



Propuesta para la implementación del rastreo con RPAS para el Oso de Anteojos

Jhoan Miguel Bernal Arias

Dirigido por:
Jaime Enrique Orduy Rodríguez M.Sc

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Especialista en Sistemas de aeronaves no tripuladas.

Fundación Universitaria Los Libertadores
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas
Bogotá D.C., Colombia.
2022

Resumen

Frente al estado de vulnerabilidad de la biodiversidad colombiana y las múltiples especies amenazadas, los programas de conservación con herramientas tecnológicas constituyen una herramienta útil para la planeación y ejecución de acciones coordinadas que influyan en el mejoramiento de la salud de las poblaciones, comportamiento y exploración natural de estas especies. La presente propuesta tiene por objetivo diseñar una metodología para monitorear el estado de conservación del Oso de anteojos por medio del uso de aeronaves pilotadas a distancia. El uso de estas herramientas no invasivas con equipos RPAS y sensores térmicos permitirán el monitoreo y observación de especies endémicas en vía de extinción para la conservación de la naturaleza.

Palabras clave: Conservación, especies, exploración, monitoreo, RPAS

Abstract

Given the vulnerable state of Colombian biodiversity and the multiple endangered species, the use of conservation programs with technological tools represents a vital asset to planning and executing coordinated actions that influence the improvement of the health of populations, behavior, and natural exploration of these species. The present proposal aims to design a methodology to monitor the conservation status of spectacled bears through remotely piloted aircraft. These non-invasive tools with RPAS equipment and thermal sensors will allow the monitoring and observation of endemic species in danger of extinction to conserve nature.

Keywords: Conservation, species, exploration, monitoring, RPAS

Tabla de Contenido

Introducción	3
Planteamiento del problema.	5
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	6
Marco teórico	7
Importancia de las especies endémicas para el país	8
Oso de Anteojos	9
Metodología	14
Selección de herramientas para la aeronave	14
Sensor con capacidad de infrarrojo	14
Tipo de Drone	15
Zonas de vuelo	19
Regulaciones	30
Resultados	31
Financiamiento	32
Conclusiones	33
Referencias	34

Introducción

Además del clima, la cultura y su rica gastronomía, el encanto de Colombia destaca por la diversidad de especies que viven en su territorio. Un gran abanico de animales coloridos y con características muy diferentes entre sí conviven en los distintos ecosistemas del país. No obstante, esta diversidad animal se encuentra en estado de vulnerabilidad de extinción, tal como el caso del Oso de Antejos (Resolución 1912, 2017). Por lo anterior, se propone en el presente documento, una metodología para el monitoreo y observación del Oso de antejos a partir del seguimiento con sensores térmicos y un equipo adscrito a un sistema de aeronaves pilotadas a distancia – RPAS (por sus siglas en *inglés Remotely Piloted Aircraft System*).

Este documento presenta una metodología para realizar el monitoreo y observación del Oso de antejos a partir del seguimiento con sensores térmicos ajustados a aeronaves pilotadas a distancia-RPAS. Con base en la Resolución 1912 de 2017 que establece la vulnerabilidad constante a la que está especie se encuentra enfrentada, se proponen estrategias con plataformas aéreas eficientes, que permitirán generar un esquema para la adquisición de información geográfica del Oso de Antejos.

Planteamiento del problema.

Según el instituto Humboldt para el año 2017 la biodiversidad colombiana evidenciaba un descenso promedio del 18%. La principal amenaza está ligada a la disminución de hábitats naturales y los bajos niveles de conservación de especies silvestres. Se resaltan como grandes factores que influyen en este detrimento, la agricultura y la ganadería expansiva, la presencia de especies invasoras, cambios en las condiciones climáticas y diversas actividades humanas como la deforestación, el tráfico, la caza, la depredación, la contaminación del agua, la minería ilegal, cultivos ilícitos, la sobreexplotación de especies silvestres, expansión urbana e industrial, entre otras. Es por ello que se busca diseñar una metodología no invasiva, que aplica el uso de la tecnología de aeronaves no tripuladas y el uso de sensores remotos, con el fin de contrarrestar estos efectos negativos que interfieren a la preservación y conservación del Oso de anteojos en Colombia (Humboldt, 2017).

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una metodología para monitorear el estado de conservación del Oso de anteojos por medio del uso de RPAS.

Objetivos Específicos

1. Definir el tipo de aeronave y sensores para responder a las demandas de reconocimiento del territorio.
2. Generar la posible distribución geográfica del área de estudio de la especie, en la zona delimitada del Páramo de Sumapaz para el levantamiento de la información.
3. Caracterizar el esquema de acción para la óptima captura de información con equipos RPAS para el Oso de anteojos

Marco teórico

Colombia cuenta con una variedad silvestre endémica determinante ya que es el segundo país más biodiverso del mundo. En referencia a ello, la Corporación Autónoma Regional (CAR), afirma que la distribución de estas especies está bastante restringida a ecosistemas, bosques, páramos, cuencas hidrográficas y demás áreas geográficas determinadas. Por consiguiente, se adscriben como un objeto de conservación de alto valor debido a que su pérdida implicaría un alto impacto a la biodiversidad del país. No obstante, llevar a cabo este tipo de seguimiento implica una alta atención ya que su presencia se distribuye en áreas pequeñas y se presenta una alta susceptibilidad a la extinción y a la disminución crítica de las poblaciones. Asimismo, se reconoce el desconocimiento y escasez de información sobre algunas especies en Colombia (CAR, 2012).

Con base en fuentes oficiales, Colombia posee 62.819 especies conocidas, siendo el 14% de ellas endémicas y, por tanto, es posible afirmar que se encuentran únicamente en esta parte del mundo. Dichas especies son repartidas en seis grupos biológicos: anfibios, aves, mamíferos, plantas, peces de agua dulce y reptiles. Este valor podría variar y llegar hasta un 28% con el constante descubrimiento de nuevas especies y la redefinición de algunas ya descritas. Esto ubica a Colombia como el tercer país con el mayor número de especies endémicas, después de Brasil e Indonesia (Prensa Instituto Humboldt, 2019).

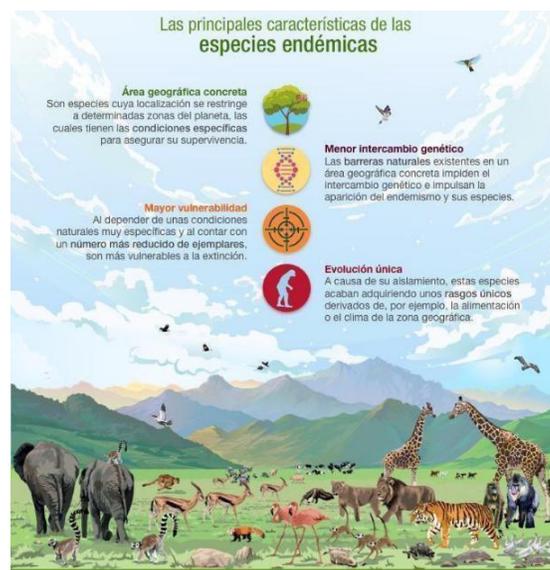
Según el Instituto Humboldt (2014) las regiones en las que más se concentra el mayor número de endemismos son la Amazonia, los Andes, los Valles Interandinos y el Chocó. Lastimosamente algunas especies endémicas de Colombia han tolerado bastante presión y han sufrido procesos negativos a razón de las actividades humanas como la

agricultura, la ganadería, los asentamientos humanos, la contaminación, especies invasoras y el desarrollo de vías. Por lo tanto, la pérdida del bosque ha disminuido el área de distribución de especies en todos los ecosistemas andinos, la costa Pacífica, el valle del río Magdalena y las transiciones que ocurren entre los Andes y la Orinoquia Amazonia. En consecuencia, la protección de especies y salvaguardar el estado de conservación de la biodiversidad es un reto actual y futuro para el país (Instituto Humboldt Colombia, 2020).

Importancia de las especies endémicas para el país

Las especies endémicas son más vulnerables y susceptibles a la extinción, esto puede producirse por razones naturales, pero también por la acción del ser humano (ver Figura 1). Además de las consecuencias propias del cambio climático, se encuentran la caza furtiva de animales, la modificación de los hábitats o la introducción de especies invasoras (Iberdrola, 2022).

Figura 1.
Características e importancia de las especies endémicas¹

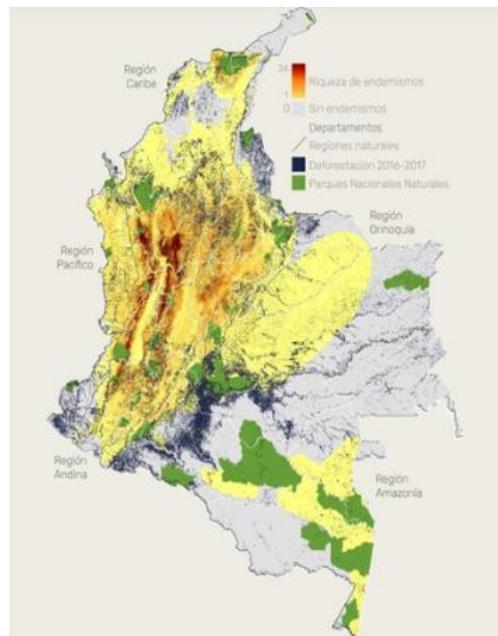


¹ Nota. Figura recuperada de Iberdrola (2022)

La mitigación de los problemas ambientales como el cambio climático o calentamiento global y muchas otras medidas son objetivos de sostenibilidad de la segunda década del siglo XXI. Lo anterior se resalta en términos de la protección del endemismo, ya que al ser plantas y animales que se encuentran únicamente en lugares determinados del planeta presentan una menor posibilidad de supervivencia, totalmente ligada a las características ecosistémicas de su zona geográfica (Pineda, 2018). Para el caso de Colombia, la deforestación en todo el país ha impactado ecosistemas con presencia de especies endémicas. Sin embargo, las regiones de Los Andes, el Caribe y las transiciones entre Andes y Amazonía-Orinoquía presentan las mayores superficies con pérdida, tal como se evidencia en la figura 2 (González, et al., 2018).

Figura 2.

Deforestación en Colombia



Nota. Figura tomada de González et al. (2018)

Oso de Anteojos

Dentro de las especies endémicas del área andina, se encuentra en el oso de antejojo o andino, esta es una especie de mamífero de tamaño mediano que se caracteriza por la presencia de manchas blancas o amarillentas alrededor de los ojos, que en ocasiones llegan a la zona de la garganta y pecho, como se observa en la Figura 3. Se ha evidenciado que a algunos especímenes pueden faltar totalmente las manchas claras en el rostro. El color de pelaje más común es el negro, aunque se encuentran ejemplares de color marrón y, con mucha menor eventualidad, de color rojizo. (Torres, 2001).

Figura 3.
Oso de anteojos



Nota. La figura corresponde a un Oso de anteojos en estado salvaje y es tomada desde Torres (2001)

Es importante resaltar que esta especie se encuentra en estado de vulnerabilidad como presenta la Figura 4, según la sentencia 1912 (2017) (Torres, 2001).

Figura 4.

Estado de conservación del oso de anteojos



Nota. Estado de conservación vulnerable (Torres, 2001)

Esta especie habita casi exclusivamente en los bosques húmedos andinos ya que favorece el bienestar del oso (ver figura 5).

Figura 5.

Distribución del Oso de anteojos en Colombia



Nota. En rojo las cordilleras de los Andes atravesando Colombia, hábitat del Oso de anteojos (Torres, 2001)

También se le encuentra en páramos y zonas semiáridas cuyas precipitaciones rondan los 250 m. Mora preferentemente en los pisos montañosos que van de los 800 a los 3800 m s. n. m. aunque ha habido avistamientos en altitudes de 4750 m s. n. m (ver Figuras 6 y 7).

Figuras 6 y 7

Hábitat Oso de anteojos, páramo y bosque nuboso Cocuy



Como características fundamentales para la comprensión de su importancia ante la biodiversidad colombiana se encuentra que es uno de los mamíferos sudamericanos de mayor alzada, tanto así que su cuerpo llega a medir 1,80 m pero en la actualidad es más frecuente encontrar ejemplares de 1,50 m. Su cabeza es grande con relación al resto del cuerpo (característica en común con su primo el Panda gigante). El peso de los machos adultos ronda los 140 kg y sus garras, muy adaptadas para trepar a los árboles, poseen afiladas uñas. Finalmente, presentan una convergencia evolutiva ya que el cuerpo de estos Osos llega a recordar al de los grandes primates (Torres, 2001).

En la misma línea, sus plantígrados, que hacen referencia a pies planos como todos los osos, les facilita una postura erecta que utilizan para trepar árboles y rocas o para aparentar mayor masa corporal en un acto de defensa que se refuerza con el erizado de su pelo. La hembra suele parir dos oseznos y presentan hábitos solitarios y mayormente diurnos. En áreas boscosas establecen senderos que permiten un desplazamiento rápido entre áreas alejadas, así como la comunicación intraespecífica a través de marcaje por medio de rasguños y olor (feromonas). Como la mayoría de sus parientes úrsidos, están muy bien adaptados para trepar, condición evolutiva fundamental ya que es en los árboles donde encuentran gran parte de su alimento y descanso (Torres, 2001)

Cuando son oseznos se evidencia más que es un animal omnívoro. En su búsqueda de alimento desciende hasta los bosques secos, donde se llega a alimentar de cactus, zapote, y troncos de pasallo. El oso de anteojos puede vivir 30 años en cautiverio y alrededor de 50 años aproximadamente en su hábitat natural. De allí que sea tan importante garantizar el cuidado y preservación de su hábitat natural (Torres, 2001). Por otro lado, a una hora y treinta minutos de ciudad de Bogotá D.C., se puede evidenciar el avistamiento de este mamífero en el parque nacional natural Chingaza cerca al municipio de Calera y Guasca Cundinamarca podemos ver de manera directa el Oso de anteojos en su estado natural (Restrepo, 2012)

Contribuciones de la tecnología UAS en el seguimiento de especies

Diversos estudios revelan cómo el seguimiento y control de las especies con el uso de Aeronaves no Tripuladas ha impactado de forma muy positiva los resultados de los monitoreos. Es así, como Pedersen (2019) consideró minimizar las interacciones inseguras entre humanos y osos en los campos petrolíferos de *North Slope* de Alaska (EE. UU). Investigadores evaluaron la eficacia de sistemas de infrarrojos prospectivos-FLIR (ver Figuras 8 y 9) para detectar osos *grizzly* y osos polares en sus guaridas durante el invierno.

Se han logrado ubicar guaridas ocupadas mediante la detección del calor emitido por los osos. Sin embargo, los efectos de las condiciones ambientales críticas en la detección de madrigueras no se han evaluado de forma rigurosa. En esta línea, Pedersen (2019) utilizó un sistema de aeronaves no tripuladas (UAS) equipado con FLIR para

recopilar imágenes de guaridas artificiales de osos polares y osos pardos desde perspectivas horizontales y verticales desde diciembre de 2016 hasta abril de 2017.

Figuras 8 y 9.

Oso pardo visto desde cámara nocturna y cámara térmica



Nota. Figuras tomadas de Atuchin et al. (2020).

De esta manera, se evidencia que existen dos grandes formas para monitorear los animales en estado salvaje. La primera se realiza a través de encuestas periódicas, las cuales revelan las condiciones de la biodiversidad. Asimismo, garantizan una pronta respuesta a cualquier factor ambiental que afecte a la población animal y permite eliminar la amenaza antes de que se haya producido un daño irreparable (Atuchin et al., 2020).

La segunda forma se realiza, como se ha evidenciado en el texto, con el uso de naves no tripuladas. Es así como otra investigación tuvo por objetivo estudiar el potencial de los drones equipados con cámaras termográficas e infrarrojas. Dichas aeronaves no tripuladas demostraron ser efectivas para cubrir grandes áreas, mientras que las cámaras infrarrojas térmicas proporcionaron estadísticas precisas en las duras condiciones invernales de Siberia, al norte de Rusia (ver Figura 10). La investigación buscó monitorear la población del alce europeo, que poco a poco se está deteriorando debido a la caza furtiva y la deforestación en el territorio del Estado Salair en la Región de Kemerovo (Atuchin et al., 2020).

Figura 10

Estado Salair reserva de Kemerovo.



Nota. El área bajo estudio y la distribución de los alces en 2019 (blanco) 2020 (amarillo).
Figura tomada de Atuchin et al. (2020).

Los autores desarrollaron una metodología efectiva para procesar los datos obtenidos de cámaras térmicas infrarrojas montadas en drones (ver Figura 11). La investigación proporcionó resultados fiables sobre los cambios en la población de alces en el territorio en cuestión. De esa forma, el uso de dichos drones demostró ser un medio eficaz para el estudio de animales ungulados en grandes áreas de bosques invernales siberianos.

Figura 11.

Imagen RGB vs. Infrarroja

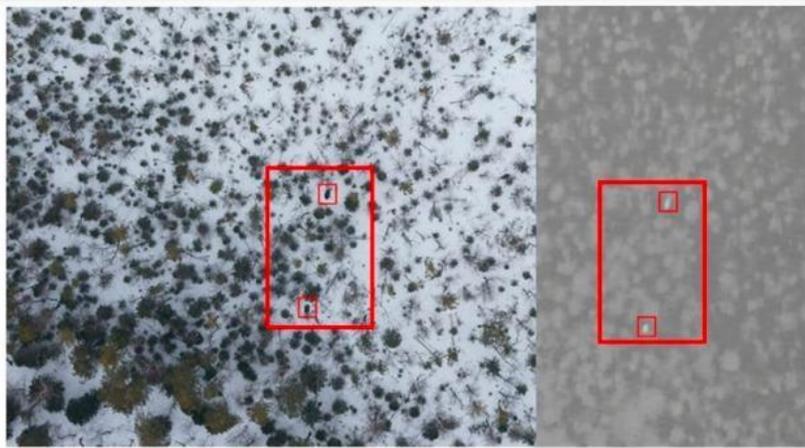
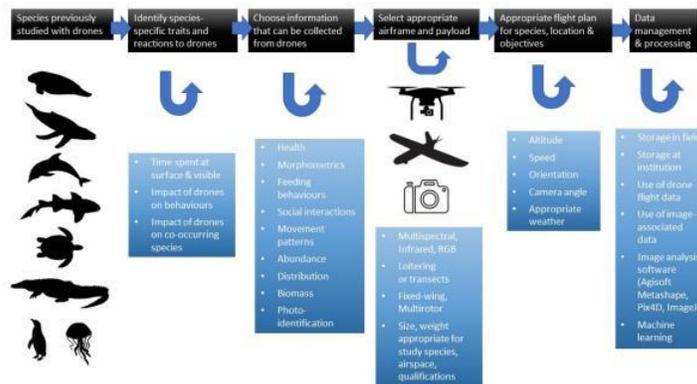


Figura tomada de Atuchin et al. (2020).

No obstante, no todos los proyectos se desarrollan en tierra firme, también, se han llevado a cabo estudios con drones en el océano con protocolos de operación (ver Figura 12). Lo anterior se ha planteado con el objetivo de estudiar animales marinos, condición que ha aumentado ya que permiten investigar sobre el movimiento, la ecología, el comportamiento, la salud y el uso del hábitat de varias especies marinas (Raoult et al., 2020).

Figura 12

Descripción general de los protocolos operativos utilizados para la investigación con drones en animales marinos

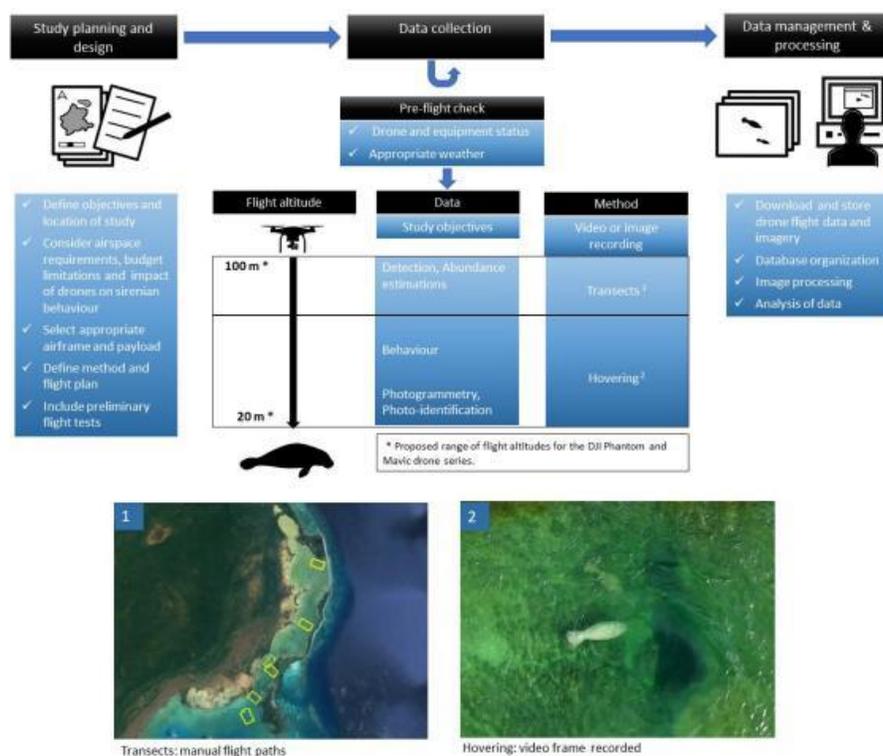


Nota. Figura tomada de Raoult et al. (2020).

Cabe resaltar que los drones multirrotor pueden mantener el vuelo estacionario, lo que permite la captura de imágenes y videos de alta calidad de mamíferos marinos en la superficie. Esto es bastante útil para estudios basados en fotogrametría y fotoidentificación. Otra de sus ventajas es la posibilidad de realizar estudios de bajo presupuesto, de esta forma los vuelos simultáneos de drones en un área se pueden usar para evaluar todos estos aspectos de la ecología marina a través de protocolos operativos (ver Figura 13). (Raoult et al., 2020).

Figura 13.

Diagrama de flujo del protocolo operativo para estudiar especies marinas utilizando drones

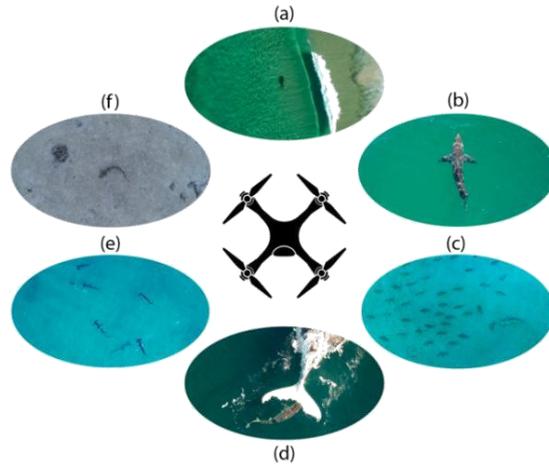


Nota. Figura tomada de Raoult et al. (2020).

Estos vuelos posibilitan la observación de múltiples especies (ver Figura 14), el fuselaje, la carga útil y los objetivos del estudio se utilizan para definir los parámetros de vuelo. (Raoult et al., 2020).

Figura 14.

Representación de los tipos de imágenes recolectadas por drones.

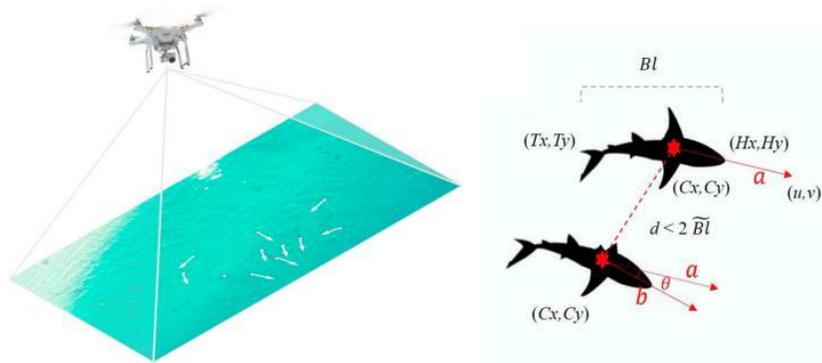


Nota. Figura tomada de Raoult et al. (2020).

Las imágenes de las aeronaves no tripuladas también permiten analizar para cuantificar, las distancias al tiburón más cercano, la velocidad en la que nada y la frecuencia de movimientos de la cola (Ver Figura 15) (Raoult et al., 2020).

Figura 15.

Representación de los tipos de imágenes recolectadas por drones.



Nota. Figura tomada de Raoult et al. (2020).

En conclusión, es posible observar como durante la última década, los drones se han convertido en una herramienta popular y eficiente para realizar los monitoreos de la vida silvestre. Las aeronaves no tripuladas han demostrado un valor significativo para los

animales que a menudo eran difíciles o peligrosos para estudiar utilizando métodos de encuesta tradicionales. En los últimos cinco años, la tecnología de drones se ha convertido lugar común para la investigación de animales con su uso por encima, y más recientemente. Los drones han mejorado nuestra comprensión del comportamiento de las diferentes especies y son herramientas de importancia crítica, no solo por la importancia y la conservación de los animales en el ecosistema, sino también para ayudar a minimizar los encuentros peligrosos con los humanos.

Metodología

Las tecnologías con RPAS tienen por objetivo aplicarse a diferentes escenarios y contribuir con el desarrollo de actividades cotidianas y de alto alcance. Este es el caso del presente documento, el cual propone diseñar una metodología basada en el uso de sensores térmicos y tecnología RPAS para monitorear el estado de conservación del Oso de anteojos; uno de los mamíferos más grandes del país. Lo anterior a razón de la reducción de su población en los últimos años y su estado de vulnerabilidad como especie endémica.

Selección de herramientas para la aeronave

Como primera fase del diseño, se requirió la realización de un estudio contemporáneo para establecer las necesidades de la plataforma RPAS que pudiesen responder a las necesidades del territorio y el proyecto. Para lograr dicha meta, se analizaron sistemas y herramientas con el objetivo de centrar el proyecto y seleccionar una aeronave capaz de volar en un radio adecuado y con una autonomía mayor de 7 km. Como segundo objetivo, fue necesario contemplar una aeronave que pudiese volar en modo de trayectoria automática por medio de UgCS (*Software* profesional de planificación de

vuelo), (Ver Figuras 25, 26 y 27) lo cual permite a la aeronave seguir un curso preestablecido para monitorear un área definida. Finalmente, se hace necesario que posea un sensor infrarrojo para obtener una imagen visual que contraste la ubicación del animal con el terreno y de esa manera localizar a los mamíferos de forma rápida y eficiente.

Sensor infrarrojo

Frente a este objetivo y comprendiendo que la selección de la cámara es fundamental para el proyecto, se investigó a fondo para lograr su adaptación dentro de las necesidades de la metodología. La cámara seleccionada (ver Figura 16) tiene las siguientes especificaciones:

Figura 16.
Cámara infrarroja del Mavic



Nota. Figura tomada de DJI (2022)

- Sensor 1/2.3" CMOS de 12 mmp
- Resolución térmica (640 x 512 px)
- Sensor Microbolómetro VOx no refrigerado
- Longitud focal Aprox. 9 mm Equivalente al formato de 35 mm: aprox. 38 mm
- Resolución del sensor 640 × 512 a 30 Hz
- Precisión de la temperatura térmica Medición: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ o $\pm 2\%$, lo que sea mayor.
- Rango de escena -40°C a 150°C (alta ganancia) -40°C a 550°C (baja ganancia)
- Zoom digital 16 ×
- Tamaño de píxel 12 micras
- Banda espectral 8-14 micras
- Formato de foto R-JPEG
- Formato de video MP4
- Método de medición Medidor puntual, Medición de área

Tipo de Drone

El Mavic 2 Enterprise Advanced (ver Figura 17), es una plataforma de vuelo diseñada para entregar más de 28 minutos de vuelo efectivo, resistente, fiable en su forma de pilotaje y de montaje sencillo. Lo anterior hace que sea muy versátil, capaz de realizar trabajos exigentes y precisos, debido a su fácil mantenimiento y su capacidad de responder a largas jornadas de trabajo. Por otro lado, se caracteriza por tener unos motores de alto rendimiento, lo cual garantiza un vuelo bastante estable en vientos de velocidades de hasta 72 km/h sin viento. El nuevo sistema de batería dual calienta las baterías automáticamente en vuelos a temperaturas bajo cero y altas alturas, condición ideal para los páramos y bosques andinos como zona de operación de este artículo.

Cuenta con un diseño particular ya que su aislamiento asegura su resistencia al agua y al clima, para que pueda ser volado en todo tipo de condiciones atmosféricas. Finalmente, y como condición esencial, **es uno de los drones menos ruidosos de la industria**, elemento esencial para no perturbar la fauna de los ecosistemas (DJI, 2022). Sus características principales se describen a continuación:

- 7 km Distancia máxima de funcionamiento
- 38 min Tiempo máximo de vuelo
- IP43 nivel Grado de protección
- 2 lbs Carga útil máxima

Figura 17.

RPAS Mavic 2 Enterprise advance



Nota. RPAS Mavic 2 Enterprise advance y componentes. Figura tomada de DJI (2022)

Sistema anticolidión.

Este sofisticado dron cuenta con sensores frontales, inferiores y superiores del sistema Flight Autonomy, como se observa en la Figura 18, detectando y evitando obstáculos permitiendo realizar un vuelo estacionario y preciso para operar el dron con seguridad en una amplia gama de entornos abiertos y complejos.

Figura 18.

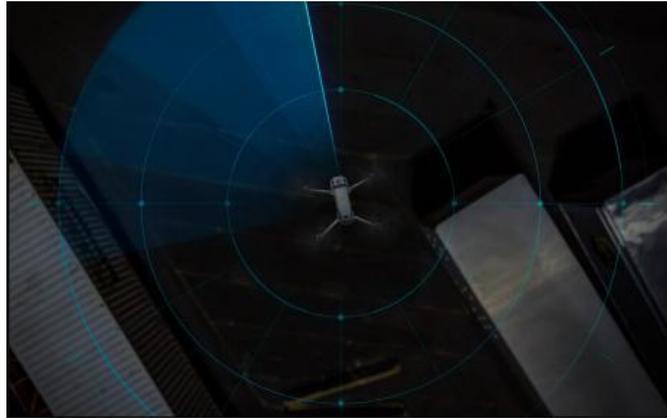
Sistema anticolidión



Nota. Figura tomada de DJI (2022)

El equipo cuenta con Dji Air Sense (ver Figura 19), un sistema que mejora la seguridad del espacio aéreo al brindar alertas de posicionamiento de manera instantánea en tiempo real.

Figura 19.
Dji Air Sense en acción



Nota. Figura tomada de DJI (2022)

Este dron tiene la capacidad de operar durante:

- 31 min a una velocidad de 25 km / h en condiciones sin viento;
- 28 min (módulo RTK instalado);
- 29 min (con la baliza encendida);
- 30 min (con la baliza apagada);
- 24 min (con el foco encendido);
- 28 min (con el foco encendido - apagado);
- 27 min (con el altavoz encendido);
- 28 min (con el altavoz apagado).

Zonas de vuelo

La propuesta se basa en realizar vuelos en los ecosistemas donde habitan las especies endémicas. Por tanto, se plantea una zona de vuelo para cada especie en la laguna del alar en el Páramo de Sumapaz (ver Figuras 20 y 21). Este es el páramo más grande del mundo y se ubica en el departamento de Cundinamarca en la localidad de Sumapaz del Distrito Capital de Colombia.

El páramo tiene una extensión de 333.420 hectáreas. Cabe resaltar que es una de las fuentes hídricas más importantes del país. Este parque nacional Páramo del Sumapaz tiene una altitud desde los 800 m bosques húmedos hasta las grandes alturas de los páramos con 4306 m.

Figura 20.

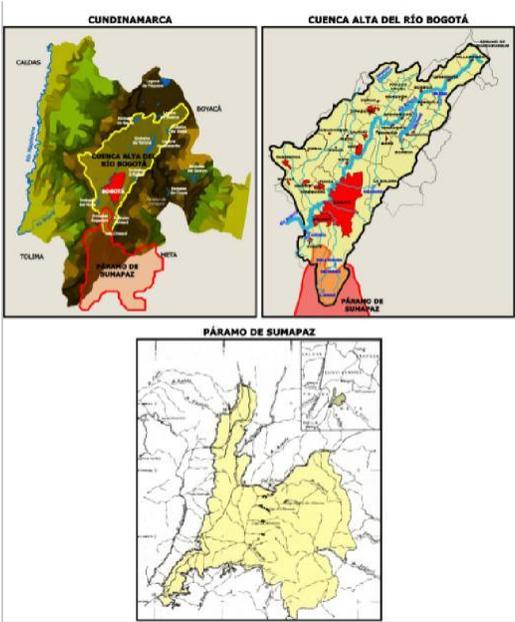
Páramo de Sumapaz



Nota. Figura tomada de Ospina (2003)

Figura 21.

Ubicación Paramo de Sumapaz



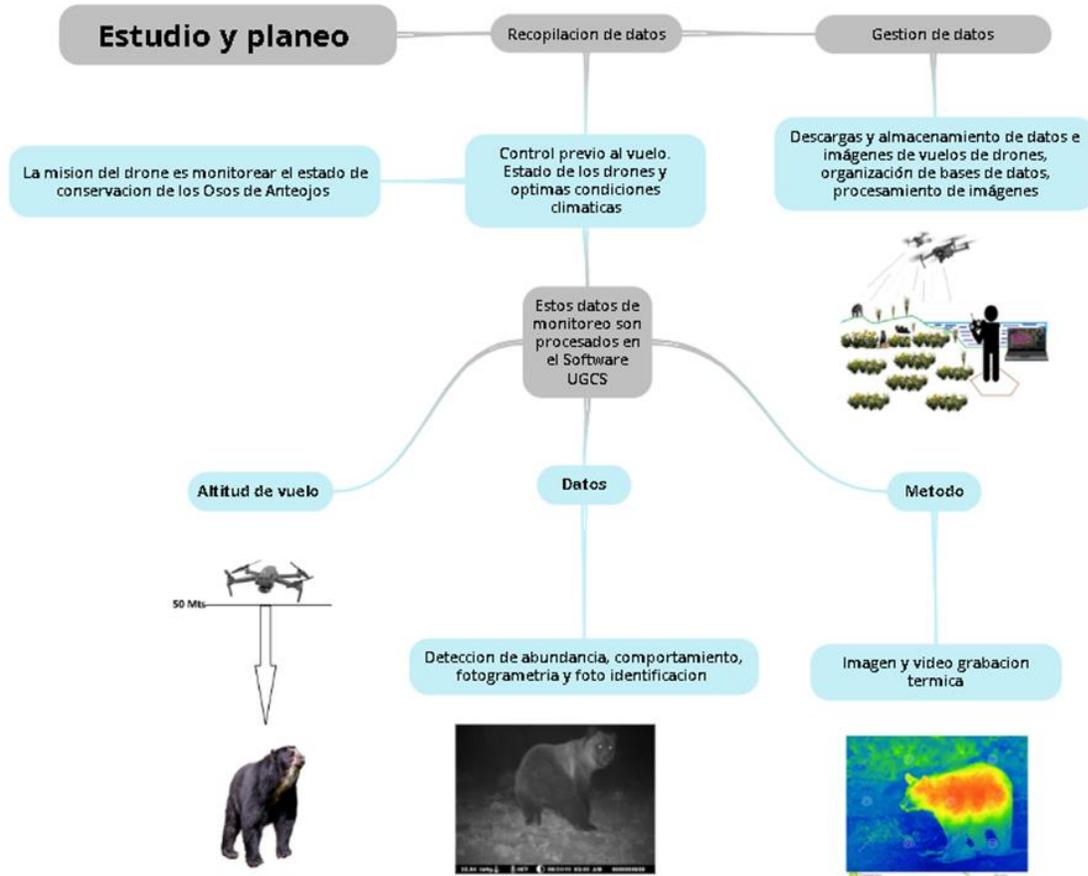
Nota. Figura tomada de Sarmiento (2010)

La zona de vuelo designada es $4^{\circ}25'34''N$ $74^{\circ}13'43''W$ conocida como la laguna del Alar con una altura de 3.590 m sobre el nivel del mar, allí puede evidenciarse el ecosistema de páramo. Es un punto estratégico de la cordillera oriental en el departamento de Cundinamarca, zona se ubica a 30 kilómetros desde Bogotá D.C., Asimismo, y por comprender una parte alta de la cordillera, nacen varios ríos importantes que abastecen el sur de la ciudad de Bogotá D.C., debido a esta fuente hídrica se evidencia una alta biodiversidad y se cree que en dicha zona existe posibilidades de alto avistamiento de Osos. Esto permite identificar esta zona como punto estratégico para desarrollar la propuesta de este artículo.

Esquema de operación

Al tener en cuenta los aspectos relevantes del proyecto, se continúa con el diseño del esquema de operación (ver Figura 22). Para ello se define como zona de operación demarcada a continuación. Se caracteriza por tener un perímetro de 3.69 kilómetros y un área de 0.84 kilómetros a una altitud de 50 metros AGL sobre el nivel del suelo. La operación será efectuada en los polígonos relacionados a continuación dentro del período comprendido entre los meses de apareamiento de los Osos entre los meses de junio, julio y agosto. Finalmente, y debido a que los Osos son de comportamiento diurno, se contempla un horario desde las 08:00 hasta las 14:00 y operación por cada polígono de dos horas con autonomía ininterrumpida. A continuación, se muestran la geolocalización satelital (ver Figuras 23 y 24), las coordenadas de los polígonos de operación en la laguna del Alar (ver Tabla 1) y los aspectos esenciales para alcanzar la autorización de la operación RPAS (ver Tabla 2).

Figura 22.
Diagrama de flujo de la operación



Nota. Esquema de operación del sistema: Estudio y planeo, computadora recibiendo telemetría y enviando definición de la ruta, antena, piloto y zona de estudio. Elaboración propia

Figura 23.

Toma satelital general Páramo de Sumapaz y laguna de Alar



Nota. En la respectiva imagen se puede evidenciar un círculo rojo correspondiente a la laguna del Alar. Tomado de Google Earth (2022).

Figura 24.

Toma satelital de la laguna del Alar



Nota. Vista satelital de la laguna del Alar y zona de operación demarcada (Google Earth, 2022)

Tabla 1.

Coordenadas de los polígonos de operación en la laguna del Alar

Polígono	Coordenadas	Gráfica
A	4°22'30.83"N 74°13'47.45"O	
1	4°22'17.65"N 74°13'27.74"O	
1.2	4°22'32.14"N 74°13'55.53"O	
1.3	4°22'39.76"N 74°13'48.27"O	
1. Zona A	Área de vuelo: 16.05 ha con un tiempo de 16 min	

B
4°22'39.15"N
74°13'36.39"O

2
4°22'32.21"N
74°13'36.39"O

2.2
2. 4°22'43.34"N
Zona B 74°13'43.87"O

2.3
4°22'47.01"N
74°13'39.93"O

2.4
4°22'40.84"N
74°13'25.11"O

Área de vuelo: 14.73 ha
con un tiempo 15 min

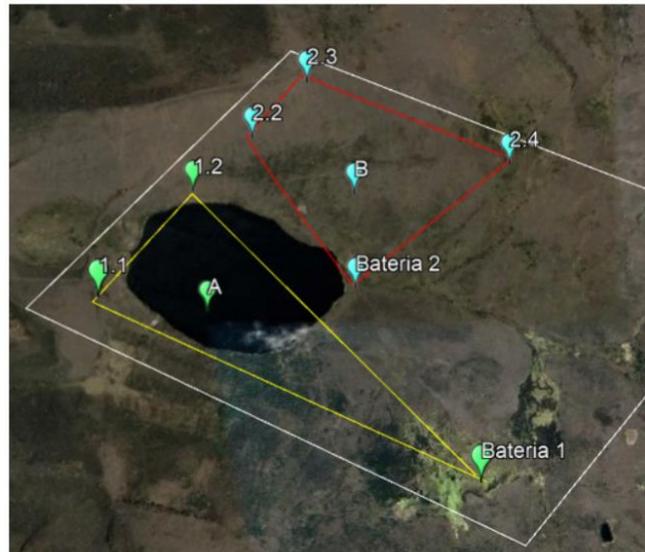


Tabla 2.

Autorización operación RPAS

INFORMACIÓN PARA AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN RPAS		
1.	Fecha de operación tentativa	Del 01 de julio al 30 de agosto
2.	Lugar de Operación	Laguna el Alar, páramo de Sumapaz
3.	Descripción e identificación del UAS que se utilizará	Aeronaves ala rotatoria múltiples 1. DJI Mavic 2 Enterprise advance de color gris con negro 2. DJI Mavic 2 Enterprise advance de color gris con negro Se cuenta con una estación de Tierra (dos iPad's y 1 Computador portátil con software.) y 2 controles remotos con modalidad "Return To Home".
4.	Altura a la que se solicita volar el RPAS	Entre 50 m AGL.
5.	Ruta a seguir, patrón, área o Polígono	Laguna del Alar Batería 1 – zona A Batería 2 – zona B Batería 3 – zona C Ver las coordenadas en la Tabla 1.
6.	Hora propuesta	Entre las 08:00 hasta las 14:00.

7.	Tiempo estimado de duración de la operación	Operación por cada polígono de 2 horas con autonomía interrumpida:
8.	Descripción de la Operación	Se requiere realizar vuelos con sensores térmicos en el perímetro a la redonda de la laguna de Alar en el Páramo de Sumapaz. Las coordenadas se evidencian En la tabla 1. Se realizaron actividades de monitoreo para la toma de material visual del estado De conservación del Oso de anteojos. La operación será visual directa, no pretende Superar la altura máxima y distancia horizontal Permitida por la Resolución 04201.
9.	Peso total al despegue de la RPAS	11.00 kilogramos.

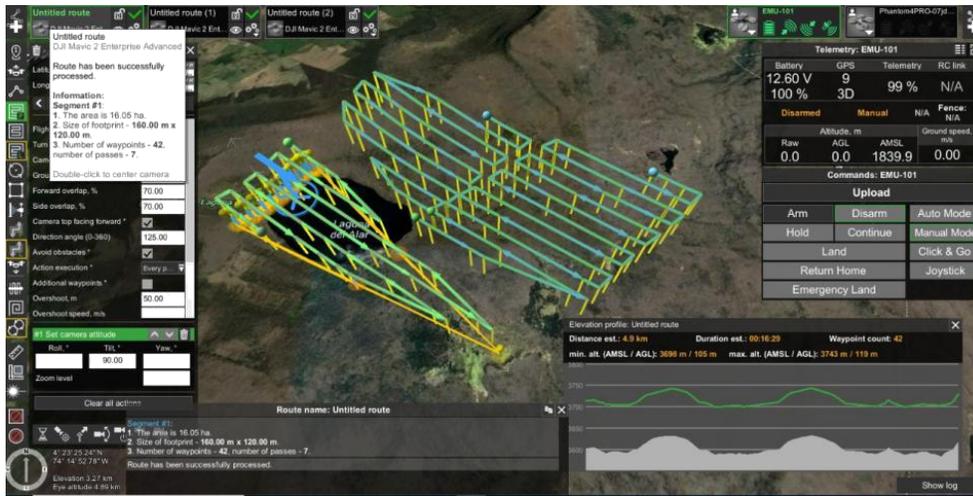
Parámetros y rutas de vuelo

Vuelo 1:

- Área es de 16.05 ha
- Tamaño de la huella es de 160,00 m X 120.00 m
- Número de puntos de ruta es -42 y número de pases -7

Las Figuras 25, 26 y 27 presentan los vuelos realizados en el programa UGCS (DRONE FLIGHT PLANNING AND CONTROL SOFTWARE by SPH ENGINEERING, s.f.) con base en el esquema de operación del sistema.

Figura 25.
Parámetro y vuelo 1



Nota. La figura corresponde al parámetro y vuelo 1 realizados en el programa UGCS (DRONE FLIGHT PLANNING AND CONTROL SOFTWARE by SPH ENGINEERING, s.f.)

Vuelo 2:

- Área es de 14.73 ha
- Tamaño de la huella es de 160,00 m X 120.00 m
- Número de puntos de ruta es -42 y número de pases -9

Figura 26.
Parámetro y vuelo 2



Nota. La figura corresponde al parámetro y vuelo 2 realizados en el programa UGCS (DRONE FLIGHT PLANNING AND CONTROL SOFTWARE by SPH ENGINEERING, s.f.)

Vuelo 3:

- Área es de 21. ha
- Tamaño de la huella es de 160,00 m X 120,00 m
- Número de puntos de ruta es -55 y número de pases -12

Figura 27
Parámetro y vuelo 3



Nota. La figura corresponde al parámetro y vuelo 3 realizados en el programa UGCS (DRONE FLIGHT PLANNING AND CONTROL SOFTWARE by SPH ENGINEERING, s.f.)

Regulaciones

Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC 91-Apéndice 13-Resolución 04201), en lo relacionado con la realización de operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia RPAS en Colombia y Circular Reglamentaria UAEAC 5100-082-002 – Requisitos generales de aeronavegabilidad y de operaciones para RPAS.

Resultados

Los resultados esperados del presente documento son definir una metodología de seguimiento y rastreo eficiente para la especie Oso de anteojos, validar el uso de equipos de vuelo RPAS, sensores térmicos y los planes de vuelo, que permitan monitorear las especies endémicas de nuestro país.

Lo anterior con el objetivo fundamental de salvaguardar las especies endémicas con el uso de herramientas positivas y no invasivas, amigables con el medio ambiente, la observación mediante el RPAS tendrá resultados eficientes para generar medidas regulatorias para la conservación del medio ambiente y sus especies. Los resultados de esta investigación buscan preservar las especies endémicas de Colombia realizando un análisis objetivo de la conservación de las especies y a si modificar barreras para la conservación del ecosistema siendo un proyecto viable y sustentable para identificar y monitorear el estado de conservación del Oso de anteojos.

Financiamiento

De acuerdo a lo planteado frente al diseño de la implementación de monitoreo con naves no tripuladas para osos de anteojos, se espera presentar la propuesta a la CAR y Parques Nacionales Naturales de Colombia. Lo anterior permitirá buscar el financiamiento para este proyecto con agencias que tienen por objetivo, la conservación de las especies endémicas de Colombia.

Conclusiones

Al tener en cuenta el contexto histórico actual y las necesidades relacionadas con la pérdida de biodiversidad se hace imperativa la búsqueda de instrumentos que permitan mejorar las condiciones de monitoreo de especies en su hábitat natural con el fin de garantizar su preservación. En relación con ello, la revisión del uso de drones y el diseño metodológico propuesto monitoreando el estado de conservación del Oso de Anteojos permitiendo, concluir el empleo de naves no tripuladas y softwares especializados como UGCS pueden convertirse en herramientas fundamentales para la conservación de la naturaleza.

Esto permite desarrollar acciones conscientes y enfocadas a la subsistencia de las especies endémicas de Colombia con herramientas RPAS. Lo anterior permite analizar la productividad de los ecosistemas, lo que incluye las alteraciones sociales y culturales en el territorio colombiano que afectan de múltiples formas los hábitats de las especies endémicas en nuestro país.

Asimismo, es importante resaltar la viabilidad del esquema de acción para la óptima captura de información de esta metodología desde dos miradas. En primer lugar, el uso de estos recursos garantiza el monitoreo constante en tiempo real por periodos largos con herramientas que reducen el esfuerzo humano y posibilitan la menor intromisión posible al hábitat con el drone Mavic 2 Enterprise advance. y su cámara infra roja incorporada. En segundo lugar, las zonas designadas para el diseño comprenden territorios accesibles según la CAR, lo cual puede generar a corto y mediano plazo resultados que impacten el bienestar y preservación de la especie en esta zona delimitada del Páramo de

Sumapaz. De igual forma puede representar a largo plazo, el monitoreo en otros espacios de forma masiva.

Referencias

- Atuchin, V., Prosekov, A., Vesina, A., & Kuznetsov, A. (2020). Drone-Assisted Aerial Surveys of Large Animals in Siberian Winter Forests. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-55278/v1>
- Beltrán, S. R. (2010). *¿Qué pasa en el páramo de Sumapaz? análisis de un problema ambiental* [trabajo de grado, Universidad del Rosario. Repositorio urosario. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/2140>
- (DRONE FLIGHT PLANNING AND CONTROL SOFTWARE by SPH ENGINEERING, s.f.)
- DJI. (2022). *Mavic 2 Enterprise Avanzado*. <https://www.dji.com/mavic-2-enterprise-advanced>
- Extinción animal. (s.f.). *Oso de Anteojos*. Consultado en junio del 2022. <https://extincionanimal.org/oso-anteojos/>
- Google Earth. (2022). Toma satelital [software].
- González, I., Ochoa, Q. J. M., Velázquez-Tibatá, J., y Noguera, U. E. (2018). *Especies endémicas, áreas protegidas y deforestación*. Instituto Humboldt Colombia. <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2018/cap2/203/#seccion1>
- Instituto Humboldt. (2017, 11 de septiembre). *Biodiversidad colombiana: números para tener en cuenta*. <http://www.humboldt.org.co/en/noticias-2/press/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-te-ner-en-cuenta>
- Instituto Humboldt. (2020). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/>
- Iberdrola. (s.f.). *Las especies endémicas y su valor para la biodiversidad*. Consultado el 15 de junio de 2022. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/especies-endemicas#:~:text=En%20consecuencia%2C%20las%20especies%20end%C3%A9micas,vivo%20influyen%20en%20dicha%20condici%C3%B3n>.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2017, 15 de septiembre). Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones.

- Ospina, R. M. (2003). *El páramo de Sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá*.
Sociedad Geográfica de
Colombia. <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/Paramos.pdf>
- Pineda, J. (s.f.). *El Endemismo o Especies Microareales*. Consultado el 22 de junio de
2022. <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/especie-endemica/>
- Prensa Instituto Humboldt. (2019, 16 de octubre). *Especies únicas de Colombia: baja cobertura en
áreas protegidas y hábitats amenazados*. Instituto Humboldt Colombia.
[http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1424-especies-unicas-de-
colombia-baja-cobertura-en-areas-protegidas-y-habitats-amenazados](http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1424-especies-unicas-de-colombia-baja-cobertura-en-areas-protegidas-y-habitats-amenazados)<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1912-de-2017.pdf>
- Parques Nacionales. (s.f.). *Parques nacionales naturales de Colombia*. Consultado el 18 de junio
de 2022. <https://www.parquesnacionales.gov.co/porta/es/>
- Pedersen, N. J. (2019). *Human-bear interactions in the North Slope oilfields of Alaska
(USA): characteristics of grizzly bear sightings and use of infrared for bear den
detection* [tesis de maestría, Universidad de Alaska Fairbanks]. Repositorio Core.
<https://core.ac.uk/outputs/222783740>
- Raoult, V., Colefax, A.P., Allan, B.M., Cagnazzi, D., Castelblanco-Martínez, N., Ierodiaconou,
D., Johnston, D.W., Landeo-Yauri, S., Lyons, M., Pirotta, V., Schofield, G., & Butcher,
P.A. (2020) Operational Protocols for the Use of Drones in Marine Animal Research.
Drones, 4(4), 64. <https://doi.org/10.3390/drones4040064>
- Restrepo, H. (2012). *Plan de manejo y conservación del Oso andino en la jurisdicción de la
Corporación Autónoma de Cundinamarca*. Corporación Autónoma de Cundinamarca y
Conservación Internacional. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5bfc082bd4f5d.pdf>
- Torres, J. P. (2001). *Guía para la conservación del Oso de anteojos*. SECAB.