione todo el sistema.	Son componentes necesarios para que el multirrotor se pueda mantener en el aire.	Esta parte es la encargada de recibir las ordenes de radio que se emiten gracias al control remoto.	Transmite la información de la posición al controlador de vuelo. Debe ser preciso para reducir el margen de error, ya que la posición es una información importante.	Es un sistema de transmisión y recepción de video en tiempo real.	Es la parte principal del dron. El controlador de vuelo registra lo que ocurre en el dron, donde se conectan la mayoría de los sensores y componentes,	Reduce las vibraciones en la captura de imagen o video cuando existen movimientos bruscos o movimientos no deseados para la captura de estos.	La imagen es muy importante ya que es una representación visual, por eso debemos tener una camara que sea de gran calidad, que se adapte a las necesidades.

Tabla 1 Elaboración propia basado en partes del dron. De Universidad Nacional de Santiago del Estero, UNSE, (2019).

Encontramos que el marco es una de las partes más importantes del dron, ya que es el “esqueleto”, la base del dron donde ubicamos los otros elementos que componen al dron. Al igual que los motores y hélices, partes importantes que funcionan para que el dron se mantenga en el aire, estable y se pueda mover libremente.

II. DRONES EN EL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS

La aplicación de los drones, generalmente, reduce los tiempos, costos y riesgos humanos, aumentando la productividad y la precisión de la obtención de información para los estudios geológicos y la teledetección.

En el 2020, M. Ramírez, L. Martínez, M. Montilla, O. Sarmiento, J. Lasso, y S. Díaz expresan que la demanda de información espacial de alto nivel de detalle de las ciencias geológicas crece diariamente, cuando se tiene una gestión de información de estas geociencias de confianza, permite que la toma de decisiones de los que las estudian se fortalezca y se vuelvan competitivos. Para cumplir con este requerimiento se vuelve necesario aplicar el uso de tecnologías innovadoras y el desarrollo de metodologías que faciliten la obtención y procesamiento de la información para así obtener resultados con un mayor grado de exactitud, de manera que los datos estadísticos que se publiquen respondan a las necesidades de los distintos estudios geológicos.

2.1. Aplicaciones cartográficas

Una de las ciencias geológicas más importantes es la cartografía, siendo una de las grandes aplicaciones y mejoras que ha traído consigo los drones.

La cartografía es un estudio muy importante, es el diseño y producción de los mapas, que ha estado evolucionando a lo largo de los años, por las técnicas que cambian o porque se ha implementado la tecnología. Los drones que se utilizan deben contener las características que poseen únicamente aquellos que se fabrican para esta área en específico.

El diseño de los mapas se realiza para asignar un significado específico a las distintas representaciones de datos y símbolos. Pinzón, J. (2017). Según Corné Van Elzakker (Elzakker, 2015) se pueden identificar cinco objetivos del diseño de mapas:

- ❖ Claridad: La información de un mapa se debe representar de forma clara y no debe contener ambigüedades.
- ❖ Orden: Se refiere a la lógica del mapa. Los componentes del mapa deberán estar colocados de una manera lógica.
- ❖ Balance Visual: Cada elemento del mapa tiene un peso visual. Estos pesos se deben distribuir apropiadamente alrededor del punto central del mapa.
- ❖ Contraste: Indica la diferencia entre lo ancho y delgado, pesado y liviano, claro y opaco, etc. Poco contraste en un mapa hará que este sea ilegible.
- ❖ Unidad: Es la relación que existe entre el texto, el propósito del mapa, la escala, la simbolización y la reproducción. El mapa deberá aparecer como una unidad y no como una serie de piezas o partes unidas sin existir relación entre sí.

Desde tiempos inmemoriales se ha creado cartografía de los terrenos para poder simplificar los elementos que la componen. Hoy en día, tenemos una alta demanda de los datos espaciales, es necesario que se obtengan datos a una escala de tiempo y espacio reducido. Los drones se han vuelto la herramienta tecnológica de obtención de información muy útil y eficaz que ahorra tiempo, reduce costos y entrega mejores resultados. Por otro lado, las imágenes satelitales de alta resolución son caras y la generalmente no están a la venta del público, además, no siempre se ven claras las imágenes, suelen ser simples píxeles.

Para obtener un producto cartográfico se divide en cuatro fases importantes, estas cuatro fases son para la obtención de datos y para el procesado de estos (Reuter y Pedonovi, 2019, p. 42):

- 1) Planificación de vuelo: el vuelo se hace en función del tamaño que se requiera obtener del tipo de terreno o la zona donde se encuentre, detalles y condiciones meteorológicas, también es fundamental estudiar la velocidad del viento para un correcto uso y vuelo del dron.

En la ejecución del vuelo fotogramétrico se debe de planear a partir de la resolución que se fija, para esto se toma en cuenta el equipo fotográfico que se instala en el dron. Se determina la altura y velocidad del vuelo, al mismo tiempo, los tiempos de disparo y las distancias que recorrerá realizando los disparos fotográficos que más tarda se procesaran para obtener la información deseada.

- 2) Apoyo terrestre: en este punto se colocan referencias en la zona que se vaya a realizar el vuelo fotogramétrico, para obtener punto de apoyo con coordenadas G.P.S., sirviendo como transformación del modelo fotogramétrico en el modelo de la zona.

- 3) Registro fotográfico: las fotografías se obtienen de acuerdo con el vuelo planificado, se guardan en la memoria del equipo instalado, cuando finaliza el vuelo se descargan los datos de telemetría de vuelo e imágenes para procesarlas asociando la información de cada una para el estudio cartográfico.

- 4) Procesado de las imágenes y cálculos: al importar las imágenes, se asocian datos a cada una de estas gracias al GPS. La actitud del dron (yaw, pitch y roll), su altura de vuelo y la distancia focal que tiene el equipo fotogramétrico. Es importante obtener la orientación de cada una, los puntos de control, malla, textura y un ortomosaico para un correcto análisis de la información y procesado.



Ilustración 3 11 etapas de la metodología para la investigación del SIV. Montalvo Vargas, R., & Gutiérrez Carreón, M. M, 2018.

Como se puede observar en la ilustración 3, se encuentra la metodología propuesta, aproximación teórica-conceptual del suelo intraurbano vacante (SIV). Aquí se presentan los pasos desde la revisión teórica del suelo hasta la correcta representación cartográfica del SIV.

2.2. Aplicaciones en la agricultura

La agricultura promete la seguridad alimentaria a profundo, por esta razón está en búsqueda nuevas tecnologías para poder eliminar la falta de atención de ciertos problemas que ocasionan gastos no deseados ni necesarios en el monitoreo de los cultivos.

La agricultura de precisión trata del manejo específico de un área de cultivo. Para esto, se usan herramientas tecnológicas como el GPS, los dispositivos de distribución de riego, fertilizantes y plaguicidas variables, sensores climatológicos de cultivo y, por último, los drones. Con estas herramientas unidas, se realiza una recolección de la información precisa y eficaz.

González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., y Sarmiento, F. (2015) indican que hoy por hoy, se encuentran más agricultores que confían en la agricultura de precisión y en la implementación de drones ya que sus capacidades de obtener de manera precisa y la ayuda que traen en la toma de decisiones han mejorado el cuidado y producción de los cultivos. Mediante el uso de los

drones, gracias a las fotografías que captan, se pueden generar diagnósticos que permiten diversas operaciones como son la detección de enfermedades y tener cosechas selectivas, teniendo mucho avance en los cultivos y eliminando los problemas que se presenten.

En el 2019, Reuter y Pedenovi presentaron que “un requisito fundamental para proporcionar productos útiles de detección remota en agricultura es la capacidad de combinar alta resolución espacial y tiempos de respuesta rápidos. Los sensores multispectrales colocados en vehículos aéreos no tripulados pueden llenar este vacío, proporcionando métodos de bajo costo para satisfacer los requisitos críticos de resolución espacial, espectral y temporal” (p. 31).

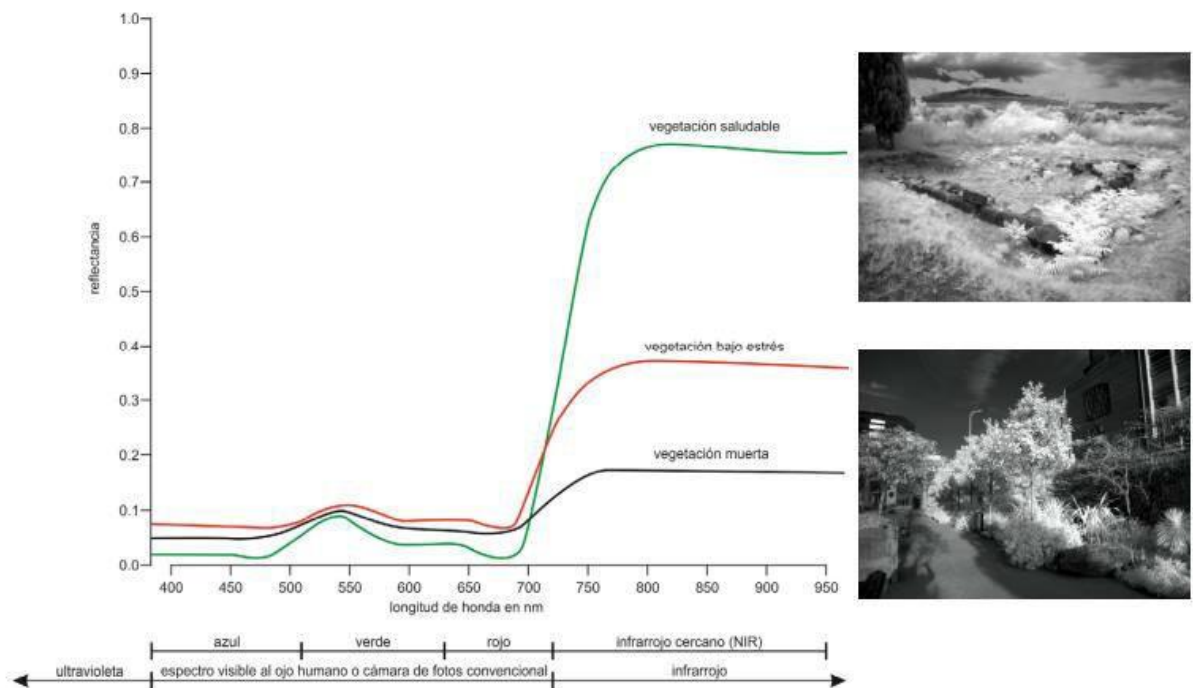


Ilustración 4 Grafica reflectancia vs longitud de onda. Jose Fuldain y Juan Fuldain, 2018.

En la ilustración 4, se observa la gráfica obtenida por la información de las fotografías de una zona en un estudio arqueológico, con ayuda de un dron utilizando NDVI. La información obtenida presenta la vegetación que es saludable, que se encuentra bajo estrés y la vegetación que está muerta.

III. TELEDETECCIÓN DE DRONES

Checa, Miguelsanz, Rejas, Escudero, Molina y Roldán (2017) exponen que la teledetección de los drones debe de llevar orden y técnicas estudiadas previamente para tener una buena obtención de la información. Con su investigación y experiencia nos presentan la siguiente metodología:

- Planificación del vuelo: se debe de tomar en cuenta las características del espacio aéreo en el que se llevará el estudio u operación, haciendo una previsión meteorológica y monitoreando las condiciones de la zona.
- Configuración y calibración de sensores: consiste en establecer el tiempo de exposición de las cámaras fotográficas y multiespectrales, en la adquisición de las fotografías. En la teledetección es importante que los vuelos se realicen en un intervalo de las dos horas antes y después del mediodía solar y que las fotografías se capturen del panel de referencia cada 20-30 minutos.
- Realización del vuelo: si se requiere una inspección, el vuelo manual resulta útil, para una teledetección, los vuelos autónomos son los más indicados.
- Descarga y procesado inicial de los datos: en esta fase se lleva a cabo la descarga del registro del vuelo, la generación del fichero de coordenadas y la descarga de las imágenes.
- Procesado de imágenes y generación de productos de teledetección: en el análisis, se sigue el proceso común de la teledetección. Los productos obtenidos en esta fase son ortomosaico fotográfico y modelo digital de superficies, ortomosaico térmico en valores de temperatura y ortomosaicos multiespectrales en niveles digitales.

Las principales fuentes de información de la teledetección son las medidas y las imágenes que se obtiene con los drones o en caso de satélites y vehículos tripulados. La teledetección tiene gran impacto en el estudio de las ciencias geológicas; en la agricultura de precisión para el asesoramiento manejando fincas y las aplicaciones en los fertilizantes y pesticidas para el campo, en la recolección selectiva de los recursos y hasta la detección de plagas con anticipación. En la cartografía se generan datos cartográficos a distintas escalas y se obtienen imágenes áreas ortorrectificadas. En otras ciencias, como la minería, se exploran las minas y con los sensores se buscan anomalías térmicas y yacimientos geológicos dentro de la zona.

3.1. Calibración de sensores

En un estudio realizado en Perú por Quille-Mamani, Ramos-Fernández y Ontiveros-Capurata (2021) “se utilizó para la calibración radiométrica de las imágenes multiespectrales, un panel de reflectancia calibrado y un sensor de luz solar, esto ayuda a ajustar automáticamente las lecturas de luz ambiental”. Y utilizando un software se importan, editan, visualizan, analizando las fotografías y realizando ajustes de las condiciones ambientales como la emisividad, temperatura que tiene el aire, la condición del cielo y la humedad.

3.2. Obtención y procesado de las imágenes

La obtención de imágenes depende del equipo fotogramétrico que esté utilizando el dron, de igual forma el procesado depende del software y lo que se requiere obtener o estudiar. Dependiendo el tipo de estudio o la zona, se adaptan diferentes sensores (adecuados) al dron para poder tener un correcto vuelo y así poder tomar fotografías con buena orientación y con un buen focal de la cámara se podrá obtener más rápido los datos deseados a la hora de procesar las imágenes con ayuda de los sensores y el software utilizado.

DISCUSIÓN

La aplicación de los drones, generalmente, reduce los tiempos, costos y riesgos humanos, aumentando la productividad y la precisión de la obtención de información para los estudios geológicos y la teledetección.

Este artículo presenta una metodología donde se combina el uso de imágenes satelitales y de drones para tener una mayor obtención y validación de la información del sector agrícola que se estudia.

La información hiperespectral de las imágenes obtenidas por el satélite ha sido integrada con la información adicional de las observaciones multiespectrales del dron, obteniendo un perfil del mismo instante considerablemente más completo de las coberturas presentes por la toma satelital, debido a que las imágenes del dron, por ser tomadas debajo de la atmosfera y con una mayor resolución espacial, cuentan con una información espectral más específica de la cobertura

de interés. La combinación de estas dos tecnologías se lleva a cabo para las aplicaciones agrícolas, especialmente para distinguir los tipos de cultivos que existe.

Los datos del dron son utilizados como información equivalente a la verdad-terreno y para posteriormente, validar la información obtenida de las imágenes satelitales. Para detectar el estrés por herbicidas en una especie arbórea, las imágenes del dron se han remuestreado a la misma resolución espacial de la información hiperespectral del satélite, explorando la relación de ambas mediante modelos de regresión por mínimos cuadrados ordinarios y *Random Forest*.

CONCLUSIÓN

Los drones son una tecnología fascinante que día con día revoluciona cambiando completamente el estudio, el entretenimiento y ayuda a la hora de querer sacar una buena fotografía en las vacaciones. Los drones nos han permitido tomar esas fotografías a una distancia considerable sin que salgan movidas o borrosas, fotografías de paisajes que son difíciles de capturar solo intentando moverse por la zona. Si bien, fueron creados durante la guerra, hoy por hoy se les ha dado una buena aplicación como el estudio de las geociencias.

Todo el tiempo el ser humano busca expandirse por el mundo, que todos los habitantes interactúen entre sí y se encuentre todo a la mano y rápido, han utilizado los drones para facilitar esto, estudiando zonas para construir nuevas edificaciones, para poder analizar el campo y así mejorar la agricultura que proviene de este, estudiar zonas arqueológicas u obtener información cartográfica de superficies. En otras épocas, esto resultaba difícil, ya que, sin la ayuda de los drones, los científicos o personas dedicadas al estudio del lugar, de igual forma los agricultores o arqueólogos, tenían que recorrer físicamente los terrenos arriesgándose a accidentes y perdiendo mucho tiempo en esto, el tiempo es vital para este tipo de estudios ya que igual depende de la luz solar para obtener buenas fotografías (dependiendo el tipo de estudio a realizar). Es un mayor consumo de recursos para la transportación y recursos como el tiempo. Después vino la ayuda de los satélites, con estos podían estudiar y abarcar grandes distancias, obteniendo imágenes deseadas con ayuda de los sensores multispectrales, pero veían que esto no siempre ayudaba ya que dependía mucho de las condiciones ambientales, en una zona que siempre está nublado o haya demasiadas lluvias, los satélites eran de poca ayuda, tenían que

esperar a que el terreno se pudiera estudiar adecuadamente. Se dieron cuenta que necesitaban una tecnología que pudiera encontrarse más cerca de la tierra, pudiendo evitar estas malas condiciones y teniendo un buen tamaño para recorrer zonas peligrosas y angostas. Empezaron a implementar los drones o vehículos aéreos no tripulados, estos podían reducir los tiempos de estudio, tomar buenas fotografías con la ayuda de los sensores instalados y el equipo fotogramétrico, era como si tuvieran un satélite a la mano y a corta distancia, reduciendo los tiempos y recursos económicos que se llevaban como es el uso del satélite, suelen ser muy caros y con la ayuda del dron reducían todos estos problemas. De igual forma, en algunos estudios utilizan ambas tecnologías, el satélite y el dron se combinan para poder obtener mejor información en el postprocesamiento de las imágenes, el dron obtiene la misma o mejor información para corroborar los datos e imágenes obtenidas por el satélite.

Debido a esto, es muy importante conocer la función y las partes del dron, los tipos que existen para saber cuál es el más adecuado para la investigación o estudio deseado. Si se conoce todo esto y se planifica correctamente el vuelo, la captura de imágenes será la adecuada y a la hora del procesamiento de estas, se encontrarán grandes resultados para el estudio de la zona y así mejorar el uso de esta o la mejora de sus recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

M. Ramírez, L. Martínez, M. Montilla, O. Sarmiento, J. Lasso, & S. Díaz. (2020). Obtención de coberturas del suelo agropecuarias en imágenes satelitales Sentinel-2 con la inyección de imágenes de dron usando Random Forest en Google Earth Engine. *Revista de Teledetección*, 56, 49–68. <https://doi-org.udlap.idm.oclc.org/10.4995/raet.2020.14102>.

I. Venado. (2017), 8. El actual y futuro uso de los drones. Recuperado el 17 de octubre del 2022, de <http://holamundo.itam.mx/wp-content/uploads/2019/01/revista-v11.01.pdf#page=9>.

Área dron. (2019). *tipos de drones* [Imagen]. Recuperado el 15 de octubre del 2022, de <https://www.aredron.com/que-tipos-de-drones-existen/>.

Reuter, F., y Pedenovi, A. (2019). *LOS DRONES Y SUS APLICACIONES A LA INGENIERÍA* [PDF] (pp. 13-18). Universidad Nacional de Santiago del Estero. Recuperado el 17 de octubre del 2022, de https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf.

Elzakker, C. V. (2015). En I. y. autores, *El Mundo de los Mapas*.

Pinzón, J. (2017). *Drones en las geociencias. guía de implementación en la cartografía* [PDF]. Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca. Retrieved from <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/550/DRONE%20EN%20LAS%20GEOCIENCIAS%20GU%c3%8dA%20DE%20IMPLEMENTACI%c3%93N%20EN%20LA%20CARTOGRAF%c3%8dA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2015). *Drones aplicados a la agricultura de precisión* [PDF]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Recuperado de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1585/1917>.

Checa, J., Miguelsanz, P., Rejas, J., Escudero, R., Molina, S., & Roldán, A. (2015). *Primeras experiencias en el uso de drones para aplicaciones de teledetección en el Grupo Tragsa: lecciones aprendidas*. [PDF].

Madrid: Grupo Tragsa. Retrieved from

https://www.tragsa.es/es/comunicacion/noticias/Documents/2017/Rpasimplan/Articulo_RPAS_AET2017_DEF.pdf.

Javier A. Quille-Mamani, Lia Ramos-Fernández, & Ronald E. Ontiveros-Capurata. (2021). Estimación de la evapotranspiración del cultivo de arroz en Perú mediante el algoritmo METRIC e imágenes VANT. *Revista de Teledetección*, 58, 23–38. <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/13699/14182>.

DOI : <https://doi.org/10.5281/zenodo.4683530>.

Fuldain González, J. J., & Fuldain González, J. I. (2018). Prospección arqueológica en NDVI con drones. El uso de geoEuskadi como herramienta de ponderación de un nuevo método. *Mapping* (1131-9100), 27(192), 24–29. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/ponencias_geoeuskadi_18/es_def/djuntos/24_T_S1_IgnaicoFuldainPresentation2.pdf

Montalvo Vargas, R., & Gutiérrez Carreón, M. M. (2018). Metodología para la identificación del suelo intraurbano vacante en México. *Nova Scientia*, 10(20), 668–696. <https://doi-org.udlap.idm.oclc.org/10.21640/ns.v10i20.1188>

Sobre el Autor:

Roberto Alcázar Barbosa. Estudiante de octavo semestre de la Licenciatura de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), del departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica.

Contacto: roberto.alcazarba@udlap.mx