

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

Jesús Jiménez López

Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles. Universidad de Cádiz

En este estudio se procedió a identificar y resumir el estado actual y las tendencias en el uso de los drones 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

Introducción	1
Métodos	5
Discusión	10
Estudios de fauna y vida silvestre	10
Evaluación de infraestructuras y riesgo	12
Monitoreo y mapeo de ecosistemas terrestres y acuáticos	12
Apoyo para el cumplimiento de las leyes en áreas protegidas	13
Resultados y conclusiones	13
Referencias	15

Introducción

Las aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados (RPAs, UAVs, drones) en el campo de la conservación han sido planteadas en un número cada vez mayor de artículos científicos. Durante los últimos años ha habido un incremento significativo de las líneas de investigación sobre vida silvestre que hacen uso de RPAs ([Linchant et al., 2015](#)), ([Christie et al., 2016](#)). Este auge ha conducido a un mayor desarrollo de metodologías innovadoras de aplicación directa en espacios naturales protegidos, con objeto de determinar su aplicabilidad frente a instrumentos tradicionales

de apoyo a la conservación, en sus diferentes facetas. Si bien el concepto ha evolucionado a lo largo del tiempo, actualmente 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 y donde se promueve iniciativas en el ámbito científico y educativo, de restauración, actividades recreativas y turísticas compatibles con el medio natural y acciones de índole socioeconómica enmarcadas en el desarrollo sustentable del territorio. Están amparados bajo algún instrumento nacional o internacional de protección y regulados de forma acorde a través de los planes de manejo específicos de la región.

A pesar de que el número de áreas protegidas ha experimentado un aumento sensible 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 para asegurar la efectividad de la conservación de la biodiversidad en áreas protegidas ([Chape et al., 2005](#)). Por otra parte algunas áreas protegidas sufren procesos de degradación, continúan disminuyendo en tamaño o han dejado de existir ([Mascia and Pailler, 2011](#)), y en ocasiones 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](#)). Tanto es así, que algunos investigadores comienzan a hablar del antropoceno, como inicio de una nueva época en el periodo Cuaternario. La fragmentación del habitat, 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. 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 metas de Aichi para la diversidad biológica. Dentro de los objetivos planteados cobra especial relevancia en el contexto actual 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 una situación cada vez más insostenible, es necesario desarrollar soluciones novedosas que mejoren nuestra comprensión de los ecosistemas y permitan tomar medidas encaminadas a la preservación de la biodiversidad. En este contexto, el presente estudio realiza una revisión pormenorizada del desempeño de los RPAS en materia de conservación y gestión de áreas protegidas, en la medida que se superen las barreras técnicas y legales que limitan su efectividad.

Existen actualmente algunas iniciativas que tratan de recoger el estado actual de los RPAS en las áreas de la ecología y conservación. Con fecha reciente de finalización, la revista *Remote Sensing in Ecology and Conservation* hizo una llamada a la comunidad científica para el envío de propuestas afines, 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 remarcable 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 de RPAS cuyos resultados, dado el carácter pionero de estos estudios, no siempre aparecen reflejados en artículos científicos. Dentro de las aplicaciones de los RPAS con carácter general 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 promovidos 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 tienen la ventaja adicional de tener un mayor grado de

personalización de los equipos. El incremento en la flexibilidad en el montaje de diferentes sensores y sistemas de control permite atender a las necesidades específicas de cada proyecto, dentro del propio grupo de investigación ([Koh and Wich, 2012](#)).

A partir de las fuentes consultadas ha sido posible determinar el estado actual de los RPAS y las tendencias futuras en contraposición a las técnicas tradicionales de apoyo a la conservación en espacios naturales protegidos, tanto en su vertiente científica como conservacionista. En este sentido, 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 hábitat, especies o poblaciones ([Wulder et al., 2004](#)). Además, el gran tamaño de estas áreas protegidas reducen en muchos casos la efectividad y aumenta significativamente los costes de los trabajos de campo, mientras que aumenta los riesgos en zonas especialmente inaccesibles, por lo que 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, se han desarrollado con gran éxito programas de monitoreo y vigilancia a partir del uso del RPAS, eliminando los inconvenientes descritos con anterioridad. 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, con la desventaja adicional de tener costes 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 la etología 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, Jeyakodi and Mahem, 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).

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 hasta el mes de Abril, 2017.

La información recolectada 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. De igual manera se observa una tendencia cada vez mayor de artículos dedicados al uso de RPAS en el control y vigilancia de áreas protegidas. Adicionalmente se revisan algunos aspectos de índole 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, junto con las técnicas y materiales 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 aún no han sido convenientemente explotadas.

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

Estudio	Tipo de Estudio	Objetivo/s	País	Lugar	Especie	Tipo RPAS	Modelo RPAS	Sensor	Georref.	Costo
Pázmány Mulero (2015)	Si	Estudio comparativo de modelos de distribución de especies	España	Parque Nacional de Doñana	Bos taurus	Ala fija	Easy Fly plane, Ikarus autopilot, Eagletree GPS logger ScanEagle	Panasonic Lumix LX-3 11MP	Si	5700 euros ?
Hodgson, Kelly and Peel 2013	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		Nikon® D90 12 megapixel digital SLR camera	Si	
Wilson, Barr and Zagorski (2017)	No	Monitoreo bioacústico con RPAS	USA	State Game Lands	Pájaros	Multirotor	DJI Phantom 2	ZOOM H1 Handy Recorder Canon S100	Si	?
Szantoi et al. (2017)	Si	Mapeo de habitat	Indonesia	Gunung Leuser National Park	Pongo (orangután)	Ala fija	Skywalker		Si	\$ 4000 ?
Bayram et al. (2016)	No	Detección de collares VHF	?		Osos	Multirotor	DJI F550 hexarotor, Pixhawk autopilot	Telonics MOD-500 VHF, Uniden handheld scanner	Si	
Christie et al. (2016)	Si	Estimación abundancia	USA	Aleutian Islands	Eumetopias jubatus (Steller sea lion)	Multirotor	APH-22 hexacopter	?	Si	\$ 25,000 , \$ 3000 vessel support, or \$ 1700 per site \$ 400
Christie et al. (2016)	Si	Estimación abundancia	USA	Monte Vista National Wildlife Refuge	Grus canadensis (sandhill cranes)	Ala fija	Raven RQ-11A	?	Si	
Monitoreo de ecosistemas terrestres y acuáticos Vigilancia Mulero-Pázmány et al. (2014)	Vigilancia en áreas protegidas	Si	Africa	KwaZulu-Nata	black rhinoceros (Diceros bicornis), white rhinoceros (Ceratotherium simum)	Ala fija	Easy Fly St-330	Panasonic Lumix LX-3 11 MP, GoPro Hero2, Thermoteknix Micro CAM microlometer	Si	13750 euros

Table 2: Monitoreo de ecosistemas terrestres y acuáticos

Estudio	Área protegida	Objetivo/s	País	Lugar	Especie	Tipo RPAS	Modelo RPAS	Sensor	Georef.	Costo
Perroy, Sullivan and Stephenson (2017) Ivošević et al. (2015)	No Si	Monitoreo de plantas invasoras Monitoreo de habitats en zonas restringidas; Modelos; Comparar la actitud de los RPAS en diferentes condiciones ambientales.	USA South Korea	Pahoa, Hawaii Chiaksan National Park, Taeanhaean National Park	Miconia calvescens Especie	Multirotor Multicopter	DJI Inspire-1 DJI Phantom 2 Vision+, built-in full HD videos 1080p/30fps and 720p/60fps, 14 megapixels 4384x3288 resolution camera	DJI FC350 camera Si	Si Costo	? ?
Lisein et al. (2015)	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.) Eurasian beaver (Castor fiber)	Ala fija	Gatewing X100	Ricoh GR2 GR3 GR4 10 megapixels CCD	Si	?
Puttock et al. (2015)	Si	Caracterización ecosistemas afectados por la actividad del castor	UK	Devon Beaver Project site		Multirotor	3D Robotics Y6	Canon ELPH 520 HS	Si	?
Zahawi et al. (2015)	No	Caracterización estructura bosques tropicales, restauración, detección de aves	Costa Rica	Devon Beaver Project site	Varias especies	Multirotor	3D Robotics Y6	Canon S100	Si	\$ 1500
Zahawi et al. (2015)	No	Caracterización estructura bosques tropicales, restauración, detección de aves	Costa Rica	Devon Beaver Project site	Varias especies	Multirotor	3D Robotics Y6	Canon S100	Si	\$ 1500
Bustamante (2015)	Si	Monitoreo de bosques	Brasil	Riverine Forests (Permanent Protected Areas), Rio de Janeiro, Barracao do Mendes, Santa Cruz and São Lorenzo	DJI Phantom 2S	RGB digital camera with 14 megapixels	Riverine Areas	Si	\$ 9700	
Chabot, Carignan and Bird (2014)	Si	Calidad del habitat	Canada	South shore of the St. Lawrence River; Lake Saint Pierre Biosphere Reserve	Ala fija	Al-Multi UAS	10-megapixel S90	Ixobrychus exilis	Si	\$ 20000
Schwarzbach et al. (2014)	Si	Muestras de agua en ecosistemas sensibles	Spain	Parque Nacional de Doñana	Multirotor	helicopter	Gatewing 6100 UAS	Ixobrychus exilis	Si	\$ 20000
Jain (2013)	?	Estudio	Burkina Faso	Nazinga Ranch	Loxodonta africana	Ala fija	Gatewing 6100 UAS	Ricoh GR3 still camera (10 megapixels, 28 mm Charged Coupled Device)	Si	\$ 426 / day
Jain (2013)	?	Estudio	Burkina Faso	Nazinga Ranch	Loxodonta africana	Ala fija	Gatewing 6100 UAS	Ricoh GR3 still camera (10 megapixels, 28 mm Charged Coupled Device)	Si	\$ 426 / day
Gini et al. (2012)	Si	Viabilidad de la clasificación de especies arbóreas	Italy	Parco Adda Nord	Multirotor	MicrodronesTM 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	Tipo de Estudio	Objetivo/s	País	Lugar	Especie	Tipo RPAS	Modelo RPAS	Sensor	Georref.	Costo
Evaluación de infraestructuras y riesgo Mulero-Pázmány et al. (2014)	Vigilancia en áreas protegidas	Estudio	Africa	Parque Nacional de Doñana	Modelo RPAS	istema de captura	Especie	Si	Costo	
Vigilancia Mulero-Pázmány et al. (2014)	Vigilancia en áreas protegidas	Estudio	Africa	Parque Nacional de Doñana	Modelo RPAS	istema de captura	Especie	Si	Costo	

Discusión

En discusión comenta el resultado de esa tabla y los porqués (ej se usan más multicópteros que fixed por...) y las limitaciones que señalan los usuarios o conflictos que hayan podido encontrar (con el parque, técnicos etc).

Estudios de fauna y vida silvestre

Estudios de poblaciones

Uno de los temas centrales de la ecología es el desarrollo de modelos geoestadísticos 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 (Mateo, Felicísimo and Muñoz, 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 remarcen 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 nidifi-

cación (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 realizados a cierta altura (Jain, 2013). La estimación de poblaciones de mamíferos en ecosistemas marinos también ha sido documentado con resultados positivos (Hodgson, Kelly and Peel, 2013), mientras que en el apartado de 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, Poelstra and Wolf, 2015), permitiendo evaluar el estado en el que se encuentran de forma menos intrusiva.

Dada la masiva cantidad de información que 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, Pearlstine and Percival, 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 garanticen 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 ([Mulero-Pázmány, Negro and Ferrer, 2014](#)), ([Zhang et al., 2016](#)),([Lobermeier et al., 2015](#)).

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 sobrevuelo para identificar posibles nidos, y en su caso, permitiera 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 tecnología. Este impulso ha sido especialmente notable con el desarrollo paralelo de sensores multiespectrales e hiperespectrales adaptados a aeronaves de pequeño tamaño. 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, Sullivan and Stephenson, 2017](#)).

Apoyo para el cumplimiento de las leyes en áreas protegidas

Caza furtiva

Los RPAS también tienen especial proyección en el control y vigilancia de áreas protegidas. Así lo demuestran diferentes estudios, enfocados principalmente en el control de la caza furtiva. En áreas marinas protegidas, los RPAS de ala fija podrían permitir una vigilancia más eficaz contra la pesca furtiva. L

En estos casos el desarrollo de sistemas autónomos de mayor FPV

Otras actividades ilegales

Etica animal

([Ditmer et al., 2015](#))

Resultados y conclusiones

A pesar de las dificultades para encontrar casos de uso de drones específicamente realizados en áreas protegidas, la mayoría de los estudios analizados tiene aplicación directa en estas áreas, puesto que se supone concentran la mayor concentración de la biodiversidad de especies. Por otro lado

Una de las mayores limitaciones en el desarrollo y aplicación de los RPAS en estudios de conservación se debe a las restricciones impuestas por la legislación actual. Diversos autores mencionan los problemas burocráticos para obtener permisos de investigación que hagan uso de esta tecnología emergente ([Vincent, Werden and Ditmer, 2015](#)). Consideramos que una regulación favorable permitiría aumentar las oportunidades en el sector, estimulando la innovación tecnológica.

Los conflictos sociales también ocupan un capítulo importante en el futuro de los drones en conservación. Comunidades implicadas

Hasta ahora no ha habido un desarrollo específico de drones que

En cuanto a ética animal, pilotos experimentados y conscientes.

En la mayoría de los estudios analizados se remarca el bajo coste operacional de los drones frente a otras herramientas de conservación. En estudios de carácter multitemporal o con necesidades de alta resolución espacial las ventajas son especialmente patentes. Hay drones que permiten seguir el objetivo... limitación batería

Riesgos de los vehiculos aereos tripulados, costes,

Explicar que estudios usan multirotores y ala fija Mejoras en la autonomia de vuelo, junto con el desarrollo de sensores de mayor resolución. En al medida en la que aumente el desarrollo de sensores con mayor resolución espectral, el abanico de posibilidades de

Avances en la minituarización de los componentes, aumento de la autonomía de las baterías, mejoras en el control y navegación de las aeronaves

Mejoras en los algoritmos para la detección de fauna junto al desarrollo de sensores fotográficos de mayor resolución en un formato más reducido, permitiendo una menor carga y por tanto un mayor tiempo de vuelo.

Elaborar conclusiones basadas en los resultados obtenidos, destacando los campos con mayor interés.

A raíz de los resultados obtenidos parece claro que el ámbito de la conservación se va

Países con escasos recursos, utilidad del control y vigilancia, especialmente en áreas marinas

Referencias

- Abd-Elrahman, Amr, Leonard Pearlstine and Franklin Percival. 2005. "Development of Pattern Recognition Algorithm for Automatic Bird ..." *Surveying and Land Information Science* 65(1):37.
- AEDRON, Asociación Española de Drones y Afines. 2017. "Borrador de la nueva normativa (pendiente aprobación y publicación)". <https://www.aedron.com/borrador-nueva-normativa> [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- Agencia EFE, La Nación. 2013. "CIDH alerta del creciente uso de 'drones' en América Latina.". http://www.nacion.com/mundo/latinoamerica/Comision_Interamericana_de_Derechos_Humanos-drones-regulacion-Costa_Rica_0_1375662598.html [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- Andrews, C. 2014. "Wildlife monitoring: should UAV drones be banned?". <https://prod-eandt.theiet.org/content/articles/2014/07/wildlife-monitoring-should-uav-drones-be-banned/> [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- Barnosky, Anthony D, 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. 2011. "Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?" *Nature* 470(7336):51–57.
URL: <http://dx.doi.org/10.1038/nature09678>
- Bayram, Haluk, Krishna Doddapaneni, Nikolaos Stefanos and Volkan Isler. 2016. "Active Localization of VHF Collared Animals with Aerial Robots." (13):74–75.
- Bravo, Xavier Lastra. 2008. "LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS. Concepto, evolución y situación actual en España." pp. 1–25.
- Bustamante, Luis Antonio Esquivel. 2015. "Forest Monitoring with Drones : Application Strategies for Protected Riverine Forest Ecosystems in the Atlantic Forest of Rio de." p. 96.
- Chabot, Dominique, Vincent Carignan and David M. Bird. 2014. "Measuring habitat quality for least bitterns in a created wetland with use of a small unmanned aircraft." *Wetlands* 34(3):527–533.
- Chape, S, J Harrison, M Spalding and I Lysenko. 2005. "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.
- Christie, Katherine S., Sophie L. Gilbert, Casey L. Brown, Michael Hatfield and Leanne Hanson. 2016. "Unmanned aircraft systems in wildlife research: Current and future applications of a transformative technology." *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(5):241–251.
- Cliff, Oliver M, Robert Fitch, Salah Sukkarieh, Debra L Saunders and Robert Heinsohn. 2015. "On-line Localization of Radio-Tagged Wildlife with an Autonomous Aerial Robot System." *Robotics Science and Systems* (November 2016):1–9.
- Ditmer, Mark A., John B. Vincent, Leland K. Werden, Jessie C. Tanner, Timothy G. Laske, Paul A. Iaizzo, David L. Garshelis and John R. Fieberg. 2015. "Bears Show a Physiological but Limited Behavioral Response to Unmanned Aerial Vehicles." *Current Biology* 25(17):2278–2283.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.024>

- Forum, Policy. 2008. "Toward a Global Biodiversity Observing System." (April).
- Gini, R., D. Passoni, L. Pinto and G. Sona. 2012. "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.
- Hodgson, Amanda, Natalie Kelly and David Peel. 2013. "Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying Marine Fauna: A dugong case study." *PLoS ONE* 8(11):1–15.
- Ivošević, Bojana, Yong Gu Han, Youngho Cho and Ohseok Kwon. 2015. "The use of conservation drones in ecology and wildlife research." *Journal of Ecology and Environment* 38(1):113–118.
- Jain, Mukesh. 2013. "Unmanned Aerial Survey of Elephants." *PLoS ONE* .
- Juffe-Bignoli, Diego, 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. 2014. "Protected planet report 2014." *Cambridge, UK: UNEP-WCMC* .
- Knight, Andrew T. and Richard M. Cowling. 2007. "Embracing opportunism in the selection of priority conservation areas." *Conservation Biology* 21(4):1124–1126.
- Koh, Lian Pin and Serge A. Wich. 2012. "Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation." *Tropical Conservation Science* 5(2):121–132.
- Körner, Fabian, Raphael Speck, Ali Haydar and Salah Sukkarieh. 2010. "Autonomous Airborne Wildlife Tracking Using Radio Signal Strength." pp. 107–112.
- Leonardo, Miguel, Austin Jensen, Calvin Coopmans, Mac McKee and YangQuan Chen. 2013. "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).
- Lhoest, S., J. Linchant, S. Quevauvillers, C. Vermeulen and P. Lejeune. 2015. "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.
- Linchant, Julie, Jonathan Lisein, Jean Semeki, Philippe Lejeune and Cédric Vermeulen. 2015. "Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges." *Mammal Review* 45(4):239–252.
- Lisein, Jonathan, Adrien Michez, Hugues Claessens and Philippe Lejeune. 2015. "Discrimination of deciduous tree species from time series of unmanned aerial system imagery." *PLoS ONE* 10(11).
- Lobermeier, Scott, Matthew Moldenhauer, Christopher Peter, Luke Slominski, Richard Tedesco, Marcus Meer, James Dwyer, Richard Harness and Andrew Stewart. 2015. "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.
- Mascia, Michael B and Sharon Pailler. 2011. "Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) and its conservation implications." 4(Dowie 2009):9–20.

- Mateo, Rubén G., Ángel M. Felicísimo and Jesús Muñoz. 2011. "Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética." *Revista Chilena de Historia Natural* pp. 217–240.
- Mulero-Pázmány, Margarita, Jose Ángel Barasona, Pelayo Acevedo, Joaquín Vicente and Juan José Negro. 2015. "Unmanned Aircraft Systems complement biologging in spatial ecology studies." *Ecology and Evolution* 5(21):4808–4818.
- Mulero-Pázmány, Margarita, Juan José Negro and Miguel Ferrer. 2014. "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.
URL: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/juvs-2013-0012>
- Mulero-Pázmány, Margarita, Roel Stolper, L. D. Van Essen, Juan J. Negro and Tyrell Sassen. 2014. "Remotely piloted aircraft systems as a rhinoceros anti-poaching tool in Africa." *PLoS ONE* 9(1):1–10.
- Nugraha, Ridha Aditya, Deepika Jeyakodi and Thitipon Mahem. 2016. "Urgency for Legal Framework on Drones : Lessons for Indonesia , India , and Thailand." *Indonesian Law Review* 6(2):137–157.
- Pázmány Mulero, Margarita. 2015. "Unmanned Aerial Systems in Conservation Biology."
- Pereira, Henrique Miguel, 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. 2013. "Essential biodiversity variables." *Science* 339(6117):277–278.
URL: <http://www.sciencemag.org/content/339/6117/277.short>
- Perroy, Ryan L., Timo Sullivan and Nathan Stephenson. 2017. "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.
URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924271616303082>
- Puttock, A.K., A.M. Cunliffe, K. Anderson and R.E. Brazier. 2015. "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.
URL: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/juvs-2015-0005#.VsR9-HWLSLo>
- Sardà-Palomera, Francesc, Gerard Bota, Carlos Viñolo, Oriol Pallarés, Víctor Sazatornil, Lluís Brotons, Spartacus Gomáriz and Francesc Sardà. 2012. "Fine-scale bird monitoring from light unmanned aircraft systems." *Ibis* 154(1):177–183.
- Sasse, D. Blake. 2003. "Job-related mortality of wildlife workers in the United States, 1937-2000." *Wildlife Society Bulletin* 31(4):1000–1003.
- Schwarzbach, Marc, Maximilian Laiacker, Margarita Mulero-Pazmany and Konstantin Kondak. 2014. "Remote water sampling using flying robots." *2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2014 - Conference Proceedings* pp. 72–76.

- Szantoi, Zoltan, Scot E. Smith, Giovanni Strona, Lian Pin Koh and Serge A. Wich. 2017. "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.
URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2017.1280638>
- USGS. 2014. "US Geological Survey National Unmanned Aircraft Systems Project.". <http://rmgsc.cr.usgs.gov/UAS> [Accessed: 13 de Abril, 2017].
- van Andel, Alexander C., Serge A. Wich, Christophe Boesch, Lian Pin Koh, Martha M. Robbins, Joseph Kelly and Hjalmar S. Kuehl. 2015. "Locating chimpanzee nests and identifying fruiting trees with an unmanned aerial vehicle." *American Journal of Primatology* 77(10):1122–1134.
- van Gemert, Jan C., Camiel R. Verschoor, Pascal Mettes, Kitso Epema, Lian Pin Koh and Serge Wich. 2015. "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.
- Vas, E., A. Lescroel, O. Duriez, G. Boguszewski and D. Gremillet. 2015. "Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines." *Biology Letters* 11(2):20140754–20140754.
URL: <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsbl.2014.0754>
- Vincent, John B, Leland K Werden and Mark A Ditmer. 2015. "Barriers to adding UAVs to the ecologist's toolbox." *Frontiers in Ecology and the Environment* 13(2):74–75.
URL: <http://dx.doi.org/10.1890/15.WB.002>
- Weissensteiner, M H, J W Poelstra and J B W Wolf. 2015. "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.
- Wich, S. 2017. "Amazon river dolphin project.". <https://conservationdrones.org/2017/04/05/amazon-river-dolphin-project/> [Accessed: 07 de Abril, 2017].
- Wilson, Andrew M, Janine Barr and Megan Zagorski. 2017. "The feasibility of counting songbirds using unmanned aerial vehicles." *The Auk* 134(2):350–362.
URL: <http://dx.doi.org/10.1642/AUK-16-216.1>
- Wulder, Michael A, Ronald J Hall, Nicholas C Coops and Steven E Franklin. 2004. "High Spatial Resolution Remotely Sensed Data for Ecosystem Characterization." 54(6):511–521.
- WWF. 2016. *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era.*
- Zahawi, Rakan A., Jonathan P. Dandois, Karen D. Holl, Dana Nadwodny, J. Leighton Reid and Erle C. Ellis. 2015. "Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery." *Biological Conservation* 186(June):287–295.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.03.031>
- Zhang, Yong, Xiuxiao Yuan, Yi Fang and Shiyu Chen. 2016. "UAV Low Altitude Photogrammetry for Power Line Inspection." (August).