

# Contribución de los RPAS en investigación y conservación en espacios protegidos: presente y futuro

Autor: Jesús Jiménez López

**Trabajo fin de curso de Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles. Universidad de Cádiz.**

En este estudio se describe el estado actual y las tendencias en el uso de los RPAS en proyectos científicos con fines de conservación en espacios naturales protegidos, mediante la recopilación y revisión de material bibliográfico en forma de artículos científicos, revistas, proyectos de conservación y otras fuentes de información relevantes.

**Palabras claves:** *RPAs, UAVs, drones, espacios naturales, conservación, biodiversidad, investigación, innovación*

## Tabla de contenidos

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Métodos</b>	<b>4</b>
<b>Resultados</b>	<b>5</b>
Estudios de fauna y vida silvestre . . . . .	5
Evaluación de infraestructuras y riesgo . . .	6
Monitoreo y mapeo de ecosistemas terrestres y acuáticos . . . . .	7
Vigilancia y apoyo para el cumplimiento de las leyes en áreas protegidas . . . . .	7
Ecoturismo . . . . .	8
Impacto de los RPAS en la fauna silvestre .	9
<b>Conclusiones</b>	<b>9</b>
<b>Literatura citada</b>	<b>10</b>

## Introducción

Las aplicaciones civiles de las aeronaves pilotadas remotamente (siglas en inglés RPAS, también conocidos como sistemas aéreos no tripulados, UAS, drones) han

sido planteadas en un número cada vez mayor de artículos científicos. Durante los últimos años se ha producido un incremento significativo de las líneas de investigación sobre vida silvestre en espacios protegidos que hacen uso de RPAS ([Linchant et al., 2015](#)) ([Christie et al., 2016](#)). En la mayoría de los casos son estudios pilotos que evalúan estos sistemas frente a instrumentos tradicionales de apoyo a la conservación, delimitando sus ventajas e inconvenientes, estableciendo pautas y recomendaciones de uso y abriendo nuevas perspectivas de aplicación.

Los espacios naturales protegidos son aquellos en los que la intervención del hombre no ha llegado a alterar de forma significativa la presencia y funcionamiento de los elementos bióticos y abióticos que lo integran ([Bravo, 2008](#)). Cumplen con finalidades de protección y conservación del medio biofísico y cultural, donde se promueven iniciativas en el ámbito científico, educativo y de restauración, actividades recreativas y turísticas compatibles con el medio natural y acciones de índole socioeconómica enmarcadas en el desarrollo sostenible del territorio. Están amparados bajo alguna figura nacional o internacional de protección y regulados a través de los planes de manejo específicos. A pesar de que el número de áreas protegidas ha experimentado un aumento considerable a nivel mundial, con un 15.4 % de la superficie terrestre y un 8.4% de las áreas marinas bajo alguna figura de protección ([Juffe-Bignoli et al., 2014](#)), hay autores que resaltan la necesidad de mejorar las herramientas de gestión de áreas protegidas que aseguren la efectividad de la conservación de la biodiversidad ([Chape et al., 2005](#)). Por otra parte algunas áreas protegidas sufren procesos de degradación, continúan disminuyendo en tamaño o han dejado de exis-

tir (Mascia and Pailler, 2011), o bien han sido declaradas bajo criterios oportunistas que no reflejan necesariamente el valor ecológico de los ecosistemas a preservar (Knight and Cowling, 2007). En un reciente informe realizado por la Sociedad Zoológica de Londres (WWF, 2016), se calcula que el tamaño de las poblaciones de vida silvestre ha disminuido en un 52 % en el periodo de 1970 hasta 2012. Todos los indicios apuntan al hombre como principal desencadenante de la ya denominada sexta extinción masiva en nuestro planeta (Barnosky et al., 2011), hasta el punto de que algunos investigadores comienzan a hablar del antropoceno, como inicio de una nueva época del Cuaternario. La fragmentación del hábitat, el aumento de la contaminación, especialmente grave en ecosistemas de agua dulce, la sobreexplotación de los recursos, las consecuencias a nivel global del cambio climático y el impacto de las especies invasoras sobre poblaciones autóctonas han sido identificados como las principales amenazas para la diversidad biológica (Conabio, 2017).

El Grupo sobre Observaciones de la Tierra (GEOBON) ha identificado un conjunto de variables esenciales para la biodiversidad (Pereira et al., 2013) con objeto de desarrollar un abanico de indicadores que permitan conocer el estado global de nuestros ecosistemas y ayuden a la mejor toma de decisiones en materia de biodiversidad mediante la integración de técnicas de observación remota y observaciones in-situ como piezas clave para el levantamiento de información ambiental (Forum, 2008). Por otra parte, el Convenio sobre la Diversidad Biológica desarrollado como parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) estableció en Nagoya (Japón) un plan estratégico para el periodo 2011-2020 que incluye las denominadas *metas de Aichi* para la diversidad biológica. Dentro de los objetivos planteados destaca el aumento de los sistemas de áreas protegidas de especial importancia

para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Meta 11) y se establece una serie de criterios de gobernanza, equidad, gestión, representatividad y conectividad ecológica para la inclusión de áreas prioritarias para la conservación. Para hacer frente a la crisis ambiental actual, es necesario desarrollar soluciones que mejoren el estado de la biodiversidad. En este contexto, el presente documento realiza una revisión de los RPAS en estudios de conservación y gestión de áreas protegidas, mencionando las barreras técnicas y legales que limitan su efectividad.

A inicios de 1980 comenzaron a realizarse los primeros experimentos con RPAS en temas ambientales con el objetivo de adquirir fotografías aéreas y demostrar su utilidad en aplicaciones forestales, la gestión de recursos pesqueros o la integración de sensores para estudios atmosféricos (Tomlins and Lee, 1983). Para finales del siglo XX aparecen los primeros estudios de vegetación en especies amenazadas (Quilter, 1997), mientras que con la llegada del nuevo milenio el número de publicaciones comienza a aumentar significativamente (Hardin and Jensen, 2011). En la actualidad existen algunas iniciativas que tratan de recoger el estado actual de los RPAS en las áreas de la ecología y conservación. Recientemente, la revista *Remote Sensing in Ecology and Conservation* hizo una llamada a la comunidad científica para el envío de propuestas, con objeto de sensibilizar a estudiantes y profesionales y demostrar el uso responsable de RPAS. Es de esperar que del resultado de este llamamiento se produzca un aumento significativo de la literatura científica en este ámbito. Por otro lado, es remarkable la mayor presencia de portales en internet que centran su actividad en torno a las aplicaciones con RPAS. En el campo de la investigación aplicada en conservación <http://conservationdrones.org/> es uno de los sitios de referencia. Sus objetivos se enmarcan en la facilitación

del uso y desarrollo de RPAS en actividades conservacionistas. En su web se pueden consultar casos de usos recientes cuyos resultados, dado el carácter pionero de estos estudios, no siempre aparecen reflejados en artículos científicos. Dentro de las aplicaciones de los RPAS destaca la comunidad online <http://diydrones.com/>, en la que tiene gran acogida el uso de plataformas abiertas, de gran popularidad frente a los tradicionales sistemas cerrados ofertados por compañías comerciales del sector. Esto ha dado como resultado la reducción de los costes de estos equipos, junto con el software asociado, permitiendo acercar la tecnología disponible a un mayor número de usuarios y organizaciones. Estas plataformas abiertas, si bien suelen ofrecer una menor fiabilidad, permiten un mayor grado de personalización de los equipos mediante el montaje de diferentes sensores y sistemas de control según las necesidades específicas de cada proyecto y dentro del propio grupo de investigación (Koh and Wich, 2012).

Las limitaciones desde el punto de vista financiero y tecnológico de la teledetección, por la cual se obtienen imágenes de la superficie terrestre a partir de sensores instalados en plataformas aéreas o espaciales, son descritas por diversos autores (Koh and Wich, 2012). Si bien es posible adquirir imágenes satelitales a bajo coste o prácticamente nulo (LandSat, MODIS, Sentinel, etc.), la mayor parte de estas plataformas operan a escala global o regional. La limitada resolución espacial y temporal, junto con los problemas de presencia de nubes especialmente acusados en zonas tropicales, reduce la viabilidad de la teledetección en la recolección de datos a escala suficientemente detallada para hacer frente a los requerimientos de estudios ecológicos a nivel de especies, hábitats o poblaciones (Wulder et al., 2004). Además, el gran tamaño de estas áreas protegidas reducen en muchos ca-

sos la efectividad y aumenta significativamente los costes de los trabajos de campo, mientras que aumenta los riesgos en zonas especialmente inaccesibles, por lo que a pesar de su reducida autonomía de vuelo, los RPAS se han posicionado como un complemento adecuado para las actividades de conservación (Zahawi et al., 2015). En países en vías de desarrollo, especialmente sensibles en cuanto a dotaciones presupuestarias y capacidades técnicas, se están desarrollando con éxito programas de monitoreo y vigilancia a partir del uso de RPAS, eliminando alguno de los inconvenientes descritos con anterioridad. Por ejemplo, mediante la captura de imágenes aéreas en el delta del Volta, Ghana, un equipo de científicos mide los efectos del cambio climático de los procesos erosivos en zonas costera y evalúa la efectividad de las medidas de defensa frente a la erosión (Gerster/Panos, 2017). Los vehículos aéreos tripulados ofrecen en principio una mejor alternativa en la captura imágenes de la superficie terrestre, sin embargo su uso no está justificado en estudios a escala local, debido a costes operacionales excesivamente altos. Por otro lado, el riesgo de sufrir accidentes aéreos es mayor, situándose como primera causa de mortandad en especialistas en vida silvestre en los Estados Unidos (Sasse, 2003).

Con objeto de reducir el impacto de los drones en estudios de fauna, algunos experimentos analizan la respuesta de aves frente a RPAS (Vas et al., 2015). Otros ensayos se centran en mamíferos y miden el estrés fisiológico y posibles cambios en el comportamiento frente a vuelos realizados con RPAS (Ditmer et al., 2015). Fruto de los resultados obtenidos, se están comenzando a documentar manuales de buenas prácticas y recomendaciones con objeto de reducir el impacto negativo en el bienestar y evitar perturbaciones en los patrones de comportamiento de las especies.

Finalmente, algunos autores señalan la necesidad de mejorar el marco regulatorio respecto al uso civil de los RPAS (Nugraha et al., 2016). En los Estados Unidos y en la mayoría de los países de Europa consultados, se han adoptado leyes provisionales que en cierta medida equiparan el manejo de los RPAS con el de aeronaves tradicionales. Este tipo de restricciones podría limitar las posibilidades de uso de los RPAS en el ámbito de la conservación, por lo que se hace patente la necesidad urgente de armonizar la legislación en relación a este tipo de actividades. En términos generales, la situación en América Latina es desigual, con algunos países que siguen sin desarrollar leyes específicas para hacer frente al auge de los RPAS tanto en el sector civil como militar (Agencia EFE, 2013). África es uno de los continentes donde el impacto de los drones en conservación ha tenido mayor repercusión. Sin embargo, según la opinión de algunos conservacionistas, su uso no ha estado exento de problemas, dando como resultado gobiernos que han prohibido total o parcialmente la operación con drones, argumentando problemas de seguridad nacional en detrimento de la protección de los espacios naturales protegidos (Andrews, 2014). La incertidumbre de los usuarios ha promovido el desarrollo de asociaciones con objeto de asesorar sobre los aspectos legales a tener en cuenta durante la operación. En España, la Asociación Española de Drones y Afines <https://www.aedron.com> promueve un uso consciente y responsable de los RPAS y organiza seminarios para informar a los socios sobre temas de interés. En su web se puede consultar el borrador de la nueva normativa que regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto en España (AEDRON, 2017). A nivel global han surgido otras iniciativas, siendo la Asociación Internacional para Sistemas de Vehículos No Tripulados (AUVSI) <http://www.auvsi.org> la organización sin fines de

lucro más grande del mundo dedicada al avance de la comunidad de usuarios de sistemas aéreos no tripulados.

## Métodos

Para alcanzar los objetivos propuestos se procedió a la revisión bibliográfica de artículos, literatura gris, tesis de postgrado, sitios web y revistas especializadas, siguiendo una línea similar a otros estudios realizados con anterioridad (Linchant et al., 2015, Christie et al. (2016)) Mediante artículos seleccionados para el curso de Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles organizado por la Universidad de Cádiz en su edición de 2016-2017, junto con herramientas como Google Scholar, ResearchGate y Mendeley Desktop se obtuvo la mayor parte de la bibliografía seleccionada, mientras que el uso de los motores de búsqueda por internet incluyeron el resto de materiales mencionados. Los principales criterios de búsqueda por palabras claves incluyeron los vehículos aéreos no tripulados en sus diversas acepciones y acrónimos (RPAS, UAV, drones, etc.), junto con una variedad de términos que hacen referencia a áreas naturales protegidas, fundamentalmente en inglés. Dicha actividad tuvo lugar desde el 4 de Abril de 2017 hasta el 12 de Mayo del mismo año.

La información obtenida se categorizó según el propósito de aplicación de los RPAS en relación directa o indirecta con la conservación en espacios protegidos. La mayoría de las fuentes analizadas se centran en proyectos de conservación a escala local y estudios de viabilidad de los RPAS en la caracterización de poblaciones y comunidades de vida silvestre, especialmente en estudios de distribución y abundancia. La literatura comienza a ser igualmente prolífica en actividades de monitoreo y mapeo en ecosistemas terrestres y acuáticos, nicho actualmente ocupado por las plataformas aéreas y espaciales de teledetección ambiental. A pesar de la difícil-

tad de encontrar artículos dedicados al uso de RPAS en el control y vigilancia de áreas protegidas, es uno de los temas que mayor debate social genera y no es extraño encontrar iniciativas gubernamentales o promovidas por organizaciones ambientales en la lucha contra la caza y pesca furtiva. Adicionalmente se revisan algunos aspectos de calado social recogidos en los materiales seleccionados y que son motivo de controversia, con especial referencia a la privacidad de las personas y el bienestar de las especies estudiadas, las implicaciones éticas y legales y la repercusión en la efectividad de los RPAS en la conservación a largo plazo. En cualquier caso, dado el carácter multidisciplinar y multipropósito de estos estudios existe cierto solape entre los objetivos marcados dentro de cada proyecto, por lo que se ha tenido en cuenta aquellos objetivos que mayor peso tienen en el contexto de la investigación.

La información seleccionada se presenta en formato tabular, identificando los países implicados, el propósito principal de cada estudio, las técnicas y sistemas empleados, haciendo referencia explícita al tipo de aplicación y plataformas de vuelo, tanto de ala fija como de pala rotatoria. Finalmente se discuten los posibles escenarios que presentan los RPAS como herramientas fundamentales para contribuir a la consecución de los planes de conservación en espacios protegidos, destacando algunas tendencias y oportunidades que aparentemente aún no han sido convenientemente explotadas.

## Resultados

### Estudios de fauna y vida silvestre

Uno de los temas centrales de la ecología es el desarrollo de modelos estadísticos de distribución de especies que permiten inferir el hábitat potencial o idóneo de los organismos a partir de la recolección de información ambiental y datos de presencia procedentes de diversas fuentes (Ma-

teo et al., 2011). La radiotelemetría es uno de los métodos más comunes para la recolección de datos de movimiento en individuos marcados con geolocalizadores. Algunos estudios comparan el uso de RPAS frente a estos sistemas (Pázmány Mulero, 2015; Mulero-Pázmány et al., 2015) en animales de gran tamaño y fácilmente identificables mediante imágenes aéreas de alta resolución, obteniendo resultados similares en cuanto al rendimiento de los modelos pero con diferencias notables en cuanto a costes derivados de la compra de los equipos y gastos de logística, favoreciendo en este caso a los RPAS. Las limitaciones financieras también afectan al tamaño del muestreo con el uso de geolocalizadores, con el riesgo añadido de marcar individuos bajo criterios no aleatorios, si bien se remarca la ventaja de estos sistemas en cuanto a su capacidad para generar grandes volúmenes de datos en un periodo de tiempo mayor. En cuanto a la exactitud posicional, los RPAS tienen un error máximo entre 1 y 3 metros, mientras que los errores del GPS pueden ser mayores a 20 metros. En cualquier caso los autores remarcan que ambas metodologías tienen potencial para complementarse a lo largo de todas las fases del estudio. Otras técnicas innovadoras han sido recientemente ilustradas en artículos científicos que evalúan la viabilidad del uso combinado de radiolocalizadores en RPAS en la búsqueda de individuos marcados con radio collares VHF (Körner et al., 2010; Bayram et al., 2016; Cliff et al., 2015; Leonardo et al., 2013).

En determinados casos, frente a las dificultades para detectar directamente a la especie de interés, los estudios se enfocan en la localización y caracterización de sus áreas de cría y nidificación (van Andel et al., 2015). En áreas protegidas de gran extensión se han ensayado con éxito el conteo de grandes mamíferos terrestres, no habiéndose registrado reacciones adversas en vuelos re-

alizados a una altura mínima de 100 metros (Jain, 2013). La estimación de poblaciones de mamíferos en ecosistemas marinos también ha sido documentada con resultados positivos (Hodgson et al., 2013), mientras que en aves se han usado para estudiar las dinámicas poblacionales en colonias (Sardà-Palomera et al., 2012). La utilidad de estos sistemas también queda manifiesta en la inspección y caracterización de nidos de aves en zonas de difícil acceso (Weissensteiner et al., 2015), permitiendo evaluar el estado en el que se encuentran de forma menos intrusiva.

Dada la masiva cantidad de información generada, no es de extrañar que se hayan aplicado métodos desarrollados en el campo de la visión computerizada, dirigidos al conteo automático de individuos capturados en las escenas adquiridas por los sensores fotográficos (Lhoest et al., 2015; Abd-Elrahman et al., 2005; van Gemert et al., 2015). Esto conlleva una reducción de los costes respecto al conteo manual de las escenas adquiridas, con la ventaja adicional de no estar sujetos en mayor o menor medida a la interpretación del especialista. En este sentido, los métodos de observación directa desde vehículos aéreos tripulados también representan desventajas con respecto a la toma de imágenes aéreas, puesto que necesitan un mayor número de observadores que garantizan un conteo exhaustivo de las poblaciones para evitar errores en la estimación. Fuera de la literatura científica, existen proyectos para el monitoreo de la fauna tanto en ecosistemas marinos como terrestres. A partir de la información recopilada en la comunidad online <https://conservationdrones.org> se han identificado varios estudios relacionados con el registro de individuos en poblaciones situadas en áreas protegidas o frecuentemente visitadas por especies sujetas a alguna figura de amenaza, siendo la mayoría de estos proyectos respaldados por organizaciones no gubernamentales y centros de investigación. Por ejemplo, un

estudio realizado en la cuenca del Amazonas en Brasil está experimentando el uso de drones para mejorar la estimación de la densidad y abundancia de diferentes especies de delfines, comparándolo con la observación directa realizada por especialistas (Wich, 2017). Dentro de los objetivos de la investigación se contempla la validación y armonización de ambas metodologías y de forma indirecta, evaluar la viabilidad para su aplicación regular en proyectos de monitoreo con similar propósito, teniendo en cuenta el coste-beneficio de la ejecución.

## **Evaluación de infraestructuras y riesgo**

Otros trabajos resaltan la utilidad de los RPAS en la evaluación del riesgo de infraestructuras humanas y la puesta en marcha de medidas preventivas frente a especies de aves que nidifican en postes de líneas eléctricas de alta tensión, haciéndolas especialmente vulnerables a colisiones y electrocutamiento. Para la ejecución de trabajos de precisión donde la estabilidad, maniobrabilidad y el detalle en la identificación es esencial (Lobermeier et al., 2015) el uso de multirotores es recomendado, mientras que en evaluaciones de estructuras lineales de gran extensión en las que el costo y tiempo de vuelo es determinante en contraposición a la resolución espacial, los vehículos de ala fija ofrecen mejores ventajas (Mulero-Pázmány et al., 2014a), (Zhang et al., 2016).

Si bien estos estudios no están dirigidos exclusivamente a áreas protegidas, podrían resultar de especial interés en zonas aledañas de amortiguamiento, donde el desarrollo antrópico puede generar situaciones de conflicto con la fauna circundante. Por ejemplo, se sabe que hay ciertas especies de aves que nidifican en el suelo, especialmente en zonas de cultivo de cereal. Como actividad previa a la cosecha, realizada generalmente bajo procedimientos mecánicos, se podría realizar un sobre-

vuelo para identificar posibles nidos, y en su caso, tomar las medidas adecuadas para evitar su destrucción.

### **Monitoreo y mapeo de ecosistemas terrestres y acuáticos**

Durante las últimas décadas el auge de los sensores remotos a bordo de plataformas aéreas o espaciales ha desencadenado un aumento de las aplicaciones para el estudio de los ecosistemas (Wulder et al., 2004). Los datos obtenidos han permitido desarrollar mapas de cobertura vegetal y suelos, caracterizar hábitats, mejorar la comprensión de la estructura y función de las masas forestales, desarrollar modelos digitales de elevaciones o levantar cartas geomorfológicas de aplicación en el modelamiento de distribución de especies. El advenimiento de los RPAS ha propiciado el análisis cuantitativo de hábitats a un nivel de detalle que no ha sido posible hasta ahora, bien por motivos económicos o por limitaciones propias de la ingeniería. Este impulso ha sido especialmente notable con el desarrollo paralelo de sensores multiespectrales e hiperespectrales adaptados a aeronaves de pequeño tamaño, cuyo precio se espera disminuya según las tendencias del sector tecnológico. Dentro de las actividades del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) se han operado vuelos con objeto de clasificar la cobertura vegetal en humedales (USGS, 2014). Otros estudios monitorean la distribución de especies invasoras bajo diferentes condiciones de vuelo y cobertura vegetal (Perroy et al., 2017), mientras que la caracterización de masas forestales constituye un importante apartado dado el número de artículos que abordan el problema desde diferentes perspectivas. (Gini et al., 2012) emplea un modelo de cuadrocóptero y cámaras en RGB y NIR a baja altura en áreas de pequeña extensión. Debido a la reducida fiabilidad y autonomía de la plataforma y las dificultades

para aumentar la capacidad de carga, la planificación del vuelo se ve reducida a tres pasadas con un porcentaje del 80% y 30% de solape longitudinal y transversal respectivamente. (Lisein et al., 2015) realiza un análisis multitemporal de la respuesta espectral frente a variaciones en la fenología en diferentes especies de árboles de hoja caduca y concluye que la variación espectral intraespecífica es de máximo interés para la optimización de los algoritmos de clasificación y discriminación entre especies. En su investigación, opera un modelo de RPAS de ala fija, utiliza diferentes sensores en el rango visible e infrarrojo cercano y optimiza los parámetros de vuelo con objeto de cubrir la máxima superficie con el menor número de vuelos posible. (Zahawi et al., 2015) aplica la metodología *Ecosynth*, un conjunto de herramientas para cartografiar y medir la vegetación en 3D utilizando cámaras digitales y software de visión artificial de código abierto, con objeto de evaluar la eficacia de las acciones de restauración en bosques tropicales mediante RPAS, como alternativa viable para las medidas de campo tradicionales y aplica diferentes modelos predictivos de presencia de pájaros frugívoros a partir de los datos de altura y estructura del dosel vegetal.

### **Vigilancia y apoyo para el cumplimiento de las leyes en áreas protegidas**

Los RPAS también tienen especial proyección en el control y vigilancia de áreas protegidas. Así lo demuestran diferentes experiencias enfocadas principalmente en el control de la caza y pesca furtiva. Este tipo de estudios se caracteriza por dar una mayor importancia a la mejora de los sistemas de visión en primera persona (FPV) con objeto de obtener una panorámica en tiempo real de la zona monitoreada, el uso de RPAS de ala fija cuya mayor autonomía frente a los multirrotores permite cubrir una



mayor extensión, la necesidad de utilizar cámaras térmicas en condiciones de baja visibilidad, usualmente relacionadas con horas de mayor actividad furtiva, junto con avances en los sistemas de visión computerizada programados para detectar la presencia de humanos y especies sometidas a la presión de comercio ilegal en áreas protegidas. (Mulero-Pázmány et al., 2014b) se enfocan en el rinoceronte africano y constatan las ventajas del video en tiempo real frente a la toma de fotografías, que necesitan un mayor tiempo de postprocesamiento. Adicionalmente recalcan la necesidad de mejorar la resolución de los sensores térmicos para aumentar las posibilidades de detectar actividades sospechosas en horas nocturnas. Entre las dificultades encontradas se incluyen la falta de una regulación específica para actividades con RPAS que permitan operar más allá del campo visual, los inconvenientes derivados de la escala de trabajo en grandes extensiones de terreno, las condiciones atmosféricas adversas que afectan a la capacidad de volar de los RPAS y los posibles efectos negativos sobre la fauna, como ejemplos de alguno de los retos que van a determinar la capacidad de integrar los RPAS en actividades de control y vigilancia. (Duffy, 2014) analiza las consecuencias de la militarización de las prácticas de conservación, como tendencia cada vez mayor en áreas naturales protegidas de todo el mundo e ilustra el uso de RPAS a través de varios ejemplos. Respecto a zonas costeras, una búsqueda rápida por internet permite recoger diversas iniciativas que tratan de optimizar las labores de control de la pesca furtiva mediante RPAS. Sin embargo no hemos podido constatar estudios científicos que avalen tales iniciativas, por lo que se abre una vía interesante para su investigación. Por ilustrar algunos de los numerosos ejemplos, en Belize se realizó un estudio pionero para el monitoreo de pesquerías mediante un modelo de ala fija Skywalker. El Gobierno

de Canarias está considerando el uso de RPAS en labores de control e inspección en zonas de difícil acceso para hacer frente al furtivismo (EFE, 2017) . Finalmente <http://soaroccean.org/> es una iniciativa de *National Geographic* y *Lindblad Expedition* para el uso de drones de bajo coste en la protección de los océanos y es un buen punto de partida para buscar aplicaciones pioneras en este ámbito.

## Ecoturismo

El amplio abanico de posibilidades que ofrece la aplicación de los RPAS en la industria ecoturística queda resumido en un artículo reciente, en el que se exponen posibles actividades recreativas, oportunidades de negocio, operaciones de búsqueda y rescate, mapeo y fórmulas para la concesión de operaciones con RPAS en áreas designadas para tal fin (King, 2014). Dentro de la aún escasa literatura, (Hansen, 2016) valora la eficacia de los RPAS en el monitoreo de visitantes en áreas marinas y costeras, en combinación con otras soluciones innovadoras. Según el autor los RPAS permitirían teóricamente operar bajo diferentes condiciones ambientales, mejorando el nivel de detalle y ofreciendo una cobertura continua en el flujo y comportamiento de los visitantes , en contraposición a otras técnicas de uso habitual como la observación manual o la instalación de redes de cámaras de vigilancia. La implementación de este tipo de soluciones estaría sujeta a ciertas consideraciones. Por ejemplo, aún no está claro si el ruido o la presencia notable de RPAS en áreas naturales podría afectar negativamente la experiencia del turista o perturbar significativamente a la fauna. Para que la industria ecoturística pudiera beneficiarse de los RPAS, sería necesario mejorar nuestro conocimiento sobre estas cuestiones planteadas y abordar las implicaciones éticas y legales derivadas de su uso.



## Impacto de los RPAS en la fauna silvestre

La priorización del bienestar del animal debe ser incluida en las aplicaciones de RPAS, estableciendo unos principios éticos que complementen los estándares vigentes en materia de investigación y conservación. (Vas et al., 2015) obtienen resultados prometedores de relevancia en estudios ornitológicos, valorando el impacto del color, la velocidad y el ángulo de vuelo en las respuestas de comportamiento de aves lacustres frente a la aproximación de multirrotors, siendo este último factor el principal desencadenante de cambios en los patrones de comportamiento, especialmente en aproximaciones desde la vertical, a un ángulo de 90°. Finalmente concluyen con una serie de recomendaciones básicas y consideran recomendable extender los ensayos a una amplia gama de RPAS y especies. (Ditmer et al., 2015) mide el estrés fisiológico en el oso negro americano mediante el registro electrónico de la actividad cardíaca en presencia de RPAS. Si bien no registran cambios en los patrones de comportamiento, el aumento de los latidos por minuto (bpm) es significativo en la mayoría de los casos observados. Ante la falta de experiencias que aborden de manera explícita el fenómeno, (Hodgson and Koh, 2016) concluyen con una serie de recomendaciones generales como base para un código de buenas prácticas, destacando la adopción del principio de precaución y respeto a las normas de aviación civil, el entrenamiento específico de los operadores, la selección apropiada de los equipos, el cese de las operaciones en caso de generar perturbaciones evidentes en las poblaciones estudiadas y el reporte de las observaciones en publicaciones científicas, que permita compartir el conocimiento con vistas a una mejora progresiva en los protocolos de operaciones con RPAS.

## Conclusiones

La consolidación de los RPAS como herramientas de gestión e investigación en áreas naturales protegidas van a depender en gran medida del desarrollo tecnológico de los elementos asociados a la plataforma y el establecimiento de medidas que regulen favorablemente su uso, aumentando las oportunidades en el sector y estimulando la innovación en áreas de interés para la conservación. En el primer caso, se esperan mejoras en el control y navegación, mayor autonomía de vuelo, la progresiva minituarización y diversificación de sensores, imágenes aéreas de mayor resolución, la reducción general costes, sistemas más silenciosos de gran importancia en estudios de fauna, junto con avances en el campo de la inteligencia artificial. Respecto al marco regulatorio, resulta difícil prever las medidas legislativas que cada país va a adoptar y por tanto la repercusión en el uso de estos instrumentos en áreas protegidas.

La revisión de la literatura sugiere que aún quedan ciertos nichos que necesitan de mayor atención por parte de la comunidad. A pesar de surgimiento de algunas iniciativas, aún no está claro el impacto de los RPAS sobre la fauna, por lo que sería necesario contar con experiencias que abarcaran un mayor número de especies y permitieran adoptar un conjunto de buenas prácticas y recomendaciones para el desarrollo de RPAS específicos para este tipo de estudios.

## Literatura citada

- Amr Abd-Elrahman, Leonard Pearlstine, and Franklin Percival. Development of Pattern Recognition Algorithm for Automatic Bird ... *Surveying and Land Information Science*, 65(1):37, 2005.
- Asociación Española de Drones y Afines AEDRON. *Borrador de la nueva normativa (pendiente aprobación y publicación)*, 2017. <https://www.aedron.com/borrador-nueva-normativa> [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- La Nación. Agencia EFE. *CIDH alerta del creciente uso de 'drones' en América Latina*, 2013. [http://www.nacion.com/mundo/latinoamerica/Comision\\_Interamericana\\_de\\_Derechos\\_Humanos-drones-regulacion-Costa\\_Rica\\_0\\_1375662598.html](http://www.nacion.com/mundo/latinoamerica/Comision_Interamericana_de_Derechos_Humanos-drones-regulacion-Costa_Rica_0_1375662598.html) [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- C. Andrews. *Wildlife monitoring: should UAV drones be banned?*, 2014. <https://prod-eandt.theiet.org/content/articles/2014/07/wildlife-monitoring-should-uav-drones-be-banned/> [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- Anthony D Barnosky, Nicholas Matzke, Susumu Tomiya, Guinevere O U Wogan, Brian Swartz, Tiago B Quental, Charles Marshall, Jenny L McGuire, Emily L Lindsey, Kaitlin C Maguire, Ben Mersey, and Elizabeth A Ferrer. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 470(7336):51–57, 2011. ISSN 0028-0836. doi: 10.1038/nature09678. URL <http://dx.doi.org/10.1038/nature09678>.
- Haluk Bayram, Krishna Doddapaneni, Nikolaos Stefanos, and Volkan Isler. Active Localization of VHF Collared Animals with Aerial Robots. (13):74–75, 2016. ISSN 21618089. doi: 10.1109/COASE.2016.7743503.
- Xavier Lastra Bravo. LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS. Concepto, evolución y situación actual en España. pages 1–25, 2008.
- Luis Antonio Esquivel Bustamante. Forest Monitoring with Drones : Application Strategies for Protected Riverine Forest Ecosystems in the Atlantic Forest of Rio de. page 96, 2015.
- S Chape, J Harrison, M Spalding, and I Lysenko. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 360(February 2005):443–455, 2005. ISSN 0962-8436. doi: 10.1098/rstb.2004.1592.
- Katherine S. Christie, Sophie L. Gilbert, Casey L. Brown, Michael Hatfield, and Leanne Hanson. Unmanned aircraft systems in wildlife research: Current and future applications of a transformative technology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(5):241–251, 2016. ISSN 15409309. doi: 10.1002/fee.1281.
- Oliver M Cliff, Robert Fitch, Salah Sukkarieh, Debra L Saunders, and Robert Heinsohn. Online Localization of Radio-Tagged Wildlife with an Autonomous Aerial Robot System. *Robotics Science and Systems*, (November 2016):1–9, 2015. ISSN 2330765X. doi: 10.15607/RSS.2015.XI.042.
- Conabio. *Canarias usará drones para controlar la pesca furtiva y mejorar su inspección*, 2017. <http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque.html> [Accessed: 7 de Mayo, 2017].
- Mark A. Ditmer, John B. Vincent, Leland K. Werden, Jessie C. Tanner, Timothy G. Laske, Paul A. Iaizzo, David L. Garshelis, and John R. Fieberg. Bears Show a Physiological but Limited Behavioral Response to Unmanned Aerial Vehicles. *Current Biology*, 25(17):2278–2283, 2015. ISSN 09609822. doi: 10.1016/j.cub.2015.07.024. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.024>.
- Rosaleen Duffy. Waging a war to save biodiversity: The rise of militarized conservation. *International Affairs*, 90(4): 819–834, 2014. ISSN 14682346. doi: 10.1111/1468-2346.12142.
- EFE. *Canarias usará drones para controlar la pesca furtiva y mejorar su inspección*, 2017. [https://www.canarias7.es/hemeroteca/canarias\\_usara\\_drones\\_para\\_controlar\\_la\\_pesca\\_furtiva\\_y\\_mejorar\\_su\\_inspeccion\\_-JD4SN451293](https://www.canarias7.es/hemeroteca/canarias_usara_drones_para_controlar_la_pesca_furtiva_y_mejorar_su_inspeccion_-JD4SN451293) [Accessed: 28 de Abril, 2017].
- Policy Forum. Toward a Global Biodiversity Observing System. (April), 2008.
- Georg Gerster/Panos. *Project uses drones to monitor coastal erosion in Ghana*, 2017. <http://www.scidev.net/sub-saharan-africa/environment/news/project-drones-monitor-coastal-erosion-ghana.html> [Accessed: 7 de Mayo, 2017].
- R. Gini, D. Passoni, L. Pinto, and G. Sona. Aerial Images From an Uav System: 3D Modeling and Tree Species Classification in a Park Area. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B1(September):361–366, 2012. ISSN 1682-1777. doi: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-361-2012.

Table 1: Estudios con RPAS realizados en áreas protegidas, características técnicas de la plataforma y especies objetivos

Estudio	Tipo de Estudio	Objetivo/s	País	Lugar	Especie	Tipo RPAS	Modelo RPAS	Sensor	Georef.	Costo
<b>ESTUDIOS DE FAUNA Y VIDA SILVESTRE</b>										
<a href="#">Pázmány Mulero (2015)</a>	SI	Estudio comparativo modelos distribución de especies	España	Parque Nacional de Doñana	Bos taurus	Ala fija	Easy Fly plane, Ikarus autopilot, Eagletree GPS logger	Parasonic Lumix 11MP	Si	5700 euros
<a href="#">Hodgson et al. 2013</a>	SI	Determinar la eficacia para detectar e identificar dugongs. Comprobar la actitud de los RPAS en diferentes condiciones ambientales. Determinar la resolución ideal	Australia	Shark Bay Marine Park	Dugong	Ala fija	SantEagle	Nikon (8 megapixel digital camera	Si	?
<a href="#">Wilson et al. (2017)</a>	No	Monitoreo bioacústico con RPAS	USA	State Game Lands	Pájaros	Multicóptero	DJI Phantom 2	ZOOM H1 Recorder	Si	?
<a href="#">Szantol et al. (2017)</a>	SI	Mapeo de hábitat	Indonesia	Gunung Leuser National Park	Pongo abelii (orangután)	Ala fija	Skywalker	Canon S100	Si	\$ 4000
<a href="#">Bayram et al. (2016)</a>	No	Detección de collares VHF	?		Oso	Multirrotor	DJI F550 hexarotor, Pixhawk autopilot	Telonics MOD-500 VHF Uniden handheld scanner	Si	?
<a href="#">Christie et al. (2016)</a>	SI	Estimación abundancia	USA	Aleutian Islands	Eumetopias jubatus (Steller sea lion)	Multirrotor	APH- 22 hexacopter	?	Si	\$ 25,000
										\$ 3000 vessel support, or \$ 1700 per site
<a href="#">Christie et al. (2016)</a>	SI	Estimación abundancia	USA	Monte Vista Wildlife Refuge	Grus canadensis (sandhill cranes)	Ala fija	Raven RQ- 11A	?	Si	\$ 400

Table 2: Monitoreo de ecosistemas terrestres y acuáticos

Estudio	Área protegida	Objetivo/s	País	Lugar	Especie	Tipo RPAS	Modelo RPAS	Sensor	Georef.	Costo
<b>MONITOREO DE ECOSISTEMAS TERRESTRES Y ACUÁTICOS</b>										
<a href="#">Perry et al. (2017)</a> <a href="#">Waser et al. (2015)</a>	No Si	Monitoreo de plantas invasoras Monitoreo de hábitats en zonas restringidas, Modelos, Comparar la actividad de los RPAS en diferentes condiciones ambientales.	USA South Korea	Pahoehoe, Hawaii Chisean National Park, Taeanhaean National Park	Miconia calvescens Especie	Multirrotor Multicóptero	DJI Inspire-1 DJI Phantom 2 Vision+, built-in full HD video, 1080p/30fps and 720p/60fps, 14 megapixels, 4384x3288 resolution	DJI FC350 camera Si	Si Costo	?
<a href="#">Lisein et al. (2015)</a>	No	Discriminación de especies de hoja caduca, inventario forestal	Bélgica	Grand-Leez	English oak, birches (Betula pendula Roth and Betula pubescens Ehrh.), sycamore maple (Acer pseudoplatanus L.), common ash (Fraxinus excelsior L.) and poplars (two distinct varieties of cultivated Populus spp.)	Ala fija	camera Gateway X100	Ricoh GR2 GR3 GR4 10 megapixels CCD	Si	?
<a href="#">Puttock et al. (2015)</a> <a href="#">Zahawi et al. (2015)</a>	Si No	Caracterización ecosistemas afectados por la actividad del castor Caracterización estructura bosques tropicales para acciones de restauración	UK Costa Rica	Devon Beaver Project site Devon Beaver Project site	Eurasian beaver (Castor fiber) Varias especies	Multirrotor Multirrotor	3D Robotics Y6 3D Robotics Y6	Canon ELPH 520 HS Canon S100	Si Si	? \$ 1500
<a href="#">Bustamante (2015)</a>	Si	Monitoreo de bosques	Brasil	Riverine Forests (Permanent Protected Areas) Rio de Janeiro, Barraão do Mendes, Santa Cruz and São Lorenzo Parco Adia Nord	DJI Phantom Vision 2S	RGB digital camera with 14 mega pixels	Riverine Areas	Si	\$ 9700	
<a href="#">Gini et al. (2012)</a>	Si	Modelamiento 3D y clasificación de especies arbóreas	Italy		Multirrotor	MicrodronesTM MD4-200	RGB CCD 12 megapixels Pentax Optio A40, modified NIR Sigma DP1 with a Foveon X3 sensor	Varias especies	Si	?

Table 3: Estudios con RPAS realizados en Areas protegidas, características técnicas de la plataforma y especies objetivos

Estudio	Área protegida	Objetivo/s	País	Lugar	Especie	Tpo RPAS	Modelo RPAS	Sensor	Georef.	Costo
EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS RIESGO <a href="#">Lobnermeyer et al. (2015)</a>	No	Mitigar el riesgo de colisión mediante la instalación de marcadores en líneas eléctricas	USA	?	Especie	Aves	Multirotor	Mikrokopter Hexa XL	KX 171 Microm	?
	Si	Evaluación del riesgo eléctrico en ridos instalados en postes de alta tensión	España	Parque Nacional de Doñana	Aves	Ala fija	Easy fly S1-330	GoPro Hero 2 11 MP; Panasonic LX3 11MP	Si	7800 euros
VIGILANCIA <a href="#">Mullero-Pázmány et al. (2014a)</a>	Vigilancia en áreas protegidas	Si	Africa	KwaZulu-Nata	black rhinoceros (Diceros bicornis), white rhinoceros (Ceratotherium simum)	Ala fija	Easy Fly S1-330	Parasonic Lumix LX-3 11 MP; GoPro Hero2; Thermoleknox Micro CAM microbolometer	Si	13750 euros
	Si	Monitoreo actividad visitantes	Sweeden	Kosterhavet National Park	Humanos	?	?	?	?	?
ECOTURISMO <a href="#">Hansen (2016)</a> <a href="#">King (2014)</a>	Si	Aplicaciones RPAS en actividades ecoturismo	Sweeden	Kosterhavet National Park	Humanos	?	?	?	?	?
	Si	Impacto de los RPAS en especies de aves lacustres	France	e Zoo du Lunaret, Cros Martin Natural Area	Anas platyrhynchos, Phoenicopterus roseus, Tringa nebularia	multirotor	Phantom	Hero3 GoPro	Si	?
ETICA ANIMAL <a href="#">Vas et al. (2015)</a>	Si	Impacto de los RPAS en el oso negro americano	USA	Kosterhavet National Park	Ursus americanus	3DR IRIS quadcopter + Pixhawk +	GoPro HERO3+	?	?	?

- Andreas Skriver Hansen. Applying visitor monitoring methods in coastal and marine areas – some learnings and critical reflections from Sweden. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 2250(June):1–18, 2016. ISSN 1502-2250. doi: 10.1080/15022250.2016.1155481. URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15022250.2016.1155481>.
- Perry J. Hardin and Ryan R. Jensen. Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles in Environmental Remote Sensing: Challenges and Opportunities. *GIScience & Remote Sensing*, 48(1):99–111, jan 2011. ISSN 1548-1603. doi: 10.2747/1548-1603.48.1.99. URL <http://bellwether.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.2747/1548-1603.48.1.99>.
- Amanda Hodgson, Natalie Kelly, and David Peel. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying Marine Fauna: A dugong case study. *PLoS ONE*, 8(11):1–15, 2013. ISSN 19326203. doi: 10.1371/journal.pone.0079556.
- Jarrold C. Hodgson and Lian Pin Koh. Best practice for minimising unmanned aerial vehicle disturbance to wildlife in biological field research. *Current Biology*, 26(10), 2016. ISSN 09609822. doi: 10.1016/j.cub.2016.04.001.
- Bojana Ivošević, Yong Gu Han, Youngho Cho, and Ohseok Kwon. The use of conservation drones in ecology and wildlife research. *Journal of Ecology and Environment*, 38(1):113–118, 2015. ISSN 22881220. doi: 10.5141/ecoenv.2015.012.
- Mukesh Jain. Unmanned Aerial Survey of Elephants. *PLoS ONE*, 2013. doi: 10.1371/journal.pone.0054700.
- Diego Juffe-Bignoli, Neil David Burgess, H Bingham, E M S Belle, M G De Lima, M Deguignet, B Bertzky, A N Milam, J Martinez-Lopez, E Lewis, and Others. Protected planet report 2014. *Cambridge, UK: UNEP-WCMC*, 2014.
- Lisa M. King. Will drones revolutionise ecotourism? *Journal of Ecotourism*, 13(1):85–92, 2014. ISSN 1472-4049. doi: 10.1080/14724049.2014.948448. URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14724049.2014.948448>.
- Andrew T. Knight and Richard M. Cowling. Embracing opportunism in the selection of priority conservation areas. *Conservation Biology*, 21(4):1124–1126, 2007. ISSN 08888892. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00690.x.
- Lian Pin Koh and Serge A. Wich. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science*, 5(2):121–132, 2012. ISSN 1940-0829. doi: WOS:000310846600002.
- Fabian Körner, Raphael Speck, Ali Haydar, and Salah Sukkarieh. Autonomous Airborne Wildlife Tracking Using Radio Signal Strength. pages 107–112, 2010.
- Miguel Leonardo, Austin Jensen, Calvin Coopmans, Mac McKee, and YangQuan Chen. A Miniature Wildlife Tracking UAV Payload System using Acoustic Biotelemetry. *Proc. of the ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*, (July 2015), 2013. doi: 10.1115/DETC2013-13267.
- S. Lhoest, J. Linchant, S. Quevauvillers, C. Vermeulen, and P. Lejeune. How many hippos (Homhip): Algorithm for automatic counts of animals with infra-red thermal imagery from UAV. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(3W3):355–362, 2015. ISSN 16821750. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-3-W3-355-2015.
- Julie Linchant, Jonathan Lisein, Jean Semeki, Philippe Lejeune, and Cédric Vermeulen. Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Review*, 45(4):239–252, 2015. ISSN 13652907. doi: 10.1111/mam.12046.
- Jonathan Lisein, Adrien Michez, Hugues Claessens, and Philippe Lejeune. Discrimination of deciduous tree species from time series of unmanned aerial system imagery. *PLoS ONE*, 10(11), 2015. ISSN 19326203. doi: 10.1371/journal.pone.0141006.
- Scott Lobermeier, Matthew Moldenhauer, Christopher Peter, Luke Slominski, Richard Tedesco, Marcus Meer, James Dwyer, Richard Harness, and Andrew Stewart. Mitigating avian collision with power lines: a proof of concept for installation of line markers via unmanned aerial vehicle. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(4):252–258, 2015. ISSN 2291-3467. doi: 10.1139/juvs-2015-0009.
- Michael B Mascia and Sharon Pailler. Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) and its conservation implications. 4(Dowie 2009):9–20, 2011. doi: 10.1111/j.1755-263X.2010.00147.x.
- Rubén G. Mateo, Ángel M. Felicísimo, and Jesús Muñoz. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, pages 217–240, 2011. ISSN 0716078X. doi: 10.4067/S0716-078X2011000200008.

- Margarita Mulero-Pázmány, Juan José Negro, and Miguel Ferrer. A low cost way for assessing bird risk hazards in power lines: Fixed-wing small unmanned aircraft systems. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 02(01):5–15, mar 2014a. ISSN 2291-3467. doi: 10.1139/juvs-2013-0012. URL <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/juvs-2013-0012>.
- Margarita Mulero-Pázmány, Roel Stolper, L. D. Van Essen, Juan J. Negro, and Tyrell Sassen. Remotely piloted aircraft systems as a rhinoceros anti-poaching tool in Africa. *PLoS ONE*, 9(1):1–10, 2014b. ISSN 19326203. doi: 10.1371/journal.pone.0083873.
- Margarita Mulero-Pázmány, Jose Ángel Barasona, Pelayo Acevedo, Joaquín Vicente, and Juan José Negro. Unmanned Aircraft Systems complement biologging in spatial ecology studies. *Ecology and Evolution*, 5(21):4808–4818, 2015. ISSN 20457758. doi: 10.1002/ece3.1744.
- Ridha Aditya Nugraha, Deepika Jeyakodi, and Thitipon Mahem. Urgency for Legal Framework on Drones : Lessons for Indonesia , India , and Thailand. *Indonesian Law Review*, 6(2):137–157, 2016.
- Margarita Pázmány Mulero. *Unmanned Aerial Systems in Conservation Biology*. 2015.
- Henrique Miguel Pereira, Simon Ferrier, Michele Walters, Gary N Geller, Rob H G Jongman, Robert J Scholes, Michael W Bruford, Neil Brummitt, Stuart H M Butchart, A C Cardoso, Nicholas Coops Coops, Ehsan Dulloo, Daniel P Faith, Jörg Freyhof, R D Gregory, Carlo Heip, R Höft, George Hurtt, Walter Jetz, Daniel S Karp, Mélodie A McGeoch, David Obura, Yusuke Onoda, Nathalie Pettorelli, Belinda Reyers, R Sayre, Jörn P W Scharlemann, Simon N Stuart, Eren Turak, Matt Walpole, and Martin Wegmann. Essential biodiversity variables. *Science*, 339(6117):277–278, 2013. ISSN 1095-9203. doi: 10.1126/science.1229931. URL <http://www.sciencemag.org/content/339/6117/277.short>.
- Ryan L. Perroy, Timo Sullivan, and Nathan Stephenson. Assessing the impacts of canopy openness and flight parameters on detecting a sub-canopy tropical invasive plant using a small unmanned aerial system. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 125:174–183, 2017. ISSN 09242716. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2017.01.018. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924271616303082>.
- A.K. Puttock, A.M. Cunliffe, K. Anderson, and R.E. Brazier. Aerial photography collected with a multirotor drone reveals impact of Eurasian beaver reintroduction on ecosystem structure 1. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(3): 123–130, 2015. ISSN 2291-3467. doi: 10.1139/juvs-2015-0005. URL [http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/juvs-2015-0005\[#\].VsR9-HWLSLo](http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/juvs-2015-0005[#].VsR9-HWLSLo).
- Mark Charles Quilter. *Vegetation monitoring using low-altitude, large-scale imagery from radio-controlled drones*. 1997.
- Francesc Sardà-Palomera, Gerard Bota, Carlos Viñolo, Oriol Pallarés, Víctor Sazatornil, Lluís Brotons, Spartacus Gomáriz, and Francesc Sardà. Fine-scale bird monitoring from light unmanned aircraft systems. *Ibis*, 154(1):177–183, 2012. ISSN 00191019. doi: 10.1111/j.1474-919X.2011.01177.x.
- D. Blake Sasse. Job-related mortality of wildlife workers in the United States, 1937-2000. *Wildlife Society Bulletin*, 31 (4):1000–1003, 2003. ISSN 00917648.
- Zoltan Szantoi, Scot E. Smith, Giovanni Strona, Lian Pin Koh, and Serge A. Wich. Mapping orangutan habitat and agricultural areas using Landsat OLI imagery augmented with unmanned aircraft system aerial photography. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8-10):1–15, 2017. ISSN 0143-1161. doi: 10.1080/01431161.2017.1280638. URL <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2017.1280638>.
- G.F. Tomlins and Y.J. Lee. Remotely Piloted Aircraft — an Inexpensive Option for Large-Scale Aerial Photography in Forestry Applications. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 9(2):76–85, 1983. ISSN 0703-8992. doi: 10.1080/07038992.1983.10855042. URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07038992.1983.10855042>.
- USGS. *US Geological Survey National Unmanned Aircraft Systems Project*, 2014. <http://rmgsc.cr.usgs.gov/UAS> [Accessed: 13 de Abril, 2017].
- Alexander C. van Andel, Serge A. Wich, Christophe Boesch, Lian Pin Koh, Martha M. Robbins, Joseph Kelly, and Hjalmar S. Kuehl. Locating chimpanzee nests and identifying fruiting trees with an unmanned aerial vehicle. *American Journal of Primatology*, 77(10):1122–1134, 2015. ISSN 10982345. doi: 10.1002/ajp.22446.
- Jan C. van Gemert, Camiel R. Verschoor, Pascal Mettes, Kitso Epema, Lian Pin Koh, and Serge Wich. Nature conservation drones for automatic localization and counting of animals. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8925:255–270, 2015. ISSN 16113349. doi: 10.1007/978-3-319-16178-5\_17.



- E. Vas, A. Lescroel, O. Duriez, G. Boguszewski, and D. Gremillet. Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. *Biology Letters*, 11(2):20140754–20140754, feb 2015. ISSN 1744-9561. doi: 10.1098/rsbl.2014.0754. URL <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsbl.2014.0754>.
- M H Weissensteiner, J W Poelstra, and J B W Wolf. Low-budget ready-to-fly unmanned aerial vehicles: An effective tool for evaluating the nesting status of canopy-breeding bird species. *Journal of Avian Biology*, 46(4):425–430, 2015. ISSN 1600048X. doi: 10.1111/jav.00619.
- S. Wich. *Amazon river dolphin project*, 2017. <https://conservationdrones.org/2017/04/05/amazon-river-dolphin-project/> [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- Andrew M Wilson, Janine Barr, and Megan Zagorski. The feasibility of counting songbirds using unmanned aerial vehicles. *The Auk*, 134(2):350–362, 2017. doi: 10.1642/AUK-16-216.1. URL <http://dx.doi.org/10.1642/AUK-16-216.1>.
- Michael A Wulder, Ronald J Hall, Nicholas C Coops, and Steven E Franklin. High Spatial Resolution Remotely Sensed Data for Ecosystem Characterization. 54(6):511–521, 2004. doi: 10.1641/0006-3568(2004)054.
- WWF. *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*. 2016. ISBN 9782940529407.
- Rakan A. Zahawi, Jonathan P. Dandois, Karen D. Holl, Dana Nadwodny, J. Leighton Reid, and Erle C. Ellis. Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery. *Biological Conservation*, 186(June):287–295, 2015. ISSN 00063207. doi: 10.1016/j.biocon.2015.03.031. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.03.031>.
- Yong Zhang, Xiuxiao Yuan, Yi Fang, and Shiyu Chen. UAV Low Altitude Photogrammetry for Power Line Inspection. (August), 2016. ISSN 2220-9964. doi: 10.20944/preprints201608.0048.v1.