

# Uso de los vehículos aéreos no tripulados (drones) para el levantamiento de información primaria en los estudios ambientales por parte de las consultoras ambientales

## Use of Unmanned Aerial Vehicles (drones) for the Collection of Primary Information in Environmental Studies by Environmental

Giovanny Calderón Aragón<sup>1</sup>, Jeniffer Paola Cubillos Rodríguez<sup>2</sup>, Pilar Delgado-Niño<sup>3</sup>

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3307-5039>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [giovanni-calderon@unilibre.edu.co](mailto:giovanni-calderon@unilibre.edu.co)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-1794-3286>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [jenifferp-cubillosr@unilibre.edu.co](mailto:jenifferp-cubillosr@unilibre.edu.co)

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-6166-4025> Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [pilar.delgadon@unilibre.edu.co](mailto:pilar.delgadon@unilibre.edu.co)

Fecha de recepción: 19/06/2021 - Fecha de aceptación del artículo: 21/12/2021



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7575>

Cómo citar: Calderón Aragón, G., Cubillos Rodríguez, J. P., & Delgado Niño, P. Uso de los vehículos aéreos no tripulados (drones) para el levantamiento de información primaria en los estudios ambientales por parte de las consultoras ambientales. Avances Investigación En Ingeniería, 19(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7575>

## Resumen

En Colombia, el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) se ha limitado a actividades básicas como visitas preliminares a las áreas o a la obtención de ortofotomosaicos y modelos digitales de elevación; pero se ha planteado la necesidad de expandir su uso. En este artículo se presenta la apropiación de esta tecnología por parte de algunas consultoras ambientales en la determinación de la línea base ambiental, a partir de los resultados derivados de una consulta a diferentes compañías consultoras que se especializan en la conformación y evaluación de planes ambientales dirigidos a entidades territoriales como requisito en el diseño de obras civiles. Los resultados arrojan que el mayor uso de drones se da en estudios de impacto ambiental (31,3%) y en planes de manejo ambiental (25%). Por otra parte, los resultados evidenciaron que el 71,4% de las empresas encuestadas desconocen las posibilidades de mejoras al modelo más comercial de drones tanto en la variedad de sensores y aditamentos como de software que permita una transmisión de datos más rápida o una mejor resolución de las imágenes. En este sentido, este trabajo señala algunos casos específicos en las temáticas de estudio de las compañías encuestadas, con el fin de generar interés en potenciar sus drones.

**Palabras clave:** drones, análisis multitemporales, modelos digitales de elevación, ortofotomosaicos.

## Abstract

In Colombia, the use of unmanned aerial vehicles (drones) has been limited to basic activities such as preliminary visits to areas or obtaining orthophotonosics and digital elevation models; but the need to expand its use has been raised. This article presents the appropriation of this technology by some environmental consultants in the determination of the environmental baseline, based on the results derived from a consultation with different consulting companies that specialize in the formation and evaluation of environmental plans aimed at territorial entities as a requirement in the design of civil works. The results show that the greatest use of drones occurs in environmental impact studies (31.3%) and in environmental management plans (25%). On

the other hand, the results showed that 71.4% of the companies surveyed are unaware of the possibilities of improving the most commercial model of drones, both in the variety of sensors and accessories as well as software that allow faster data transmission or better image resolution. In this sense, this work points out some specific cases in the study topics of the companies surveyed, in order to generate interest in promoting their drones.

**Keywords:** drones, Multitemporal Analysis, Digital Elevation Models, Orthophototomosacs.

---

## Introducción

Los vehículos aéreos no tripulados, denominados por sus siglas en inglés, UAV (de unmanned aerial vehicle) o que comúnmente se conocen como drones, “son idóneos para aplicaciones donde sea necesario el censado de parámetros y adquisición de datos, especialmente en lugares de difícil acceso y sin poner en peligro ninguna vida humana” [1]. Inicialmente, se implementaron desde el componente técnico en el área de la topografía, con el fin de brindar un mayor cubrimiento en área y rendimientos mayores a los que se pueden conseguir mediante la implementación de técnicas de topografía convencional, con sistemas GPS RTK o estaciones totales.

Con el uso de los UAV en el ámbito de la topografía se definen parámetros técnicos para generar productos requeridos en la ingeniería, como son los modelos digitales de terreno, esto debido a la densidad de puntos que se pueden establecer a partir de puntos de control terrestre, que permiten obtener densidades en el orden de 142 puntos por centímetro cuadrado. Dicha densidad no se podría alcanzar mediante sistemas tradicionales, al hacer la comparación con la implementación de otras herramientas como imágenes satelitales de alta resolución (entre las cuales se encuentran Ikonos, QuickBird o World View).

Las precisiones alcanzadas no se comparan con las obtenidas por los UAV. Lo anterior permite establecer que su uso tiene aplicabilidad en la ingeniería y otras ciencias [2].

Uno de los productos que obtienen los UAV es la fotografía aérea, con la cual se pueden generar ortofotomosaicos georreferenciados del área de los proyectos de obra o actividades. Con base en estas se establece su aplicabilidad en diferentes áreas del conocimiento o actividades, como sistemas de riego, ganadería, verificación de avances de obras de ingeniería (líneas eléctricas, acueductos, entre otras), ubicación y localización de incendios, arqueología, delimitación predial, geología, geomorfología, así como estudios de flora y fauna [3].

Tomando en consideración el problema que se presenta, por el limitado acceso a zonas con un alto riesgo para la seguridad física de los profesionales, y en los tiempos de pandemia de COVID-19, la aplicabilidad de los UAV en estudios medioambientales para la caracterización ambiental en sus principales medios biótico, abiótico y socioeconómico y cultural es una tarea que se puede realizar como parte del uso adecuado de aditamentos o periféricos para cada componente o grupo de componentes que deben ser caracterizados en los diferentes estudios ambientales. Estos son requeridos por los diferentes sectores de la economía nacional, entre los cuales se encuentran energía, petróleo, gas, minería e infraestructura.

Se han creado aplicaciones que permiten el control de las UAV con capacidad de localizar y detectar un objetivo determinado, y de esta manera puede ser una aplicación útil para el muestreo en zonas de difícil acceso, ya sea por condiciones geográficas o conflictivas [4], [5].

Así mismo, los UAV manejan datos tomados in situ aplicando redes neuronales para hacer convoluciones que determinen con mejor precisión las zonas, en especial en áreas protegidas. Esta aplicación es útil para dimensionar áreas de deforestación y estado de cuencas de los ríos [6].

Para estudios de control de emisiones de gas es también sabido que el uso de sensores está limitado por la capacidad de carga útil de los UAV, ya que esta a su vez limita el tiempo de vuelo. Esta carga oscila entre los 1,3 kg y los 2,5 kg, y dependiendo de esta capacidad se implementan sensores cada vez mejor dotados. En este sentido, Kova et al. [7] presentaron una solución alterna de un sensor con un peso inferior a los 200 g y de baja dimensión que hace viable su incorporación en un UAV, sin que se limite la capacidad de vuelo. Así mismo, los UAV sirven para el monitoreo de condiciones ambientales en áreas con riesgo de radiación, pues, junto con procesadores de datos, modelan computacionalmente los factores medioambientales, al correlacionarlos con los impactos de factores bióticos y abióticos en tiempo real [8].

En este contexto, mediante una encuesta aplicada a algunas empresas consultoras, se identificó el grado de apropiación de la tecnología en la UAV y el posible alcance que estas puedan tener en relación con las labores desarrolladas, en especial en trabajo de campo.

## 1. Metodología

Con el fin de establecer la aplicación que las empresas consultoras ambientales dan a los drones en la ejecución de los estudios ambientales de cualquier índole, el proyecto consideró una valoración de tipo descriptivo y desde la perspectiva cualitativa, debido a que en Colombia no se ha establecido un estudio de características similares. Dada la especificidad del grupo de empresas que podrían participar en el sondeo, se aplicó un muestreo utilizando el modelo de participantes autoseleccionados, con el fin de realizar el estudio cualitativo. En este sentido, se encuestaron 15 empresas de consultoría del orden nacional y regional que habían mostrado interés en responder la encuesta. De este modo, se estructuraron un total de 8 preguntas:

1. ¿Ha implementado el uso de drones para el levantamiento de información de línea base ambiental?
2. ¿En qué tipos de estudios ha implementado el uso de drones?
3. ¿Qué área tenían los proyectos donde fueron usados (hectáreas)?
4. ¿Qué componentes de la línea base ambiental ha caracterizado con el uso de los drones?
5. ¿Qué referencia de drones ha usado?
6. ¿Qué ventajas y desventajas ha encontrado en el uso de los drones?
7. ¿Conoce la totalidad de aditamentos que puede tener un dron para poder adelantar el levantamiento de información primaria en los estudios ambientales?
8. ¿Qué considera que se puede mejorar en el uso de los drones para el levantamiento de información de línea base en los estudios ambientales?

Las anteriores preguntas permitieron identificar aspectos relevantes frente al uso de los drones. Entre estos aspectos estuvieron:

1. Estudios ambientales donde se ha implementado su uso.
2. El uso en sí de los drones para el levantamiento de información.
3. El conocimiento acerca de los posibles aditamentos o accesorios adicionales que se pueden incorporar en estos equipos para tener un mayor número de componentes para la construcción de la línea base de estudios ambientales.

Con base en la encuesta realizada a las consultoras, los datos se procesaron con ayuda del software estadístico SPSS, el cual respalda la confiabilidad en el tratamiento y análisis de los datos. Si bien la totalidad de las encuestas remitidas no fueron respondidas, el nivel de confiabilidad de los datos se establece del orden del 47%. Lo anterior debido a que las empresas que respondieron la encuesta fueron 8 de 15, y estas desarrollan sus actividades en Colombia y la región, lo cual hace que la muestra sea discreta y confiable, considerando la homogeneidad de las respuestas dadas. Al ser empresas reconocidas que constantemente generan información de línea base para sus estudios, hace que los datos sean de mayor confiabilidad y puedan ser replicados. Esta afirmación se puede dar, debido a que el mercado de la consultoría funciona de manera integral aplicando los términos de referencia que establecen las autoridades ambientales competentes o las compañías contratantes.

Con base en lo anterior fue posible determinar de manera cuantitativa si las consultoras ambientales están implementando el uso de los drones, estableciendo en qué componentes o grupo de componentes se han usado. Adicionalmente, se establecieron las oportunidades de mejora que se pueden obtener por el desconocimiento de algunas en la incorporación de periféricos en el dron, lo que permitirá expandir el número de componentes y aspectos ambientales que se vayan a medir.

## 2. Resultados y discusiones

El primer análisis realizado se estableció frente a la frecuencia con la cual las consultoras usan los drones en los estudios ambientales principales, como estudios de impacto ambiental (EIA), planes de manejo ambiental (PMA), diagnósticos ambientales de alternativas (DAA), medidas de manejo ambiental (MMA), planes de acción y cumplimiento ambiental (PACA) u otros (tabla 1).

**Tabla 1.** Uso de los drones en estudios ambientales: frecuencia

Clasificación compañía	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	4	25,0	25,0	25,0
2	1	6,3	6,3	31,3
3	2	12,5	12,5	43,8
4	5	31,3	31,3	75,0
5	2	12,5	12,5	87,5
6	1	6,3	6,3	93,8
7	1	6,3	6,3	100,0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla 1 se puede determinar que las consultoras que más han realizado el uso de los drones son:

- Compañía 1: con un 25% de uso.
- Compañía 4: con un 31,3% de uso.

En estas compañías, los drones han sido implementados con mayor frecuencia en dos tipos de estudios principalmente: los EIA, con un 31,3%; los PMA, con un 25%; seguidos de las MMA, con un 12,5% (tabla 2). Adicionalmente, se han usado en menor proporción en labores puntuales de caracterización para otros tipos de estudios, como estudios de obras civiles (EOC), interpretación de coberturas (IC) y planes de aprovechamiento único (PAU). En este sentido, no se refieren a aplicaciones que en la actualidad han permitido un mejor desempeño en trabajo de campo. Tal es el caso de la utilización de software adicional que permita analizar el desarrollo de obras comparando un modelo real con el modelo virtual.

La toma de datos bidimensionales con el dron posibilita la identificación de propiedades de los objetos, también haciendo uso de la fotogrametría, o incluso con el uso de redes neuronales para reconstrucción de imágenes [5], [6]. Esta correlación establece correcciones que optimizarían gastos en materiales y harían una construcción más segura [9].

**Tabla 2.** Uso de los drones por tipo de estudio

Tipos de estudio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
DAA	1	6,3	6,3	6,3
EIA	5	31,3	31,3	37,5
EOC	1	6,3	6,3	43,8
IC	1	6,3	6,3	50,0
MMA	2	12,5	12,5	62,5
PACA	1	6,3	6,3	68,8
PAU	1	6,3	6,3	75,0
PMA	4	25,0	25,0	100,0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

DAA: diagnósticos ambientales de alternativas; EIA: estudios de impacto ambiental; EOC: estudios de obras civiles; IC: interpretación de coberturas; MMA: medidas de manejo ambiental; PACA: planes de acción y cumplimiento ambiental; PAU: planes de aprovechamiento único; PMA: planes de manejo ambiental.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La referencia de drones mayormente usada y por la que optan mayormente las consultorías es DJI phantom 4 Pro [9].

De la pregunta 1 se establece que el 100% de las empresas ha implementado el uso de los drones al menos en la determinación de un componente. Lo anterior no establece que el uso sea el adecuado o que se estén aprovechando las bondades de los equipos de manera conveniente; está referido a que el 71,4% NO conocen los aditamentos o periféricos que se pueden instalar en los drones, lo cual permitirá expandir su implementación y generar beneficios económicos adicionales durante la ejecución de los estudios ambientales de cualquier índole (tabla 3).

**Tabla 3.** Conocimiento de aditamentos de los drones

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0	5	71,4	71,4	71,4
1	2	28,6	28,6	100,0
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En este sentido, es posible apoyar a las empresas consultadas, dándoles a conocer información sobre avances en los desarrollos tanto de aditamentos como de software que pueden ser implementados a los drones, con el fin de ejecutar una caracterización de otros componentes, entre los cuales se encuentran:

- Seguimiento de fauna con sensores infrarrojos.
- Toma de muestras de agua.
- Verificación de elementos arqueológicos.
- Establecimiento de mapas en 3D de calidad del aire.

Dentro de las aplicaciones relacionadas con las tipologías de problemas que manejan las empresas encuestadas pueden estar, por ejemplo, los estudios de cobertura vegetal, que se basan en el uso de la teledetección. Se instala un sensor en el dron cuyo fin es captar la radiación solar reflejada por los cultivos. Esta información se correlaciona con la calidad del suelo y niveles de hidratación que tenga el cultivo [2]. Y, de esta forma, una regulación puntual en riego y abonos se reflejaría en la determinación de la calidad del suelo y del agua. Así, es posible tener en estos aditamentos y software una herramienta que conduzca a una agricultura sostenible [10].

Un caso en relación con la cobertura vegetal y el uso de drones se encuentra en el artículo “Monitoreo de la fenología de la hoja otoñal a escala de la copa de los árboles en un bosque templado con una integración de PlanetScope y observaciones de teledetección con drones”, donde se habla de la fenología de las hojas basándose en la determinación de la variabilidad en las copas del arbolado por medio de satélites de alta resolución. Aquí se evaluó su comportamiento frente al cambio climático respecto a su hidrología, procesos fotosintéticos y la capacidad de absorción de nutrientes [11].

En cuanto a las aplicaciones de los UAV en cultivos, en el trabajo de Yallappa et al. [12] se habla sobre un pulverizador montado en un dron compuesto por seis motores, dos baterías, un tanque de pesticidas y una bomba. Con estos componentes se procedió a realizar la atomización mediante cuatro boquillas, que permitían controlar el monitoreo de esterilización por medio de una cámara HD FPV. Este tipo de actividad es usual y pertinente en la aplicación de productos fitosanitarios para poder cumplir a cabalidad la producción de alimentos demandada [12].

Otros resultados obtenidos con la encuesta establecieron los siguientes puntos:

- Las áreas más abarcadas por el uso de drones en proyectos son de 1 a 25 hectáreas.
- Los componentes caracterizados por el uso de drones son respecto a hidrología, suelos, paisaje, cobertura vegetal, socioeconómico, vías, geología, geomorfología, geotecnia, hidrología e identificación de límites prediales.

Dentro de los estudios que hemos identificado en la literatura, el uso de los drones se relaciona con el monitoreo de agua de manera autónoma. Se han empleado drones acuáticos dotados con sensores multiparámetros que permiten establecer la calidad del agua, identificada con parámetros como conductividad, turbidez, pH, entre otros [13]. Este tipo de estudio respalda de cierto modo los análisis de muestreo manual [14]. Otro tipo de muestreo asociado con el monitoreo del agua se ha hecho en algunas playas. Por medio de drones se han monitoreado áreas específicas en las cuales puedan existir tiburones; de esta forma, se especifican áreas y se conserva la vida marina y la protección del ser humano [15].

Otro uso relevante es el manejo de estos equipos en carretera, los cuales permiten determinar el nivel de tráfico y los índices de accidentabilidad, basándose en un análisis riguroso con respecto a las condiciones presentadas tanto con el comportamiento del viajero como otros factores que puedan incidir [16]. También se han usado en los aeropuertos, para evitar colisiones entre aviones, basándose en una planificación del trayecto que evite posibles amenazas que puedan ocasionar retrasos y cierres en los aeropuertos [17].

El uso de drones permite probar métodos de análisis de datos, puesto que contienen variables respecto al estado de los equipos y parámetros de monitoreo ambiental. A partir de esos datos se pueden determinar distintos comportamientos en diversos ámbitos de forma autónoma. Los drones han permitido analizar diversas variables del entorno, las cuales establecen acciones que corrijan alguna alteración o forma inusual presentada [18]. Las aplicaciones mencionadas son posibles por la incorporación al dron de sensores específicos, pero adicionalmente estos datos tomados en el lugar se mejoran con una transferencia de datos a alta velocidad y en algunos casos en el procesamiento de videos e imágenes de alta calidad. Ello permite verificar de manera oportuna distintas variaciones en el área de estudio.

Otros aportes en este sentido se han identificado en la precisión de los datos. El procesamiento de la información es bastante preciso, puesto que los drones analizan de forma adecuada la información, con lo que evitan riesgos laborales asociados con el monitoreo de datos poco estudiados, los cuales debido a su accesibilidad generan múltiples riesgos. Al realizar el análisis por medio de estos equipos se crea una relación entre la máquina y el hombre con la cual se garantiza la oportunidad de alcance de la información [19].

Los drones poseen una amplia variabilidad con respecto a su uso: ayudan a prever un tipo de desastre natural o uno provocado por el hombre, porque con este es posible analizar las características del terreno [20]. También establecen un tipo de comunicación de forma inalámbrica, con la cual, al situar estos equipos en diferentes zonas de vuelo de difícil acceso, se monitorea la zona precisada y se realiza el intercambio [21]. La conexión inalámbrica facilita una adecuada coordinación con respecto a la información monitoreada y con ello se coordina la información, minimizando las transmisiones y el respectivo consumo energético. Esta conexión representa una gran ventaja en el momento de trabajar terrenos extensos [22].

En relación con el monitoreo de desastres ambientales, en el artículo "Navigation of a network of aerial drones for monitoring a frontier of a moving environmental disaster area" [23] se nos habla de cómo se realiza un seguimiento a un desastre natural por medio del uso de drones. Se prioriza el segmento móvil de la frontera; además, se realizan simulaciones por medio de imágenes reales, a fin de comparar la eficacia frente al algoritmo propuesto.

Este tipo de monitoreo representa un costo relativamente bajo y facilidad de uso, porque proporciona información relevante que da lugar a acciones de socorro en la presentación de estos sucesos. Uno de los casos más frecuentes es el de los incendios forestales, pues para poder mitigarlos y corregirlos se precisa una gran cantidad de costos, los cuales se evitarían actuando de manera oportuna frente a un seguimiento realizado por drones, en el que se proporcionen las coordenadas del sitio en problema. Es válido mencionar que un solo dron no visualiza la proporción de un incendio, pero al colocarlos en un modo tipo red pueden monitorear gran parte del terreno.

Otro caso de uso de drones es en la detección de la radioactividad. En el artículo Baeza et al. [24], "Use of drones for remote management of the close measure of radioactivity sources", se plantea cómo el uso de drones puede monitorear zonas que presenten niveles de radiación. Esto facilita la detección de zonas propensas, sin exponer al personal a que se presente algún daño; además, también son fáciles de operar, son económicamente viables y su tamaño es el adecuado para el monitoreo de estas zonas. De este modo, para llevar a cabo un estudio por medio de drones es importante tener en cuenta factores como costos, estabilidad, manejo, fácil acceso, potencia y peso del equipamiento; aparte de factores como zumbidos, análisis de datos y sistemas de detección de rayos gamma.

Finalmente, un método más del uso de drones es respecto a la detección de moléculas en el aire. Estos dispositivos son altamente sensibles para reconocer distintas concentraciones de olores, a partir de una técnica de biodetección y, así, rastrean de manera tridimensional la distribución de olores. En el trabajo realizado por Terutsuki et al. [25], "Real-time odor concentration and direction recognition for efficient odor source localization using a small bio-hybrid drone", se usó un dron biohíbrido, el cual reconoció diferencias de concentraciones a distintas distancias desde la fuente. Este tipo de plataforma también permite analizar gases de compuestos orgánicos volátiles, en pro de las mejoras hacia el medio ambiente y la seguridad en las operaciones.

## Conclusiones

El uso continuo de drones por parte de las consultoras ambientales en los diferentes estudios ambientales está dado por las ventajas de acceso a áreas complejas; además, de que son capaces de cubrir áreas en las cuales tomaría más tiempo con otros métodos directos (recorridos de campo por equipos multidisciplinarios, por ejemplo). El uso de los drones y su resolución espacial permite un mayor detalle del terreno con mejor visualización que una imagen satelital, y con ello ofrecen mayor precisión de las áreas estudiadas, lo que permite el desarrollo específico de otros servicios, como la conformación de planos de prefactibilidad.

Las consultoras ambientales no conocen las ventajas totales que se obtienen obtener con el uso de los drones luego de implementarles aditamentos especiales y adicionales. Ellos permiten cubrir la totalidad de los componentes de las líneas base y optimizar tiempos y recursos en la obtención de información primaria. El uso de drones en levantamientos de línea base varía con respecto a sus inconvenientes, como los limitantes con relación al tiempo de la batería, deformaciones en los bordes de las imágenes y el costo que representa para áreas extensas [26].

Desde el medio biótico se podrán adelantar estudios de hábitat de la fauna asociada por tipo de coberturas [27]. Esto se logra con el uso de aditamentos adicionales, por ejemplo, sensores



térmicos. Y al poder acceder a zonas complejas y con coberturas densas se podrán observar los comportamientos de los grupos faunísticos (mamíferos, reptiles o aves). Lo anterior es posible por los análisis multitemporales con imágenes de los UAV, que establecen resoluciones temporales con frecuencias definidas y programadas de forma periódica para las comparaciones necesarias.

Otro medio que se debe caracterizar en los estudios ambientales es el abiótico o físico, que incluye los factores geoesféricos, entre los que se incluyen la geología, la geomorfología, la geotecnia y los suelos [28]. Con la implementación de diferentes tecnologías se incorporan a los UAV sensores láser, radar, sónar, sondas atómicas y cámaras. La información que se va a capturar y registrar es funcional para el uso científico, por lo que es importante su adecuado manejo para cumplir con la caracterización de líneas base, considerando términos de referencia específicos. Por citar un ejemplo: al generar un modelo en tres dimensiones, es posible determinar los buzamientos y formas del terreno del proyecto, obra y actividad, lo anterior en combinación con estudios complementarios existentes, que permitan establecer la realidad del área de estudio desde la temática analizada.

Dada la flexibilidad que se logra con los UAV en términos de las escalas de trabajo, se pueden establecer escalas menores (escalas 1:1000 a 1:5000 o menores en caso de requerirse), que delimitan una propiedad (delimitación de linderos). Adicionalmente, desde la perspectiva cultural, con adaptaciones (sensores infrarrojos, por ejemplo), evalúa el potencial arqueológico de una región donde se va a desarrollar un proyecto, obra o actividad [29]. Lo anterior aunado a las dinámicas poblacionales que se dan con el emplazamiento de un proyecto; entonces, los UAV, a través de análisis multitemporales, determinarán la temporalidad de la ocupación de un territorio y su posterior evolución en temas de tenencia de la tierra y el aumento de sus cultivos de subsistencia o el desarrollo económico de otras actividades asociadas a las comunidades.

Debido a la situación de seguridad física de las regiones montañosas de difícil acceso, y contemplando la disyuntiva que ha planteado la situación de la pandemia por COVID-19, muchas empresas y centros de investigación han aplazado los trabajos de campo que se requieren para la ejecución de los estudios ambientales. En este sentido, el uso de los drones permite el acceso a la información sin generarle riesgo al equipo técnico, con la ventaja de contar con un mayor número de variables. Ello permite enriquecer la caracterización de la línea de base ambiental, debido a que es posible incorporar en los drones dispositivos destinados a realizar un rastreo de información específica [30].

Teniendo en cuenta el uso que dan a los drones algunas de las consultoras ambientales que operan en el país y que dentro de los estudios ambientales es necesario establecer la construcción de las líneas base, este artículo evidenció cómo se lo han venido usando para establecer líneas base ambientales, considerando los diferentes medios, componentes y parámetros que se pueden medir a través de su uso adecuado y con los aditamentos acordes con la temática que se va a considerar. Los drones aportan al análisis de la detección de un objetivo determinado, y este otorga una viabilidad y eficacia frente a procesos de análisis de levantamiento de datos en temas ambientales o en aplicaciones de monitoreo estructural: la medición y detección de eventos que puedan ocurrir, ya sea que estos se presenten en puntos de difícil alcance para el ser humano, dada por la peligrosidad o acceso. Un ejemplo del uso de drones en los últimos años se ve reflejado en el monitoreo de incendios forestales, detección de erosión, deslizamientos en suelo, monitoreo en cuerpos de agua, entre otros [4].

## Referencias

- [1] H. Pérez, E. Benítez y M. Díaz, "Sistema de georreferenciado de imágenes con drones", *Ra Ximhai*, vol. 13, n.º 33, pp. 65-77, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070004.pdf>
- [2] E. M. Sánchez-Ortega, A. Hernández-Calette y A. Hernández-Montes, "Influence of locust bean and xanthan gums on the stability and acceptability of dairy cream", *Ing. Agrícola y Biosist.*, vol. 9, n.º 2, pp. 63-84, 2017. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2017.04.008>
- [3] G. Macrina, L. Di Puglia Pugliese, F. Guerriero y G. Laporte, "Drone-aided routing: a literature review", *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 120, n.º September, p. 102762, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102762>
- [4] M. Andreetto, M. Pacher, D. Fontanelli y D. Macii, "A cooperative monitoring technique using visually servoed drones", 2015 IEEE Work. Environ. Energy, Struct. Monit. Syst. EESMS 2015 - Proc., pp. 244-249, 2015. <https://doi.org/10.1109/EESMS.2015.7175885>
- [5] M. Sajid, Y. J. Yang, G. B. Kim y K. H. Choi, "Remote monitoring of environment using multi-sensor wireless node installed on quad-copter drone", *IRIS 2016 - 2016 IEEE 4th Int. Symp. Robot. Intell. Sensors Empower. Robot. with Smart Sensors*, n.º December, pp. 213-216, 2017. <https://doi.org/10.1109/IRIS.2016.8066093>
- [6] R. Thomazella et al., "Environmental monitoring using drone images and convolutional neural networks", *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 8941-8944, 2018.
- [7] A. Koval, E. Irigoyen y T. Koval, "AR.Drone as a platform for measurements", 2017 IEEE 37th Int. Conf. Electron. Nanotechnology, ELNANO 2017 - Proc., pp. 424-427, 2017. <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2017.7939812>
- [8] V. Sprincean, A. Paladi, T. Bulimagay, F. Paladi, "UVS in monitoring of environmental factors", 2020 IEEE Int. Work. Metrol. AeroSpace, Metroaerosp. 2020 - Proc., n.º 20, pp. 78-83, 2020. <https://doi.org/10.1109/MetroAeroSpace48742.2020.9160057>
- [9] L. Molina, "Monitoreo de obra mediante modelos digitales de elevación generados por fotogrametría con drones", tesis de grado, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2019. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/1992/45465>
- [10] Z. kavoosi, M. H. Raoufat, M. Dehghani, J. Abdolabbas, S. A. Kazemeini y M. J. Nazemosadat, "Feasibility of satellite and drone images for monitoring soil residue cover", *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, vol. 19, n.º 1, pp. 56-64, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.06.001>
- [11] S. Wu et al., "Monitoring tree-crown scale autumn leaf phenology in a temperate forest with an integration of PlanetScope and drone remote sensing observations", *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 171, pp. 36-48, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.10.017>
- [12] D. Yallappa, M. Veerangouda, M. Devanand, P. Vijayakumar y M. Bheemanna, "Development and evaluation of drone mounted sprayer for pesticide applications to crops", 2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), pp. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2017.8239330>
- [13] S. D. Shelare, K. R. Aglawe, S. N. Waghmare y P. N. Belkhode, "Advances in water sample collections with a drone - A review", *Mater. Today Proc.*, vol. 47, parte 14, pp. 4490-4494, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.327>
- [14] A. Castellini, D. Bloisi, J. Blum, F. Masillo y A. Fari-nelli, "Multivariate sensor signals collected by aquatic drones involved in water monitoring: A complete dataset", *Data Br.*, vol. 30, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105436>
- [15] D. Stokes, K. Apps, P. A. Butcher, B. Weiler, H. Luke y A. P. Colefax, "Beach-user perceptions and attitudes towards drone surveillance as a shark-bite mitigation tool", *Mar. Policy*, vol. 120, n.º April, p. 104127, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104127>
- [16] A. Kumar, R. Krishnamurthi, A. Nayyar, A. K. Luhach, M. S. Khan y A. Singh, "A novel Software-Defined Drone Network (SDDN)-based collision avoidance strategies for on-road traffic monitoring and management", *Veh. Commun.*, vol. 28, p. 100313, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2020.100313>
- [17] N. Zhang, H. Liu, B. F. Ng y K. H. Low, "Collision probability between intruding drone and commercial aircraft in airport restricted area

- based on collision-course trajectory planning”, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 120, n.º July, p. 102736, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102736>
- [18] Y. Zhang, D. He, L. Li y B. Chen, “A lightweight authentication and key agreement scheme for Internet of Drones”, *Comput. Commun.*, vol. 154, n.º January, pp. 455-464, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.067>
- [19] L. Weng, Y. Zhang, Y. Yang, M. Fang y Z. Yu, “A mobility compensation method for drones in SG-eIoT”, *Digit. Commun. Networks*, n.º November 2019, pp. 0-4, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2020.07.011>
- [20] S. O. Al-Jazzar e Y. Jaradat, “AOA-based drone localization using wireless sensor-doublets”, *Phys. Commun.*, vol. 42, p. 101160, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2020.101160>
- [21] B. Bera, D. Chattaraj y A. K. Das, “Designing secure blockchain-based access control scheme in IoT-enabled Internet of Drones deployment”, *Comput. Commun.*, vol. 153, n.º November 2019, pp. 229-249, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.011>
- [22] K. Skiadopoulos, K. Giannakis, A. Tsipis, K. Oikonomou y I. Stavrakakis, “Impact of drone route geometry on information collection in wireless sensor networks”, *Ad Hoc Networks*, vol. 106, p. 102220, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2020.102220>
- [23] A. V. Savkin and H. Huang, “Navigation of a network of aerial drones for monitoring a frontier of a moving environmental disaster area”, *IEEE Syst. J.*, vol. 14, n.º 4, pp. 4746-4749, 2020. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.2966779>
- [24] J. Baeza, D. Valencia y A. Baeza, “Use of drones for remote management of the close measure of radioactivity sources”, *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, vol. 8, pp. 7914-7917, 2018.
- [25] D. Terutsuki, T. Uchida, C. Fukui, Y. Sukekawa, Y. Okamoto y R. Kanzaki, “Real-time odor concentration and direction recognition for efficient odor source localization using a small bio-hybrid drone”, *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 339, n.º February, p. 129770, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.129770>
- [26] W. J. Yun, S. Jung, J. Kim y J. H. Kim, “Distributed deep reinforcement learning for autonomous aerial eVTOL mobility in drone taxi applications”, *ICT Express*, vol. 7, n.º 1, pp. 1-4, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2021.01.005>
- [27] S. Mandujano, M. Mulero-Pázmány y A. Rísquez-Valdepeña, “Drones: una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats”, *Agroproductividad*, vol. 10, pp. 79-84, 2017.
- [28] J. Fernández y G. Gutiérrez, “Aplicaciones geológicas de los drones”, *Rev. Soc. Geol. Esp.*, vol. 29, n.º 1, pp. 89-105, 2016.
- [29] G. Acosta, E. McClung, G. Jiménez y V. H. García, “Using photogrammetry through unmanned aerial vehicles (UAV) as a risk assessment tool: the archaeological chinampas of xochimilco”, *Rev. Esp. Antropol. Am.*, vol. 47, pp. 185-197, 2017. <https://doi.org/10.5209/REAA.61978>
- [30] J. J. Kim, I. Kim y J. Hwang, “A change of perceived innovativeness for contactless food delivery services using drones after the outbreak of COVID-19”, *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 93, n.º September 2020, p. 102758, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102758>