



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

USO DE DRONES PARA EL ESTUDIO DE PAISAJES Y CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS

Facultad de Ciencias Experimentales
Grado en Ciencias Ambientales
TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2022/2023

Autor:

Carolina Climent Cerezo

Tutores:

Jose Navarro Pedreño

María Teresa Rodríguez Espinosa

Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente

Área de Edafología y Química Agrícola

Código COIR: TFG.GCA.JNP.CCC.230222



CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

UNIVERSITAS *Miguel Hernández*



Contenido

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Ecosistemas y biodiversidad.....	7
1.2. Incendios forestales.	8
1.3. Control de recursos hídricos.....	8
1.4. Paisajes agrícolas y agricultura de precisión.....	9
1.5. Reforestación.....	9
1.6. Cartografía y relieve.	10
1.7. Riesgos geológicos.....	11
1.8. Educación ambiental.....	12
2. OBJETIVOS	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Localización y parámetros de vuelo.	15
3.2. Características de los drones.....	15
4. RESULTADOS	17
4.1. Estudio del paisaje.	17
4.1.1. Espacio costero de La Marina.	17
4.1.2. Sierra de Crevillente.	22
4.1.2. Salinas de La Mata y Torrevieja.....	27
4.2. Educación ambiental: modelo 360.....	33
5. CONCLUSIONES	35
6. BIBLIOGRAFÍA	36



RESUMEN

El uso de Unmanned Aerial Systems (UAS) o drones se ha vuelto cada vez más relevante en el campo de las Ciencias Ambientales. Estos dispositivos son utilizados en diversas aplicaciones, como el estudio de paisajes, la conservación de ecosistemas y el monitoreo de biodiversidad. Los drones permiten obtener datos e información en alta resolución de manera más económica y precisa que los métodos tradicionales. Algunos de los usos principales de los drones en Ciencias Ambientales incluyen el estudio de ecosistemas y biodiversidad, la detección y control de incendios forestales, el monitoreo de recursos hídricos, la agricultura de precisión, la reforestación, la cartografía y el relieve, y el monitoreo de riesgos geológicos. Estos dispositivos ofrecen ventajas como el acceso a áreas remotas, la captura de imágenes y datos en tiempo real. En este trabajo, se pone de manifiesto el uso de los drones como herramienta eficaz y útil para el estudio del paisaje y la educación ambiental.

Palabras clave: biodiversidad, conservación de ecosistemas, drones, educación ambiental, estudio de paisajes

ABSTRACT

The use of Unmanned Aerial Systems (UAS) or drones has become increasingly relevant in the field of Environmental Sciences. These devices are employed in various applications, such as landscape studies, ecosystem conservation, and biodiversity monitoring. Drones enable the collection of high-resolution data and information in a more cost-effective and precise manner than traditional methods. Some of the key uses of drones in Environmental Sciences include ecosystem and biodiversity research, detection and control of forest fires, monitoring of water resources, precision agriculture, reforestation, mapping and terrain analysis, and monitoring of geological hazards. These devices offer advantages such as access to remote areas, capturing real-time images and data. In this work, it is shown the effective and valuable utility of drones in the study of landscape and environmental education.

Key words: biodiversity, drones, ecosystem conservation, environmental education, landscape study.

1. INTRODUCCIÓN

Los *Unmanned Aerial System* (UAS), se han convertido en una herramienta útil y eficaz en muchos campos que abarcan disciplinas muy variadas, entre las que se incluyen las Ciencias Ambientales. Unas de las aplicaciones más importantes de estos vehículos no tripulados son el estudio de paisajes y la conservación de ecosistemas en todo el mundo.

UAS hace referencia a cualquier tipo de nave no tripulada, que también son conocidas como Remotely Piloted Aircraft System (RPAS), sistema de aeronave pilotada por control remoto, dron o bien aeromodelo. Cualquiera de estos términos hace referencia al concepto de UAS.

La Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (EASA) es la agencia que vela por la seguridad de las operaciones en la aviación civil, mediante la redacción de una serie de reglamentos tales como el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, que establece cómo debe ser la utilización de UAS, y el Reglamento Delegado (UE) 2019/945, que dicta los requisitos para el diseño y fabricación de dichos UAS (Agencia Estatal de Seguridad Aérea, 2021).

Los avances tecnológicos en los sistemas de cámaras y sistemas de control remoto han hecho que los drones sean más accesibles y permitan la obtención de datos e información sobre la cubierta vegetal, la calidad del aire, del agua, los suelos y la biodiversidad. Por lo tanto, tienen la capacidad de proporcionar toda esta información en alta resolución y tiempo real. Además, se ha comprobado que el uso de UAS para el estudio de la biodiversidad y sus diversas ramas es un método más económico en la mayor parte de las ocasiones, que el uso de los conservadores respecto al muestreo de campo y el estudio de hábitats, obteniéndose datos más concisos sobre las especies y su entorno, haciendo más fácil y rápido detectar cambios en el paisaje en un corto período de tiempo. Estos avances tecnológicos abren nuevas oportunidades para comprender y conservar la biodiversidad de manera más efectiva y sostenible (Miller *et al.*, 2016).

A continuación, se indican algunos de los usos en los que un ambientólogo, partiendo de sus conocimientos, podría aplicar esta tecnología que permite mejorar el conocimiento del medio.

1.1. Ecosistemas y biodiversidad.

Los usos de los drones para el estudio de los paisajes y ecosistemas en la actualidad son diversos, pero uno de los empleos más comunes es la toma de imágenes y vídeos aéreos para crear mapas detallados de las zonas, conocer la topografía, vegetación y usos del suelo, la biodiversidad, entre otros. Especial interés tiene el uso de drones en el estudio de áreas protegidas como lo ponen de manifiesto Jiménez López y Mulero-Pázmány (2019).

Las imágenes tomadas permiten evaluar los diferentes componentes del entorno que nos rodea y realizar registros precisos cuando se producen cambios de paisaje, pudiendo detectar la deforestación y la pérdida de hábitats naturales, por ejemplo, así como descubrir la presencia de especies invasoras o controlar las que están en peligro de extinción (Andresen *et al.*, 2023).

Los drones se están utilizando cada vez más en el monitoreo y estudio de hábitats naturales para la conservación de la vida silvestre y evaluación de los cambios en el ecosistema (Mandujano *et al.*, 2017). Estos dispositivos pueden estar equipados con cámaras y sensores para capturar datos y vídeos de las especies y su entorno, y transmitirlos en tiempo real. Los RPAS se han

utilizado tanto en la observación y conservación de especies en peligro de extinción, como en el rastreo de patrones de migración e incluso en la identificación y seguimiento de las plantaciones ilegales (Bojana *et al.*, 2015).

El uso de drones en la lucha contra la caza furtiva se ha convertido en una herramienta importante debido a su capacidad para recopilar imágenes y datos de alta resolución de áreas remotas y deshabitadas, donde los cazadores furtivos pueden operar (Valle, 2020). De esta manera, se obtienen pruebas y registros que permiten actuar de forma más rápida. Además, también han demostrado ser efectivos en la identificación de lugares de captura de especies vivas y la detección de redes de traficantes de animales (Strochlic, 2017).

1.2. Incendios forestales.

Otro de los usos aplicables en este ámbito es la detección y control de incendios forestales. Es indudable que el uso de estos aparatos permite alcanzar un mejor conocimiento de los efectos derivados del fuego en el medio, tanto durante el incendio como posteriormente, una vez acabado.

En este caso los UAS son capaces de acceder a zonas inaccesibles para cualquier equipo técnico y proporcionar una visión completa de la situación, haciendo más fácil observar los puntos originarios del fuego y toda la expansión que pueda alcanzar (Aquirre-Gutiérrez *et al.*, 2019). Durante el incendio, estos drones pueden ser equipados con cámaras térmicas e infrarrojas para detectar los puntos calientes del fuego de manera más eficiente y precisa (Frackiewicz, 2023a). Conociendo estos puntos, se puede atacar el incendio forestal con más precisión.

1.3. Control de recursos hídricos.

Otra aplicación de gran relevancia es el monitoreo de la calidad del agua. Estos instrumentos son capaces de recopilar datos de áreas remotas, de difícil acceso y peligrosas de manera eficiente (Sibanda *et al.*, 2022). Son capaces de medir la temperatura, el pH, la turbidez y otros parámetros del agua (Koparan *et al.*, 2018). La tecnología de drones está avanzando en la forma en que se monitorea y controla la calidad del agua y la contaminación.

En los últimos años, los drones se han utilizado para recopilar datos como, por ejemplo, para medir los niveles de contaminantes del agua como plomo, nitratos y fósforo, de manera que, en ocasiones, se puede actuar a tiempo para poder tomar acciones y evitar la extensión de la contaminación del agua (Bustamante *et al.*, 2016).

También pueden medir la temperatura del agua y detectar la presencia de floraciones de algas nocivas en lagos y estuarios, incluidos la explosión de algas y microorganismos que acaban generando eutrofización de las aguas (Meléndez *et al.*, 2019).

Además, pueden ser usados como herramientas de control. Un estudio redactado por un grupo de investigadores de la Universidad de Florida llevado a cabo mediante el uso de drones, logró evaluar y controlar el crecimiento de algas en un medio lacustre mediante la liberación de una sustancia química, evitando así una mayor contaminación (Frackiewicz, 2023b). Los avances en la tecnología de drones han creado un gran potencial en el monitoreo, control de calidad y contaminación del agua.

1.4. Paisajes agrícolas y agricultura de precisión.

Otro uso muy interesante radica en el sector de estudios de paisajes productivos y en la agricultura de precisión. El campo, cada vez se adapta más a las nuevas tecnologías, donde esos sistemas (UAS) se han implantado cada vez más en este sector, permitiendo entre otras acciones la optimización de los recursos hídricos, de la producción y estudiando la pérdida de paisajes y la desertificación.

Entre los diversos usos de los drones en dicho sector, destaca el control de plagas mediante la fumigación, donde alcanzan un nivel de precisión muy alto y una velocidad superior a los métodos tradicionales, pudiendo llevar a cabo recorridos de manera automatizada. También para monitorear cultivos en tiempo real identificando plagas y realizando un seguimiento del crecimiento de las plantaciones, gracias a los sensores especiales con los que se equipan los drones, muchas veces con el apoyo de la inteligencia artificial.

Los sensores y cámaras que equipan los UAS en agricultura pueden ser empleados para funciones específicas, ya que existen muchos tipos como los RGB de alta resolución (visible), los sensores en la región térmica (infrarrojo), cámaras multiespectral (varias regiones del espectro electromagnético), etc.

Asimismo, como complemento, se pueden utilizar drones para la vigilancia de campos, cultivos y para la siembra, ya que los UAS son capaces de identificar amenazas y deficiencias en tiempo real con mucha precisión (Agencia Estatal de Seguridad Aérea, 2021).

1.5. Reforestación.

Precisamente, unido a lo comentado con anterioridad, la posibilidad de transportar semillas es una de las grandes ventajas que ofrecen estos aparatos para fomentar la reforestación y controlar la desertificación. En líneas generales, combinados con otras técnicas, pueden servir para poder monitorear zonas boscosas y conocer su estado (Magalhães Barbosa *et al.*, 2014). No olvidemos que el uso de sensores en UAS los habilita como herramientas de teledetección.

Se han realizado diversas tareas de reforestación gracias a la ayuda de estos drones, como es el caso de las actuaciones en Australia y Nueva Zelanda. Esta reforestación consiste en distribuir y esparcir grandes cantidades de semillas de árboles, en cuestión de minutos, usando diversas técnicas, pero fundamentalmente el “bombardeo” de semillas desde los UAS (Foresttech, 2019).

Controlar la cubierta vegetal con ayuda de drones es cada vez más común, ya que estos permiten recopilar datos sobre la cubierta, incluyendo el tamaño de las plantas, la densidad y la salud en general del entorno, así como vegetación no deseada que puedan perjudicar a plantas autóctonas (Mendea Medio Ambiente, 2017)

1.6. Cartografía y relieve.

Por otra parte, un uso de drones con mucho interés es la aplicación en topografía, SIG (Sistemas de Información Geográfica) y desarrollo de modelos del terreno (3D).

La topografía es el conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno de cualquier tipo de paisaje. Un dron usado en topografía proporciona un enorme potencial, ya que hace posible llevar a cabo levantamientos topográficos de la misma calidad que aquellos realizados de forma tradicional, reduciendo el tiempo, coste y volumen de trabajo sobre el terreno. Cuando hablamos de un levantamiento topográfico con drones, nos referimos al uso de cualquier vehículo no tripulado que permite obtener el mayor número de fotografías aéreas desde todos los ángulos y coordenadas correspondientes y así tener una perspectiva de todo el terreno a estudiar, pudiendo crear modelos 3D del paisaje (Wingtra, 2023).

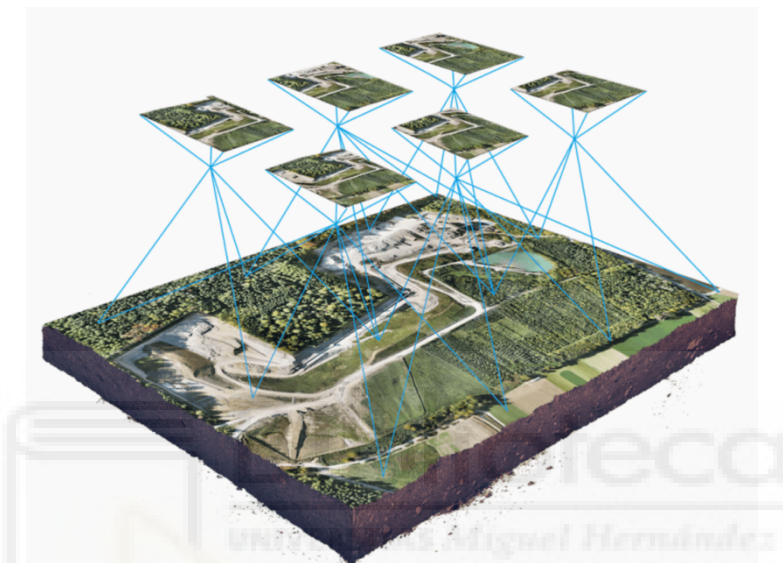


Figura 1: Modelo de topografía con diferentes puntos de vista para producir mapas 3D (Fuente: Wingtra, 2023)

Una vez se obtienen todas las fotografías y datos necesarios, diversos softwares dedicados a la fotogrametría, técnica para definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto (Ministerio Transporte, s.f.), crean modelos de elevación o modelos 3D, que son en definitiva mapas que se pueden utilizar para extraer información con alta precisión.

Realizar todo este modelaje con drones nada más que trae ventajas y beneficios frente al estudio tradicional de topografía por diversas razones, tales como reducir el tiempo de trabajo de campo, ya que un dron es capaz de capturar datos hasta cinco veces más rápido que con los métodos que se usaban hasta hace relativamente poco y, por lo tanto, requiere menos tiempo. Además, realizar un plan de vuelo bien planificado, produce un gran número de mediciones al mismo tiempo en cuestión de segundos, que facilita poder desarrollar todas las representaciones y en todas las formas que se quieran adoptar como un ortomosaico, obtener curvas de nivel, establecer una nube de puntos acotados, conseguir imágenes visión esfera...etc. Por supuesto, gracias a estas naves no tripuladas, podemos acceder a zonas que serían imposibles acceder sin la ayuda de estos instrumentos, tan solo usando y cargando las baterías (Wingtra, 2023). Un ejemplo de acceso a zonas remotas y difíciles es el mostrado por Watson *et al.* (2019) para el estudio de la topografía en la cordillera del Himalaya.

Los drones en la topografía tienen múltiples usos que nos facilitan el análisis del terreno y del paisaje. Podemos aplicarlos para cartografiar una zona, producir mapas catastrales de forma rápida y generar modelos 3D detallados de áreas donde no hay datos o son de muy baja calidad.

También podemos obtener levantamientos topográficos de una cierta zona para después diseñar y desarrollar nuevas infraestructuras como la construcción de carreteras, edificios, servicios públicos, estudiar la extensión de un vertedero o simplemente para observar un parque natural protegido.

El desarrollo de áreas urbanas requiere una previa planificación, y por lo tanto una recopilación de datos a priori, que con UAS podemos obtenerlos en cuestión de poco tiempo y con mejor precisión, pudiendo examinar además las condiciones y el impacto ambiental que se podría ocasionar en diferentes lugares (Wingtra, 2023).

1.7. Riesgos geológicos.

Un último apartado en cuánto al estudio del medio físico es el monitoreo de pendientes con combinado con el análisis SIG, pudiendo extraer mediciones de pendientes generados por imágenes de drones, ya que, conociendo la pendiente de la superficie del suelo, podemos estudiar y prevenir fenómenos erosivos, deslizamientos de tierra, cambios en su movimiento y medir su velocidad, y saber por qué el terreno se mueve más rápido o más lento (Wingtra, 2023). Es decir, pueden ayudar en la prevención de riesgos.

Además, el uso de UAS se está diversificando de manera que son capaces de detectar los efectos de movimientos sísmicos que pueden generar los terremotos o volcanes gracias a sensores sísmicos, pudiendo aportar información en tiempo real, monitoreando y prediciendo cualquier tipo de movimiento no deseado incluidos los movimientos sísmicos más pequeños y así, también se pueden usar para comprender la estructura de la corteza terrestre (Arnau, 2022).

Gracias a la tecnología que contienen estos drones, podemos programarlos para que realice una función programada y analice estructuras como fallas activas o volcanes en erupción; y a medida que la tecnología de drones siga mejorando y evolucionando, habrá más posibilidades de estudios sísmicos y de prevención de cualquier tipo de desastre natural (Frackiewicz, 2023c).

El estudio de situaciones de riesgo asociadas al medio físico es una de las áreas que experimentará grandes desarrollos conforme se incorpore el uso de UAS y se desarrollen sensores capaces de ser aerotransportados en estas naves no tripuladas. La reducción del riesgo que corren los operarios en esta tecnología frente al estudio *in situ* de los riesgos geológicos es otra de las grandes ventajas que cada vez más se pondrán de manifiesto y favorecerá el incremento en las aplicaciones de UAS.



Figura 2: Imagen obtenida con un dron en la erupción del volcán de la Palma (Fuente: Portada National Geographic,2021)

1.8. Educación ambiental.

Por último, debemos incluir el uso de RPAS en la educación ambiental. Según un artículo de “Innovación en la Pedagogía” (Ferguson *et al.*, 2019), nos habla sobre el uso de drones en una educación innovadora. Los drones son herramientas que permiten actividades tanto recreativas como educativas. Ofrecen un enfoque diferente para el trabajo de campo y una perfecta forma de involucrar a estudiantes en el aprendizaje, haciendo los conceptos mucho más entendibles y además hacer un aprendizaje al aire libre más atractivo.

El uso de drones nos da oportunidades de aprendizaje y apoya la reflexión en cuanto a la investigación y análisis de datos, interpretando cualquier tipo de paisaje (Ferguson *et al.*,2019). Los drones también pueden incorporarse en la educación para generar capacidades de coordinación, ubicación espacial y pensamiento matemático en los estudiantes.

A medida que pasa el tiempo, surgen más actividades en las que se puede implantar el uso de aeromodelos, simplemente con el propósito de mejorar y facilitarnos una tarea. En el sector del medio ambiente hemos citado algunos de sus usos más importantes y en los que está evolucionando la tecnología con sensores y programas que reducen el tiempo de empleo y por supuesto, los costes que suponen realizar cualquier tipo de estudio.

El uso de drones para la investigación es un método que se encuentra en crecimiento alrededor del mundo. Los drones forman parte de una revolución tecnológica en los métodos de investigación ambiental. Los drones son y serán futuro (Díaz, 2021).

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es el de demostrar y aprovechar las ventajas del uso de UAS para estudios de paisaje y ecosistemas, en general, poner de manifiesto su importancia para los estudios de Ciencias Ambientales y las aplicaciones que se pueden desarrollar incorporando esta tecnología.

Centrando el tema en objetivos más concretos, para demostrar esta utilidad, nos centraremos en el uso de estos drones en el reconocimiento del paisaje, de los ecosistemas, y en las posibilidades educativas que ofrece para conocer mejor el medio.

Por ello, el TFG se centra en los siguientes objetivos específicos:

- **Objetivo 1.** Realizar una breve revisión bibliográfica que permita conocer el valor que puede aportar el uso de UAS en las Ciencias Ambientales.
- **Objetivo 2.** Demostrar las ventajas de los drones para su uso respecto a estudios de paisajes y entornos naturales aplicando esta tecnología para el reconocimiento de tres medios muy distintos, incluidos espacios naturales protegidos.
- **Objetivo 3.** Utilizar e integrar nuevos aspectos para, a partir del uso de drones, para fomentar el conocimiento del medio para la educación ambiental.





3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo, se ha realizado un estudio de diversas zonas de nuestro entorno cercano, con diferentes paisajes y ecosistemas, para así comparar y estudiar los diferentes entornos naturales que encontramos en nuestras inmediaciones. El uso de UAS nos permite conocer mejor el entorno y poder observar con perspectiva los distintos elementos que lo integran.

El estudio de los paisajes y de los impactos que tiene la acción del hombre sobre ellos, suele estar limitado a las posibilidades de la altura de la visión de una persona, la perspectiva que se tiene del lugar. Por ello, en este caso, nuestro estudio va a utilizar dos perspectivas de visión distintas que faciliten evaluar mejor los posibles efectos sobre el paisaje.

3.1. Localización y parámetros de vuelo.

Este TFG se basa en la toma de fotografías a dos alturas programadas en la nave no tripulada, siendo las elegidas 2 metros (próxima a la visión en superficie de una persona, pero a suficiente altura para el vuelo seguro del dron) y 25 metros de altura sobre la superficie que facilita tener una perspectiva angular razonable de proximidad.

Así, situando un punto de coordenadas UTM conocidas y fijas, se realizará una secuencia de fotografías, rotando siguiendo los puntos cardinales geográficos de Norte-Este-Sur-Oeste. De esta manera, para una misma ubicación, tendremos un conjunto de fotogramas para compararlos entre sí y analizar los distintos elementos que se aprecian en estas dos alturas. Esto nos permitirá comprobar las diferencias para demostrar y aprovechar las ventajas del uso de drones para el estudio de paisajes, con un carácter preventivo y holístico mayor que el limitado a la visión en superficie.

Los lugares elegidos para la toma de fotografías y sus coordenadas se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Localización de puntos y coordenadas (Coordenadas geográficas, WGS84).

Lugar	Latitud	Longitud
Playa de la Marina	38°08'14.0"N	0°37'56.0"W
Sierra de Crevillente	38°15'52.3"N	0°51'51.0"W
Laguna rosa de Torrevieja	38°00'56.5"N	0°42'43.1"W

3.2. Características de los drones.

Para poder realizar las fotografías en las ubicaciones deseadas, se han utilizado dos tipos de drones equipados con tecnología avanzada.

El primer modelo de UAS, es el DJI Air 2S, y se utilizó para hacer las fotografías en la playa de La Marina. Este dron tiene un peso de 595 gramos, por lo que se necesita el permiso técnico de piloto de dron para volar STS. Este dron cuenta con cámara de 20 MP con muchos modos de fotografía, el cual se han utilizado el modo Disparo en ráfaga, HDR panorámica y modo Esfera para fotografía de 360°.

Por otro lado, el otro UAS que se utilizó para la toma de fotografías de la Sierra de Crevillente es el modelo DJI Mini 3 Pro. Este dron se encuentra en la categoría de operaciones abiertas, ya que su peso es menos de 250 gramos, y se puede utilizar con un permiso de piloto de dron A1/A3.

Este dron se compone de una cámara con píxeles efectivos de 48 MP y en este caso para tomar fotografías se utilizó el modo HDR (disparo único) y panorámica en modo esfera. En cualquier caso, ambos drones son de muy buena tecnología.

El motivo de usar diferentes modelos es debido a las condiciones ambientales, en especial a las ráfagas de viento y el lugar, ya que la potencia de cada modelo es diferente. En la playa, por ejemplo, había más dificultad de vuelo ya que estamos en mar abierto, y la velocidad del viento se intensificó, en cambio; en la Sierra de Crevillente, las montañas disminuían el efecto del viento y era menos peligroso el vuelo.

Tanto para los drones como para las localizaciones empleadas, se indica en la bibliografía las referencias que pueden ser consultadas para acceder a más información.

Una vez realizadas las fotografías, se ha procedido a utilizar el software Photoshop v. 23 de Adobe para editar las fotos ubicando en cada una de ellas puntos para definir los elementos del medio más relevantes y poder observar si existen diferencias entre el mismo sitio a 2 o a 25 metros de altitud, lo que permitirá valorar la perspectiva asociada al vuelo.

De alguna manera, este trabajo también permite valorar si es necesario realizar un vuelo completo sobre una zona, o de manera más sencilla, aprovechar la visión desde un punto en superficie fijo, que ayude a observar y controlar el área sin que haya una intervención dentro del espacio con un vuelo ajeno al mismo. Por ejemplo, en zonas de interés para la avifauna o con otro tipo de afecciones como puedan ser las limitaciones de vuelo, el despegue en vertical que ofrecen estas aeronaves puede ser una ventaja frente al vuelo con pasadas sobre el medio, reduciendo la presión antrópica.

4. RESULTADOS

Las áreas estudiadas para realizar el estudio del paisaje son tres, tal y como se reseña en la Tabla 1. Cada una de ellas se encuentran relativamente cerca y, a pesar de ello, son completamente diferentes desde el punto de vista del medio físico y la biodiversidad, teniendo una gran variedad de ambientes dentro de una misma zona geográfica.

4.1. Estudio del paisaje.

4.1.1. Espacio costero de La Marina.

La primera zona estudiada la encontramos en La Marina, concretamente en la zona costera. Este lugar es una pedanía del municipio de Elche (Alicante).

La localización del vuelo vertical se encuentra en la playa de La Marina, una playa con más de 1000 metros de longitud de arena fina, que es de uso tradicional por la población del entorno y está sometido a una fuerte presión, destacando los meses de verano. Además, es una zona en la que la Ley de Costas y la delimitación del dominio público marítimo-terrestre genera una serie de conflictos, en particular con las edificaciones próximas a la playa. La regresión de la costa, la pérdida de arena y el uso de escolleras de rocas como protección de las edificaciones, son algunos de los elementos que modifican la estructura natural del medio.

Este lugar es considerado semiurbano y a la espalda de las edificaciones del litoral, se encuentra y una gran pinada de repoblación, empleada para fijar las dunas que se extienden hasta la cercana población de Guardamar del Segura.

También se encuentra, en buena medida, bajo dentro de una ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves), por lo que para poder utilizar un UAS en toda la zona, es necesaria la obtención de una serie de permisos de la autoridad ambiental competente que nos permitirá su uso en un momento exacto del día previamente solicitado. Hay que tener en cuenta que los trámites pueden demorarse en el tiempo debido a que es necesario verificar el motivo por el que se quiere volar el dron y, además, que su uso no resulte un peligro para cualquier tipo de ave.

Por lo tanto, una vez concedidos dichos permisos, se acudió al punto cuyas coordenadas se indicaron previamente y se realizó el trabajo fotográfico. El estudio posterior permite realizar una comparativa de imágenes iguales en cuanto a su localización superficial, pero a dos alturas diferentes, para analizar los elementos constitutivos del medio.

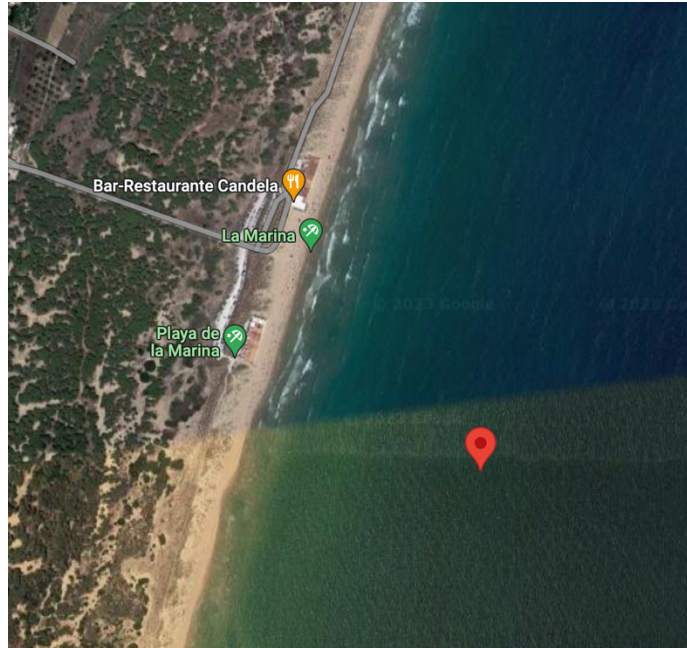


Figura 3: Localización de la primera zona de estudio en la playa de La Marina (Elche, Alicante). Fuente: Google maps, 2023.



Figura 4: Playa de La Marina vista a una altitud de 2 metros en dirección Norte (Elche, Alicante).



Figura 5: Playa de La Marina vista a una altitud de 25 metros en dirección Norte (Elche, Alicante).

Tabla 2. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Norte de la playa de La Marina.

2 METROS NORTE	25 METROS NORTE
1. Montañas al norte a vista de 2 m.	1. Montañas al norte a vista de 25 m.
2. Pequeñas edificaciones próximas a la orilla del mar.	2. Núcleo urbano La Marina.
3. Punto de parada “Restaurante Candela”.	3. Edificaciones próximas a la orilla del mar.
4. Carretera acceso al parking.	4. Punto de parada “Restaurante Candela”.
5. Final de una ola cuando llega a la playa.	5. Carretera acceso al parking.
	6. Pinada de repoblación para fijar dunas.
	7. Vista completa del parking acceso a la playa.
	8. Final del oleaje.

En estas primeras fotografías de la playa de La Marina en dirección Norte, se observan diferencias principalmente con respecto a la perspectiva. Los puntos (1, 2, 3...) están ubicados en el mismo lugar en ambas imágenes, sin embargo, en la figura 5, es obvio que se ve un paisaje mucho más amplio ya que la altitud es de 25 metros, por lo tanto, habrá más elementos a analizar para entender el comportamiento del medio, estudiar los impactos sobre los ecosistemas y es por ello que, se puede situar con mejor perspectiva la costa que en la figura 4 con altitud de 2 metros.

Las imágenes además nos permiten estudiar todos los elementos que aparecen con mucha precisión y calidad. Un punto importante que resaltar es el caso de las edificaciones próximas a la costa. Estas pequeñas viviendas se construyeron aproximadamente a mediados del siglo XX, cuando aún no existían leyes de protección de la costa litoral, y que, con el paso de los años, se han visto afectadas debido a la regresión de la costa, posiblemente asociado a la modificación antrópica, el menor aporte de sedimentos a la playa procedentes del río Segura y la erosión costera, entre otros factores que también podrían estar dentro del cambio global, del cambio climático. Actualmente, los propietarios de estas viviendas se encuentran en una constante lucha jurídica por conservarlas y bajo la amenaza de la ley 22/1988 de Costas (Boletín del Estado, 2015).



Figura 6: Playa de La Marina vista a una altitud de 2 metros. en dirección Oeste (Elche, Alicante).



Figura 7: Playa de La Marina vista a una altitud de 25 metros en dirección Oeste (Elche, Alicante).

Tabla 3. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Oeste de la playa de La Marina.

2 METROS OESTE	25 METROS OESTE
1. Edificaciones en la playa.	1. Edificaciones en la playa.
2. Pinada de repoblación	2. Parking de vehículos.
3. Varios individuos andando por la playa.	3. Pinada de repoblación para fijar dunas.
4. Orilla del mar.	4. Acumulación de arena de forma redondeada en la playa (dunas).
5. Carretera acceso a la playa.	5. Carretera acceso a la playa.
	6. Posición desde la que despegó el dron para la toma de imágenes.
	7. Orilla del mar.

En este caso, las imágenes corresponden a vista de 2 y 25 metros Oeste donde la diferencia gracias a la perspectiva es mucho más visible. Lo más característico de apreciar es la densidad de la pinada de repoblación que se encuentra ubicada justo detrás del sistema dunar de la playa. La pinada de La Marina es un paraje que aporta un muy atractivo para los habitantes de la zona y el turismo. Sin embargo, la afluencia es masiva y ha llevado a la destrucción de gran parte de este paraje naturalizado y es por ello que, desde hace varios años, se implantó el proyecto de restauración de la pinada y dunas del litoral, con la eliminación de especies invasoras, reforestación de especies autóctonas y regeneración dunar. Por último, otro elemento a analizar es la visibilidad que se puede observar a 25 metros, donde desde esa altura es posible apreciar

los edificios del pueblo de La Marina, lo que aporta información de elementos próximos que podrían tener un papel fundamental en la gestión del espacio y el control de la zona.



Figura 8: Playa de La Marina vista a una altitud de 2 metros. en dirección Sur (Elche, Alicante).

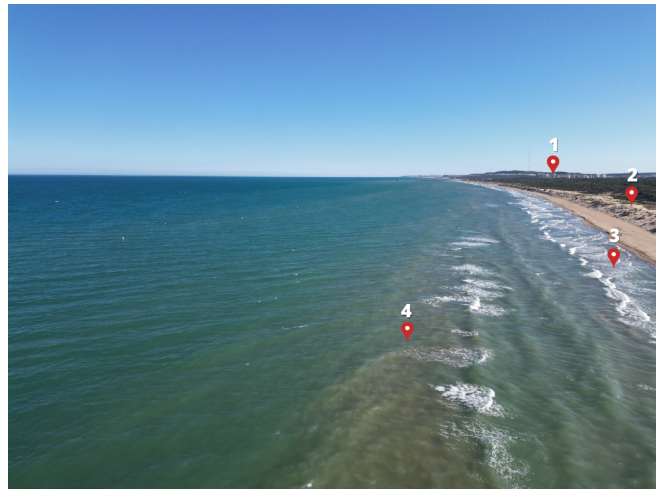


Figura 9: Playa de La Marina vista a una altitud de 25 metros en dirección Sur (Elche, Alicante).

Tabla 4. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Sur de la playa de La Marina.

2 METROS SUR	25 METROS SUR
1. Montañas dirección Guardamar del Segura.	1. Montañas dirección Guardamar del Segura y diversas edificaciones.
2. Continuación de la playa.	2. Acumulaciones de arena (dunas).
3. Fin del oleaje.	3. Oleaje del mar.
4. Superficie del mar.	4. Arena removida por el oleaje.

Una consideración con relación a las imágenes anteriores es que se puede apreciar el movimiento del fondo arenoso, asociado a las corrientes marinas litorales. Estas imágenes en altura, aunque sea a 25 metros, puede facilitar conocer en la zona litoral, muy cerca de las playas, el movimiento de las aguas y el desplazamiento de la arena. Precisamente este desplazamiento de la arena es lo que ha ocasionado que muchas playas hayan perdido superficie y en algunas, se haya actuado regenerándolas con extracciones de arena de los fondos marinos.

Un estudio de las corrientes próximas y el movimiento de las arenas podría dar claves para saber mejor el funcionamiento y tomar las medidas que sean adecuadas en cada caso.



Figura 10: Playa de La Marina vista a una altitud de 2 metros. dirección Este (Elche, Alicante).

Figura 11: Playa de La Marina vista a una altitud de 25 metros en dirección Este (Elche, Alicante).

Realmente lo que se aprecia en las diferencias de estas dos imágenes, es debido a la perspectiva. Precisamente esta es la clave que queremos resaltar, aunque sea una zona con un relieve plano. Se pueden ver básicamente los mismos elementos, pero a diferentes alturas nos da la facilidad de apreciar mejor sus relaciones.

A 25 metros, siempre se ve una imagen con más profundidad y amplitud de campo y donde se aprecia más rasgos en la lejanía, que podrían tener una influencia en el paisaje y efectos sobre el medio. A 2 metros, la imagen se acerca mucho más a la perspectiva de la visión de una persona, por lo que pueden resaltar más los detalles. Como en este caso, las boyas que se encuentran en el mar indicando un límite o las olas tienen más relieve.

En cualquier caso, las dos imágenes, combinadas, muestran las perspectivas necesarias para observar los diferentes elementos que se encuentran configurando el paisaje y facilitar su gestión en este caso, en la playa de La Marina.

4.1.2. Sierra de Crevillente.

La segunda zona a la que se ha realizado el estudio de paisaje corresponde con la Sierra de Crevillente. Esta sierra es una formación montañosa que se encuentra situada en la provincia de Alicante. La sierra de Crevillente muestra una topografía variable, con relieves calizos destacados. Su paisaje se caracteriza por la presencia de formaciones rocosas, crestas y barrancos erosionados, situada en las estribaciones de la cordillera Bética. La sierra de Crevillente se extiende por los términos municipales de Crevillente, Hondón de las Nieves, Hondón de los Frailes, Albaterra y Aspe.

Estas características geomorfológicas son el resultado de procesos geológicos y erosivos que han modelado la sierra a lo largo del tiempo. Además, este lugar presenta un valor geológico y paisajístico significativo. Sus formaciones y relieves montañosos ofrecen un entorno natural único que atrae a visitantes y amantes de la naturaleza. Además, la sierra alberga una rica biodiversidad, con especies vegetales y animales adaptadas a este tipo de hábitats y está incluida en la red europea Red Natura 2000, que desde el año 1997 trata de contribuir a la

conservación de hábitats y especies de vegetales y animales, además de encontrar en ella zonas ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) con una superficie total de 8.636 Ha.

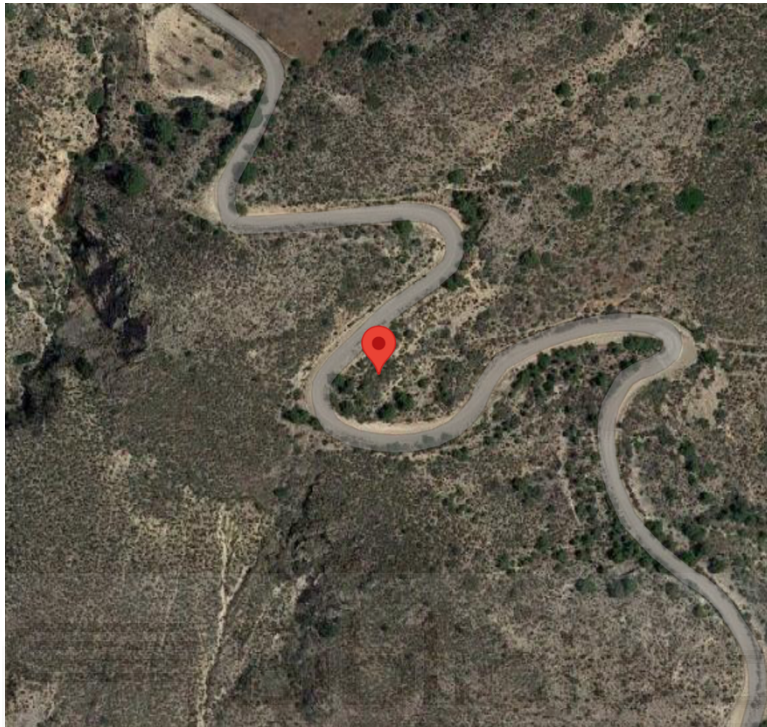


Figura 12: Localización de la segunda zona de estudio en la Sierra de Crevillente (Crevillente, Alicante).
Fuente: Google maps, 2023.



Figura 13: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 2 metros en dirección Norte (Crevillente, Alicante).



Figura 14: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 25 metros en dirección Norte (Elche, Alicante).

Tabla 5. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Norte de la Sierra de Crevillente.

2 METROS NORTE	25 METROS NORTE
1. Flora de la Sierra de Crevillente a vista cercana.	1. Flora de la Sierra de Crevillente a vista lejana.
2. Camino transitado principalmente por vehículos.	2. Camino transitado principalmente por vehículos.
3. Pie de montaña.	3. Pie de montaña.
4. Continuación del camino.	4. Continuación del camino.
5. Arboleda.	5. Arboleda en su extensión.
6. Deforestación.	6. Deforestación en su extensión.
7. Continuación del camino.	7. Continuación del camino.
8. Sierra de Abanilla.	8. Sierra de Abanilla.
9. Costa mediterránea.	9. Costa mediterránea.

En estas primeras imágenes dirección Norte de la Sierra de Crevillente, se aprecia un mismo paisaje, donde las principales características es la cercanía y la lejanía de estas imágenes.

También es posible apreciar la umbría a las espaldas de la montaña y la solana en las otras zonas, pero en este caso, los elementos a analizar se ven prácticamente de igual manera en ambas figuras. Cambia ligeramente la perspectiva de las imágenes debido a la altura de vuelo del dron.



Figura 15: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 2 metros. metros en dirección Oeste (Crevillente, Alicante).



Figura 16: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 25 metros en dirección Oeste (Crevillente, Alicante).

Tabla 6. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Oeste de la Sierra de Crevillente.

2 METROS OESTE	25 METROS OESTE
1. Camino transitado principalmente por vehículos.	1. Camino transitado principalmente por vehículos.
2. Pronunciación del terreno.	2. Pronunciación del terreno.
3. Continuación del terreno.	3. Continuación del terreno.
4. Fragmento de terreno.	4. Pie de montaña.
5. Camino.	5. Continuación del camino.
	6. Relieves del terreno.

Las figuras 15 y 16 muestran la Sierra de Crevillente en dirección Oeste en 2 y 25 metros. En ellas, se aprecian diferencias tales como el punto de vista que depende de la altitud. En el caso de 2 metros, se observan elementos más propios como la vegetación o el camino marcado por el paso de vehículos. En cambio, a 25 metros se analizan otros elementos como el relieve del terreno y la forma que se adopta, así como la extensión del conjunto de árboles.

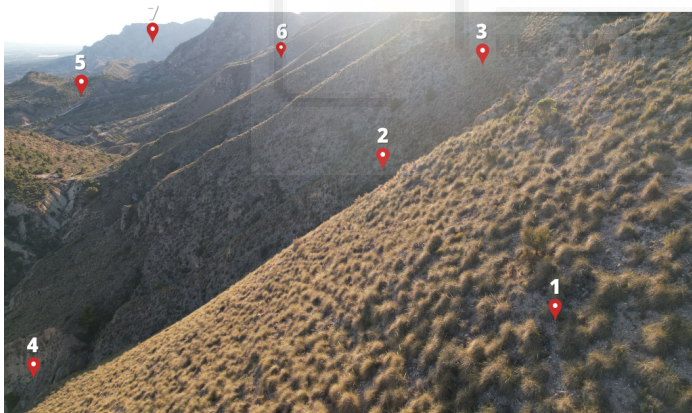


Figura 17: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 2 metros en dirección Sur (Crevillente, Alicante).



Figura 18: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 25 metros en dirección Sur (Crevillente, Alicante).

Tabla 7. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Sur de la Sierra de Crevillente.

2 METROS SUR	25 METROS SUR
1. Pie de montaña a vista de persona (2 m).	1. Pie de montaña a vista de 25 metros.
2. Pronunciación del terreno.	2. Pronunciación del terreno.
3. Relieves.	3. Abertura natural de la montaña.
4. Desnivel brusco en la superficie del terreno.	4. Desnivel brusco en la superficie del terreno.
5. Pequeña colina.	5. Pequeña colina.
6. Relieve continental.	6. Relieve continental.
7. Relieve de la montaña.	7. Relieve superficial de la montaña.
	8. Montaña situada al Sur.

Las mayores diferencias son las debidas a la perspectiva, el cual ofrece más posibilidades de analizar el relieve si el terreno es abrupto. De esta manera, se permite entender mejor el funcionamiento del ecosistema y del entorno que lo rodea, así como la flora que se encuentra, con posibilidades de observar la fauna que precede en este entorno.



Figura 19: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 2 metros en dirección Sur (Crevillente, Alicante).



Figura 20: Sierra de Crevillente vista a una altitud de 25 metros en dirección Sur (Crevillente, Alicante).

Tabla 8. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Este de la Sierra de Crevillente.

2 METROS ESTE	25 METROS ESTE
1. Vista de montaña a 2 metros	1. Vista de montaña a 25 metros.
2. Camino transitado.	2. camino transitado.
3. Cultivos en rotación.	3. Cultivos en rotación.
4. Costa mediterránea.	4. Costa mediterránea.
5. Desnivel en la superficie.	5. Valle de pinos.
6. Cima del monte Castro.	6. Cima del monte Castro.

La perspectiva, es la mayor característica que resalta en las imágenes obtenidas con dron. Así, en las imágenes situadas a 25 metros, podemos apreciar más elementos que tienen relación con el funcionamiento del ecosistema y que podrían permitir valorar mucho mejor el comportamiento de este y los factores que influyen ya que el lugar está compuesto de diferentes pendientes y desniveles.

Conviene recordar que no estamos evaluando el paisaje desde una perspectiva subjetiva o una visión desde la superficie, sino que también conviene valorar el paisaje como resultado del funcionamiento de un ecosistema y de la relación entre sus componentes. En esta disyuntiva, la fotografía aérea con perspectiva desde los 25 metros nos da las claves para entender mejor el funcionamiento, y particularmente en el caso de la Sierra de Crevillente, el funcionamiento de los sistemas erosivos que modelan el relieve y limitan el desarrollo de los suelos.

4.1.2. Salinas de La Mata y Torrevieja.

Las Lagunas de la Mata y Torrevieja configuran un espacio natural protegido situado en el sur de la provincia de Alicante. Este humedal es de vital importancia para las aves y de los más relevantes de la Comunidad Valenciana, y es por ello que cuenta con varias figuras de protección como ser considerado Lugar de Interés Comunitario (LIC), es Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y cuenta con dos micro reservas de flora; una en el saladar y otra en una zona de monte rica en orquídeas y es declarado Parque Natural por la Generalidad Valenciana desde 1996.

El Parque lo componen dos lagunas (la Laguna Rosa de Torrevieja y la Laguna Verde de La Mata), separadas entre sí por un anticlinal llamado "El Chaparral". Un canal une ambas depresiones que, además, están comunicadas de forma artificial con el mar por medio de otros dos canales conocidos como "acequiones", conformando así una unidad de explotación salinera

El Parque Natural de las Lagunas de la Mata y Torrevieja está definido principalmente por hábitats salinos (lagunas) y medios terrestres afectados por alto contenido en sales (saladares), pero también por hábitats ligados a relieves bajos (El Chaparral), cursos de agua de naturaleza dulce (barrancos y ramblas) y por último zonas agrícolas. Los suelos del parque son salinos y el clima semiárido con precipitaciones anuales inferiores a los 300 mm. y elevadas temperaturas.

Una de las características más destacables de este espacio, es la coloración de las lagunas de tonos rosados y púrpuras. Este hecho se debe a los pigmentos que poseen unas bacterias que habitan en esta laguna, ya que estas aguas poseen una gran concentración de sal y hacen óptimo el crecimiento de estas bacterias. A pesar de la elevada salinidad, existen microorganismos que soportan estas concentraciones como es el caso del alga *Dunaliella Salina*, junto con el crustáceo llamado *Artemia Salina*; ambos forman parte de la coloración rosácea de las aguas del humedal, y que pueden variar según el tipo de luz y la hora del día (El tiempo, 2022).

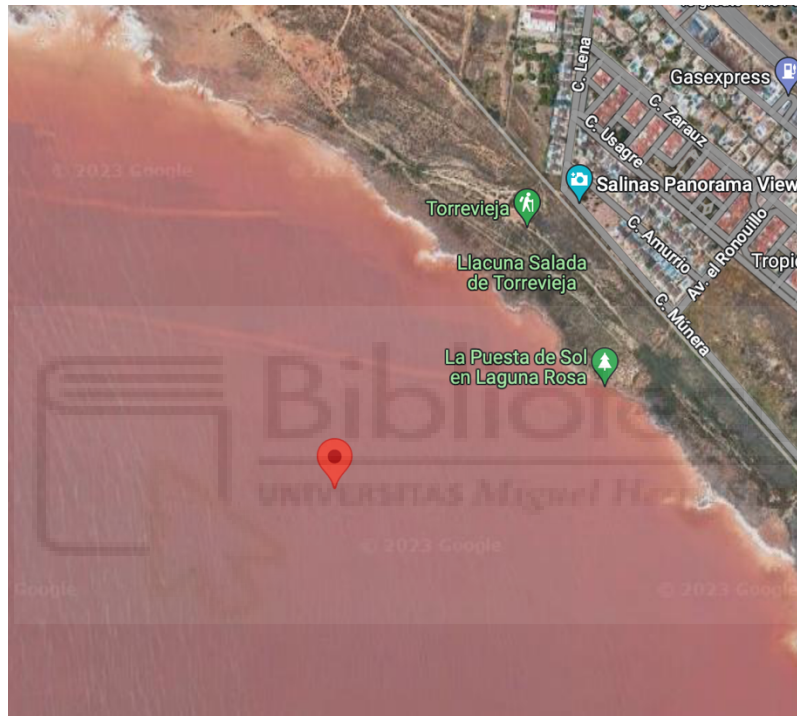


Figura 21: Localización de la tercera zona de estudio en la Laguna rosa de Torrevieja (Torrevieja, Alicante). Fuente: Google maps, 2023.



Figura 22: Laguna rosa vista a una altitud de 2 metros en dirección Norte (Torrevieja, Alicante).



Figura 23: Laguna rosa vista a una altitud de 25 metros en dirección Norte (Torrevieja, Alicante).

Tabla 9. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Norte de la laguna rosa de Torrevieja.

2 METROS NORTE	25 METROS NORTE
1. Aguas de la laguna.	1. Superficie continental.
2. Depósito de sedimentos naturales.	2. Red de antenas.
3. Red de antenas	3. Elevación del terreno.
4. Sierra de Callosa del Segura.	4. Sierra de Callosa del Segura.
5. Agrupación de árboles.	5. Color rosado de la laguna.
	6. Flora del entorno natural.
	7. Urbanizaciones próximas.

En estas imágenes, se observan diferencias respecto a detalle y perspectiva principalmente. A 2 metros se pueden observar los elementos a vista de persona, resaltando los elementos mas pequeños del entorno, como los detalles del agua y los reflejos en ella. En cambio, a 25 metros de altura ofrece una perspectiva más amplia y una vista panorámica del Norte de la laguna. Se pueden distinguir áreas de mayor densidad de vegetación y cambios y mejor apreciación de los elementos en el agua, como es el color característico rosa de la laguna.

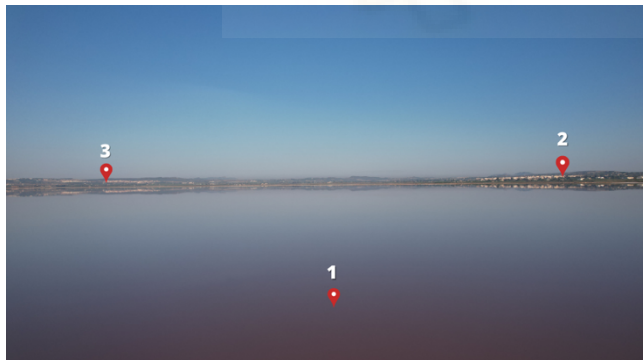


Figura 24: Laguna rosa vista a una altitud de 2 metros en dirección Oeste (Torrevieja, Alicante).

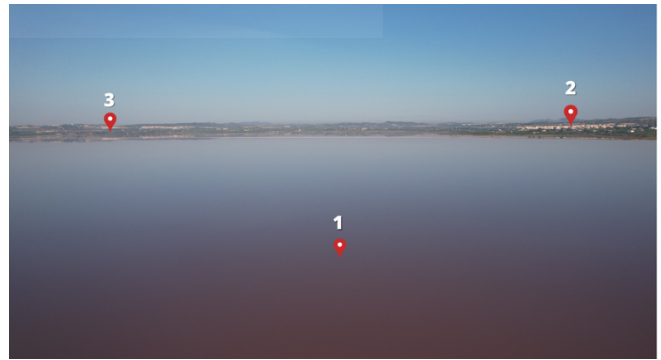


Figura 25: Laguna rosa vista a una altitud de 25 metros en dirección Oeste (Torrevieja, Alicante).

Tabla 10. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Oeste de la laguna rosa de Torrevieja.

2 METROS NORTE	25 METROS NORTE
1. Agua de la laguna.	1. Agua de la laguna.
2. Edificaciones.	2. Edificaciones.
3. Relieves del terreno.	3. Relieves del terreno.

En ambas imágenes se pueden apreciar los elementos para analizar el paisaje de la misma forma, a diferencia de que el color del agua a 25 metros es más apreciable y se aprecian los elementos en su totalidad que hacen la coloración de tonos rosados de la Laguna.

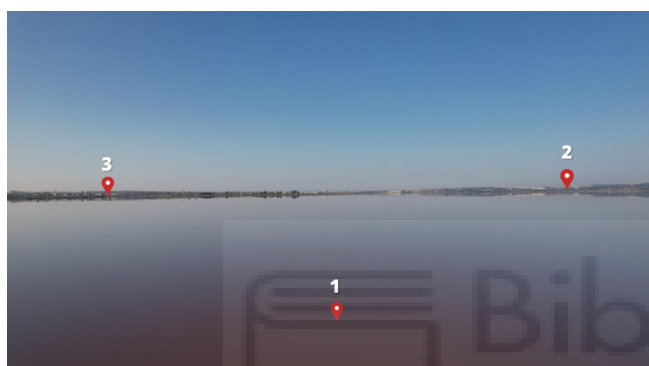


Figura 26: Laguna rosa vista a una altitud de 2 metros en dirección Sur (Torrevieja, Alicante).

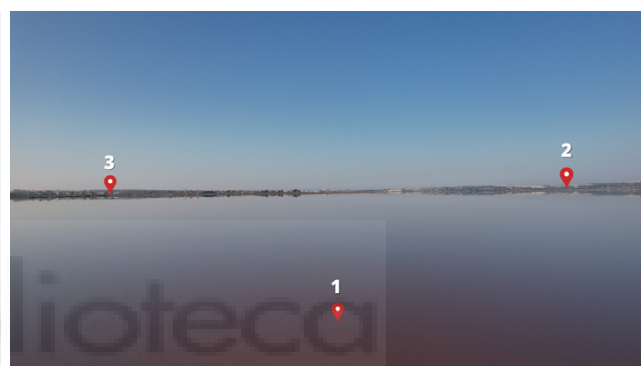


Figura 27: Laguna rosa vista a una altitud de 25 metros en dirección Sur (Torrevieja, Alicante).

Tabla 11. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Sur de la laguna rosa de Torrevieja

2 METROS NORTE	25 METROS NORTE
1. Agua de la laguna.	1. Agua de la laguna.
2. Relieves del terreno.	2. Relieves del terreno.
3. Edificaciones.	3. Edificaciones.

Estas dos imágenes se parecen mucho a la vista Oeste, ya que la perspectiva es prácticamente igual y se pueden apreciar los elementos de igual manera, pero desde otro punto de vista y hacer un análisis desde cada punto. En función de que elementos se pretenden analizar, se escoge vista de 2 metros con los elementos más cercanos, y si se pretende hacer un análisis más superficial y amplio para entender mejor los elementos espaciales del entorno, se utiliza la imagen a 25 metros.



Figura 26: Laguna rosa vista a una altitud de 2 metros en dirección Este (Torrevieja, Alicante).



Figura 27: Laguna rosa vista a una altitud de 25 metros en dirección Este (Torrevieja, Alicante).

Tabla 12. Elementos apreciados a las alturas de 2 y 25 metros Este de la laguna rosa de Torrevieja

2 METROS NORTE	25 METROS NORTE
1. Agua de la laguna.	1. Vegetación en densidad.
2. Relieves del terreno.	2. Relieves y contorno del terreno.
3. Vegetación abundante.	3. Edificaciones próximas.
	4. Agua de la laguna.

En la perspectiva Este, las diferencias son mucho más claras. De nuevo, lo más característico que resalta de estas imágenes es la perspectiva. Ambas imágenes proporcionan la oportunidad de examinar la relación de la laguna y su entorno circundante. En el caso de vista a 25 metros, se pueden observar elementos como la vegetación terrestre, caminos, características geográficas; así como el impacto humano con la construcción de infraestructuras cercanas a la laguna que pueden afectar su calidad ambiental. Además, cuanto más altura se alcance, más se puede apreciar el color rosa de las aguas de la laguna provocado por una bacteria y diversas algas. Este hecho, serviría para analizar el entorno en su totalidad y apreciar todos los elementos que aparecen a él para lograr la conservación de la laguna.

Una vez analizadas las imágenes, es interesante hacer un breve análisis sobre las ventajas del vuelo a 25 metros y la perspectiva que ofrece, incluyendo la sensación de proximidad o lejanía. Sin lugar a dudas, es cierto que se disponen de ortoimágenes de los lugares, tanto las procedentes del plan nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) que pueden ser consultadas en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) así como el uso de aplicaciones como Google Earth y Google Maps, para ver los elementos del territorio. Sin embargo, el uso de imágenes con perspectiva que ofrecen los UAS, así como la posibilidad de su obtención a alturas menores y en tiempo real suponen una ventaja y la disponibilidad de información adicional que puede ser de gran utilidad para la gestión de los espacios y en particular, de aquellos que tienen una relevancia paisajística, como los humedales, y son claves para el mantenimiento de la biodiversidad (Jeziorska, 2019; Resop *et al.*, 2019).

Los tres ejemplos presentados, siendo espacios diferentes en su configuración geomorfológica, muestran las posibilidades de esta herramienta que sin duda puede dar lugar a un desarrollo de aplicaciones nuevas que ayuden al entendimiento y manejo de nuestro territorio.

4.2. Educación ambiental: modelo 360.

Uno de los aspectos educativos que pueden valorarse como atractivos es permitir que el visitante de un lugar, de un paisaje o un espacio natural, pueda obtener una visión espacial previa del medio que va a observar. Incluso, sin necesidad de introducirse en el espacio, poder adquirir conciencia de su valor. En este sentido, el uso de modelos y de imágenes obtenidas a partir de drones, puede ayudar a limitar el acceso y e incrementar el conocimiento y la sensibilidad por los espacios naturales.

No podemos olvidar que estos modelos, incluso la transformación de los modelos 3D a piezas sensibles al tacto, pueden constituir una herramienta de apoyo para personas con capacidades diferentes y que permita reforzar la educación ambiental de la población.

Una de las estrategias que se puede emplear es el uso de las fotografías, pero de manera muy especial es el uso de la fotografía de visión esférica y 360. Con este tipo de imágenes, podemos facilitar la inmersión del observador y a partir de ella, realizar una introducción al ecosistema, pudiendo enseñar a valorar como es dicho medio, como se muestra en la figura 28.

Es una gran ventaja que puede ser empleada en educación, incluso como elemento previo a una visita y en este caso, la visión esférica con imagen a 25 metros de altura ofrece una perspectiva de lugar que es muy atractiva. Es una herramienta que, volviendo al viejo dicho, ayuda a que se valore lo que se conoce y, sin necesidad de realizar una visita, se pueden transmitir los valores ambientales y educar con estas imágenes.

Una fotografía con visión esférica o fotografía 360 grados, es una imagen que captura una vista completa de un entorno en todas las direcciones. A diferencia de una fotografía tradicional que captura solo un campo de visión limitado, una imagen esférica permite explorar y ver el entorno completo, como si estuvieras parado en el lugar donde se tomó la fotografía. Estas imágenes se obtienen utilizando cámaras especiales o mediante técnicas de composición de múltiples fotografías en diferentes ángulos y luego se unen digitalmente para crear una imagen panorámica continua.

Las imágenes de visión esférica capturadas con drones son una herramienta valiosa para la educación ambiental. Estas imágenes ofrecen una vista panorámica de 360 grados del entorno natural, permitiendo a los estudiantes sumergirse en él. Al utilizar estas imágenes en la educación ambiental, se logran varios beneficios. Primero, se crea una conexión emocional más profunda con la naturaleza, lo que fomenta el interés y el compromiso con la conservación del medio ambiente. Además, los espectadores pueden explorar las imágenes de manera interactiva, lo que facilita la comprensión de la diversidad y complejidad de los ecosistemas (figura 29). Al experimentar el entorno natural a través de estas imágenes, los estudiantes aprenden de manera más experiencial, observando detalles que podrían pasar desapercibidos de otra manera. Las imágenes esféricas también generan conciencia sobre la importancia de la conservación y promueven actitudes y comportamientos responsables hacia el medio ambiente. Además, estas imágenes permiten acceder a lugares remotos e inaccesibles, ampliando las oportunidades de aprendizaje más allá del aula.

Las imágenes de visión esférica con drones enriquecen la educación ambiental al proporcionar una perspectiva inmersiva, interactiva y experiencial del entorno natural, generando sensibilización, conciencia y conexión emocional con la naturaleza, y brindando acceso a lugares remotos para el aprendizaje.



Figura 28: Fotografía realizada con UAS DJI Mini Pro-3 modo visión esférica en la Sierra de Crevillente.



Figura 29: Disposición en modo visión semiesférica para educación ambiental.

5. CONCLUSIONES

El uso de drones en el estudio de paisajes y ecosistemas ha revolucionado la forma en que se llevan a cabo las investigaciones y se obtiene información sobre el entorno natural. Los drones ofrecen una recopilación eficiente de datos en áreas extensas y de difícil acceso, lo que es fundamental para comprender los procesos naturales en paisajes y ecosistemas. Además, permiten el monitoreo no invasivo de la biodiversidad, la detección temprana y prevención de incendios forestales, el monitoreo de recursos hídricos, la agricultura de precisión, la topografía y creación de modelos 3D, así como la educación ambiental y divulgación. Estas aplicaciones demuestran la utilidad de los drones en el estudio y conservación de los ecosistemas y recursos naturales.

Por otra parte, la comparación de imágenes capturadas a diferentes alturas con un dron equipado brinda valiosa información sobre los elementos del ecosistema y el entorno natural. La imagen a 2 metros de altura ofrece un nivel excepcional de detalle, permitiendo un análisis minucioso de cada componente del ecosistema. Por otro lado, la imagen a 25 metros proporciona una perspectiva más amplia y panorámica, incluyendo la sensación de proximidad o lejanía de los elementos al punto considerado, facilitando la comprensión de las relaciones espaciales y los patrones de paisaje a diversas escalas. Esta comparación también ha permitido identificar cambios significativos en el paisaje en los ejemplos utilizados, como diferencias en la vegetación, presencia de especies, tipología de suelos y erosión, entre otros.

Estos ejemplos reseñados en el TFG tienen importantes implicaciones para la gestión y conservación del entorno natural, proporcionando información clave para la planificación de actividades de restauración de ecosistemas, conservación de la biodiversidad y toma de decisiones sobre la zonificación del territorio. En general, el análisis detallado y contextualizado obtenido de estas imágenes permite un enfoque más informado y efectivo en la protección y preservación de los recursos naturales.

El uso de drones totalmente equipados proporciona una solución eficiente y precisa para el análisis de elementos del ecosistema y del entorno natural. Su capacidad para capturar imágenes de alta resolución desde diferentes alturas permite una evaluación integral y detallada. Además, la capacidad de maniobra de los drones permite acceder a zonas difíciles de alcanzar demostrando ser una valiosa herramienta para analizar los elementos del ecosistema.

En definitiva, el uso de drones en el estudio de paisajes y ecosistemas ofrece una serie de beneficios significativos. Estas herramientas tecnológicas mejoran la eficiencia en la recopilación de datos, permiten el monitoreo y la conservación efectiva de los recursos naturales, y brindan oportunidades educativas innovadoras para comprender y proteger nuestro entorno natural.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Estatal de Seguridad Aérea (2021). Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y Reglamento Delegado (UE) 2019/945.
- Andresen, K. y Schultz-Fellenz, E. (2023). Applications of Drone Imagery in Environmental Monitoring. *Journal of Environmental Science and Conservation* 45(2), 78-91.
- Aquirre-Gutiérrez, J., López-Fernández, L., Rodríguez-González, P., González-Aguilera, D. y Pérez-Ortiz, M. (2019). Drones for Fire Monitoring and Control. En: Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Graphics (pp. 1-6). Springer.
- Arnau, M. (2022). El uso del dron en el volcán de La Palma. Asepeyo. Recuperado de <https://www.asepeyo.es/blog/seguridad-laboral/el-uso-del-dron-en-el-volcan-de-la-palma/>
- Bojana, I., Yong-Gu, H., Youngho, C. y Ohseok, K (2015). The use of drones in ecology and wildlife Research. *DJournal of Ecology and Environment* 38(1), 113-118. <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201507964682684.page>
- Bustamante, W., Flores Velázquez, J., Ontiveros Capurata, R.E., González Sánchez, A., Robles Rubio, B.D., Rojano Aguilar, A., Karin Unland W., Emmi, H., Toledo Estrada, A., Jiménez Jiménez, I., Lara Guzmán, B., Fuentes Pacheco, J.A., Hermosillo Valadez, J. y Rendón Mancha, J.M. (2016). Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Díaz, A. (2021). The Use of Drones in Environmental Research: Current Trends and Future Prospects. *International Journal of Environmental Studies* 38(3), 217-230.
- DJI Air 2S - Especificaciones—DJI. (s. f.). DJI Official. Recuperado 13 de junio de 2023, de <https://www.dji.com/es/air-2s/specs>
- El Tiempo. (6 de mayo de 2022). ¿Por qué la laguna de Torre Vieja es rosa? Recuperado de <https://www.eltiempo.es/noticias/por-que-la-laguna-de-torre-vieja-es-rosa>
- Ferguson, R., Coughlan, T., Egelanddal, K., Gaved, M., Herodotou, C., Hillaire, G., Jones, D., Jowers, I., Kukulska-Hulme, A., McAndrew, P., Misiejuk, K., Ness, I.J., Rienties, B., Scanlon, E., Sharples, M., Wasson, B., Weller, M. y Whitelock, D. (2019). Innovating Pedagogy 2019: Open University Innovation Report 7. The Open University, Milton Keynes.
- Foresttech (29 de noviembre de 2019). Drones to plant hundreds of trees in minutes. Recuperado de <https://foresttech.events/drones-to-plant-hundreds-of-trees-in-minutes/>

- Frackiewicz, M. (2023a). Como los drones pueden ayudar a monitorear y mapear bosques e incendios forestales. TS2 SPACE. Recuperado de <https://ts2.space/es/se-pueden-usar-drones-para-monitorear-y-mapear-incendios-forestales-e-incendios-forestales/>
- Frackiewicz, M. (2023b). ¿Se pueden utilizar los drones para el seguimiento y control de la contaminación y la calidad del agua? TS2 SPACE. Recuperado de <https://ts2.space/es/se-pueden-utilizar-los-drones-para-el-seguimiento-y-control-de-la-contaminacion-y-la-calidad-del-agua/>
- Frackiewicz, M. (2023c). Los mejores drones para monitoreo sísmico. TS2 SPACE. Recuperado de <https://ts2.space/es/los-mejores-drones-para-monitoreo-sismico/>
- Generalitat Valenciana (s.f.). Parque Natural de la Lagunas de La Mata-Torrevieja. Recuperado de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-lagunas-de-la-mata-torrevieja>
- Jeziorska, J. (2019). UAS for wetland mapping and hydrological modeling. *Remote Sensing* 11(17), 1997. <https://doi.org/10.3390/rs11171997>
- Jiménez López, J. y Mulero-Pázmáni, M. (2019). Drones for conservation in protected areas: present and future. *Drones* 3(1),10. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>
- Koparan, C., Koç, A., Privette, C.V. y Sawyer, C.B. (2018). In Situ Water Quality Measurements Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System. *Water* 10(3), 264. <https://doi.org/10.3390/w10030264>
- La Marina (s.f.). Ayuntamiento de Elche. Recuperado 13 de junio de 2023, de <https://www.elche.es/pedantias/la-marina/>
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de costas (1988, 29 de julio) (España). *BOE*, (181). <https://www.boe.es/eli/es/l/1988/07/28/22/con>
- Magalhães Barbosa, J., Melendez-Pastor, I., Navarro-Pedreño, J. y Dantas Bitencourt, M. (2014). Remotely sensed biomass over steep slopes: An evaluation among successional stands of the Atlantic Forest, Brazil. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 88, 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.11.019>
- Mandujano,S., Mulero Pazmany, M.C. y Rísquez- Valdepeña ,A. (2017). Drones: una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats. Universidad de Liverpool.
- Melendez-Pastor, I., Isenstein, E.M., Navarro-Pedreño, J. y Park, M-H (2019). Spatial variability and temporal dynamics of cyanobacteria blooms and water quality parameters in Missisquoi Bay (Lake Champlain). *Water Supply* 19(5), 1500–1506. <https://doi.org/10.2166/ws.2019.017>

- Mendea Medio Ambiente. (31 de enero de 2017). Drones para la detección de malas hierbas. Recuperado de <https://mendeama.es/drones-la-deteccion-malas-hierbas/>
- Miller, N., Latchford, J. y Shilko, M. (2016). El uso de drones para la investigación sobre la biodiversidad en las regiones polares: una revisión. *Conservación de la biodiversidad de la naturaleza* 35, 32- 39.
- Ministerio Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (s.f.). Fotogrametría. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/instituto-geografico-nacional/observacion-del-territorio/fotogrametria#:~:text=La%20fotogrametr%C3%ADa%20es%20la%20técnica,varias%20fotograf%C3%ADas%20de%20ese%20objeto>
- Resop, J. P., Lehmann, L., y Hession, W.C. (2019). Drone laser scanning for modeling riverscape topography and vegetation: comparison with traditional aerial lidar. *Drones* 3(2), 35. <https://doi.org/10.3390/drones3020035>
- Sibanda, M., Mutanga, O., Chimonyo, V.P.G., Clulow, A.D., Shoko, C., Mazvimavi, D., Dube, T. y Mabhaudhi, T. (2021). Application of drone technologies in surface water resources monitoring and assessment: a systematic review of progress, challenges, and opportunities in the Global South. *Drones* 5(3), 84. <https://doi.org/10.3390/drones5030084>
- Strochlic, N. (2017). Drones in Wildlife Conservation. National Geographic. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/explore-drones-for-good>
- Valle Vargas, M. (29 de enero de 2020). La tecnología que salva animales en peligro de extinción. *Expansión*. Recuperado de <https://expansion.mx/tecnologia/2020/01/29/la-tecnologia-que-salva-animales-en-peligro-de-extincion>
- Watson, C.S., Kargel, J.S. y Tiruwa, B. (2019). UAV-derived Himalayan topography: hazard assessments and comparison with global DEM products. *Drones* 3(1), 18. <https://doi.org/10.3390/drones3010018>
- Wingtra (s.f.). Drones en Topografía y SIG. Recuperado 13 de junio de 2023 de <https://wingtra.com/es/topografia-sig/>