

# **Uso recreativo del espacio aéreo en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama**

**Análisis de la compatibilidad  
del vuelo sin motor con la  
conservación de los valores  
del parque**





## INTRODUCCIÓN

Se elabora el presente estudio, que forma parte de las bases técnicas para la redacción del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, en atención al mandato recogido en la Disposición final primera de la Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales que modifica la Ley 7/2013, de 25 de junio, de declaración del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama en el que dice que *“las actividades de vuelos de aeronaves no impulsadas a motor, serán objeto de estudio en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama a fin de determinar las cotas, periodos y zonas donde tal actividad no resulte incompatible con la conservación de los recursos del parque.»*

## INDICE

1. <u>El Vuelo sin motor</u> .....	3
2. <u>Situación de partida. Regulación preexistente</u> .....	4
3. <u>Regulación en otros espacios protegidos</u> .....	10
4. <u>Revisión bibliográfica sobre impactos</u> .....	17
4.1. <u>Posibles impactos del vuelo sin motor en el medio natural</u> .....	17
4.2. <u>Efectos del uso recreativo sobre la fauna</u> .....	17
4.3. <u>Efectos del sobrevuelo de aeronaves en la fauna</u> .....	19
4.3.1. <u>Efectos del sobrevuelo de aeronaves en los unquados</u> .....	20
4.3.2. <u>Efectos del sobrevuelo de aeronaves en las aves</u> .....	24
5. <u>Análisis de sensibilidad realizado para el presente informe</u> .....	29
5.1. <u>Zonas y épocas de sensibilidad en torno a nidos de rapaces</u> .....	30
5.1.1. <u>Buitre negro</u> .....	31
5.1.2. <u>Águila imperial</u> .....	35
5.1.3. <u>Águila Real</u> .....	38
5.2. <u>Otras zonas sensibles</u> .....	40
5.3. <u>Estudio del hábitat potencial del Buitre negro</u> .....	41
5.3.1. <u>Análisis discriminante con SPSS</u> .....	43
5.3.2. <u>Análisis de máxima entropía con Maxent</u> .....	47
5.4. <u>Uso del espacio aéreo por parte de las rapaces del Parque</u> .....	54
5.4.1. <u>Seguimiento de buitres negros marcados con gps</u> .....	57
5.4.2. <u>Horarios de entrada y salida de las colonias de buitre negro</u> .....	61
6. <u>Conclusiones y propuesta de Zonas Sensibles al Sobrevuelo</u> .....	+63
7. <u>Referencias bibliográficas utilizadas</u> .....	65
Anexos .....	71
<u>Anexo 1. Cartografía de normativa previa</u>	
<u>Anexo 2. Espacio de vuelo disponible para vuelo sin motor según normativa previa</u>	
<u>Anexo 3. Cartografía de Áreas Sensibles al Sobrevuelo</u>	
<u>Anexo 4. Informes sobre accidentes de aviación producidos en la sierra</u>	
<u>Anexo 5. Variables utilizadas en los modelos de hábitat potencial</u>	
<u>Anexo 6. Modelo de Maxent alternativo</u>	
<u>Anexo 7. Densidades kernel de localizaciones de los buitres marcados</u>	

## 1. El Vuelo sin motor.

A los efectos del presente estudio, se distinguen entre estos dos tipos de *vuelo sin motor*:

- **“Vuelo libre”** en Parapente o en Ala-delta. Vuelo sin motor con aparatos ultraligeros, de despegue y aterrizaje a pie, que utilizan para desplazarse las corrientes de aire y no poseen ningún medio de propulsión. En el Ala-delta la superficie de sustentación tiene una estructura metálica semirrígida, mientras que en el parapente el ala es únicamente de material textil. En ambas modalidades hay distintas formas de despegar, pero la más utilizada es *“a pie”*, corriendo por una ladera hasta que se consigue la sustentación necesaria. Según la documentación presentada durante el proceso de alegaciones, un parapente puede llevarse en una única mochila que pesa entre 8 y 25 kg, mientras que un ala-delta se transporta plegado en forma de tubo de unos 5 metros de longitud con un peso total del equipo que puede llegar a los 60 kg. Esta diferencia hace que los parapentes puedan despegar desde puntos sin acceso para vehículos, mientras que el ala-delta precisa de dicho acceso (y por ello los lugares apropiados para el despegue en esta última modalidad son más reducidos). Existe en la localidad segoviana de Arcones, un punto utilizado para el despegue que está dentro del *Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama*, pero fuera de los límites del *Parque Nacional* y de su *Zona Periférica de Protección* (a unos 5,5 km en línea recta de la Zona Periférica y 8,5 km del Parque Nacional; Anexo 1.1). En el vuelo libre, hay básicamente 3 modalidades:
  - a. *Vuelo de descenso*. Casi directo, desde el despegue hasta el punto de aterrizaje, practicado sobre todo cuando las condiciones no permiten mantenerse en el aire o durante el aprendizaje.
  - b. *Vuelo de ladera*. Consiste en mantenerse en el aire aprovechando la ascendencia que producen las laderas orientadas al viento dominante.
  - c. *Vuelo de térmica*. Consiste en mantenerse, ascender y desplazarse aprovechando las corrientes térmicas (ver figura 12).
- **“Vuelo a vela”** o Volovelismo. Vuelo en aeronaves llamadas *veleros* o *planeadores*, que por distintos medios alcanzan una altura determinada, a partir de la cual comienza un descenso controlado que busca localizar corrientes ascendentes para subir y así permanecer el mayor tiempo posible en vuelo. Su vuelo es sobre todo en térmica, pero en las épocas del año en que estas escasean, pueden realizar vuelos de ladera aprovechando la topografía (ver figura 6). Estos aparatos necesitan aeródromos para operar, y para ascender suelen ser remolcados por una avioneta a motor o, en el caso de los motoveleros, mediante un motor auxiliar que se esconde después en el fuselaje (y que puede ser usado también en caso de emergencia). En el área del *Parque Nacional*, esta actividad la desarrollan principalmente aparatos que despegan y aterrizan en el cercano Aeródromo de Fuentemilanos, en la provincia de Segovia (situado a unos 8,5 km de la Zona Periférica y unos 12 km del Parque Nacional) (ver Anexo 1.1).

## 2. Situación de partida. Regulación preexistente

2.1. La Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales, en su Artículo 7 considera como actividad incompatible el sobrevuelo a menos de 3.000 metros de altura sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o por causa de fuerza mayor. Pero en su disposición final primera, dice:

- *“Se modifica la disposición adicional octava de la Ley 7/2013, de 25 de junio, (de declaración del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama) que pasa a tener la siguiente redacción:*
- *Dada la singularidad de la ubicación geográfica del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, y **con carácter excepcional** respecto de lo establecido para el conjunto de los Parques Nacionales, la prohibición general de sobrevuelo a menos de 3.000 metros salvo autorización expresa o por causa de fuerza mayor, queda **reducida a 500 metros para las aeronaves comerciales y de Estado**. Y continúa:*
- *Las actividades de vuelos de aeronaves no impulsadas a motor, serán objeto de estudio en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama a fin de determinar las **cotas, periodos y zonas** donde tal actividad no resulte incompatible con la conservación de los recursos del parque.”*

2.2. El PORN de Guadarrama en la vertiente castellano leonesa (*Decreto 4/2010, de 14 de enero, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Espacio Natural «Sierra de Guadarrama»*) establece: una limitación de **1000 pies sobre el terreno de altura mínima de vuelo** (unos 305 m) en las ZULCUs o *Zonas de Uso Limitado de Cumbres* (coincidentes con las zonas altas del Parque Nacional en la vertiente segoviana) y en las ZULIEs o *Zonas de Uso Limitado de Interés Especial* (3 de las cuales están dentro del *Área de Especial Protección* y otras 6 dentro de la *Zona Periférica de Protección* del Parque Nacional) (ver mapas del Anexo 1).

2.3. El PORN de Guadarrama en la vertiente madrileña (*Decreto 96/2009, de 18 de noviembre, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba la ordenación de los recursos naturales de la Sierra de Guadarrama en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid*) (ver Anexo 1.1), establece estas restricciones según la zonificación:

Zonas de Reserva: *Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **3.000 mil metros** sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o causas de fuerza mayor. Tampoco podrán utilizarse estas zonas como punto de despegue o aterrizaje para el **parapente** ni el **ala delta**, ni como punto de aterrizaje en **paracaídas**, y ni siquiera sobrevolarlas.*

Zonas de máxima protección: *Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **3.000 mil metros** sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o causas de fuerza mayor. Podrá permitirse el despegue para el **parapente** o el **ala delta** desde aquellos puntos que la autoridad ambiental competente establezca para tal fin, así como el aterrizaje durante la práctica de dichos deportes o del **paracaidismo**, en las zonas igualmente habilitadas para*

*estos propósitos, todo ello en las condiciones que se describen en los puntos 25, 26 y 27 del apartado 4.4.8 del presente PORN.*

*Zonas de Conservación y Mantenimiento de Usos Tradicionales: Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **2.000 metros** sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o causas de fuerza mayor. No se permite la utilización de parajes de esta zona como áreas de aterrizaje para el **parapente**, el **ala delta** o el **paracaidismo**, aunque sí el sobrevuelo de las mismas por estos procedimientos en las condiciones que se describen en los puntos 25, 26 y 27 del apartado 4.4.8 del presente PORN.*

*Zonas de Aprovechamiento Ordenado de los Recursos Naturales: Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **500 metros** sobre la vertical del terreno. Podrá permitirse el despegue para el **parapente** o el **ala delta** desde aquellos puntos que la autoridad ambiental competente establezca para tal fin, así como el aterrizaje durante la práctica de dichos deportes o del paracaidismo, en las zonas igualmente habilitadas para estos propósitos, todo ello en las condiciones que se describen en los puntos 25, 26 y 27 del apartado 4.4.8 del presente PORN.*

*Zona de Asentamientos Tradicionales: Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **2.000 metros** sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o causas de fuerza mayor. No se permite la utilización de parajes de esta zona como áreas de aterrizaje para el **parapente**, el **ala delta** o el **paracaidismo**, aunque sí el sobrevuelo de las mismas por estos procedimientos en las condiciones que se describen en los puntos 25, 26 y 27 del apartado 4.4.8 del presente PORN.*

*Área reservada para Paisaje Protegido: Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **500 metros** sobre la vertical del terreno. Podrá permitirse el despegue para el **parapente** o el **ala delta** desde aquellos puntos que la autoridad ambiental competente establezca para tal fin, así como el aterrizaje durante la práctica de dichos deportes o del paracaidismo, en las zonas igualmente habilitadas para estos propósitos, todo ello en las condiciones que se describen en los puntos 25, 26 y 27 del apartado 4.4.8 del presente PORN.*

*Zonas Especiales: Queda prohibido el **sobrevuelo a motor**, en **velero**, en globo aerostático o dirigible a alturas inferiores a los **3.000 metros** sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o causas de fuerza mayor. Podrá permitirse el despegue para el **parapente** o el **ala delta** desde aquellos puntos que la autoridad ambiental competente establezca para tal fin, así como el aterrizaje durante la práctica de dichos deportes o del **paracaidismo**, en las zonas igualmente habilitadas para estos propósitos, todo ello en las condiciones que se describen en los puntos 25, 26 y 27 del apartado 4.4.8 del presente PORN.*

Y dicho decreto 96/2009 en su apartado 4.4.8. sobre uso público y deportivo especifica:

*24. El sobrevuelo a motor, en **velero**, en globo aerostático o dirigible se realizará según las condiciones establecidas, en el presente documento, para cada una de las zonas del ámbito del PORN. Las restricciones que se establezcan en las mismas no serán de aplicación por razones de gestión, investigación, prevención y detección de incendios forestales, entrenamiento de las fuerzas armadas y*

de seguridad previos los oportunos permisos, emergencia, salvamento, rescate u otras causas de fuerza mayor. La autoridad ambiental competente en el ámbito de ordenación podrá autorizar estas actividades para la realización de documentales o para la toma de fotografías.

25. Podrá practicarse el **parapente** desde aquellos puntos que la autoridad ambiental competente establezca para tal fin. El desarrollo de dicha actividad no podrá perjudicar los valores naturales y culturales del ámbito de ordenación y se realizará bajo la exclusiva responsabilidad a estos efectos de las personas que las practiquen. No podrán utilizarse como áreas de despegue o aterrizaje ni, en su caso, sobrevolarse, las Zonas de Reserva o las superficies acotadas al uso público por razones de conservación o restauración, como tampoco utilizarse **medios mecánicos para el transporte de equipos** hasta las áreas de despegue. La autoridad ambiental competente hará públicas, en su caso, las normas de aplicación a este deporte para cada punto autorizado.

27. La autoridad ambiental competente en el ámbito de ordenación podrá autorizar la práctica del **ala delta**, siempre y cuando el desarrollo de dicha actividad no resulte incompatible con los objetivos de conservación de los valores naturales y culturales del ámbito de ordenación. No podrán utilizarse como áreas de despegue o aterrizaje ni, en su caso, sobrevolarse, las Zonas de Reserva o las superficies acotadas al uso público por razones de conservación o restauración, como tampoco utilizarse **medios mecánicos para el transporte de equipos** hasta las áreas de despegue. La autoridad ambiental competente hará públicas, en su caso, las normas de aplicación a este deporte para cada punto autorizado.

**2.4.** El mencionado PORN de Guadarrama en la vertiente madrileña (Decreto 96/2009, de 18 de noviembre, del Consejo de Gobierno), establece en su **DISPOSICIÓN TRANSITORIA PRIMERA**, sobre la “Entrada en vigor de las determinaciones del Plan para los territorios incluidos, en el momento actual, en espacios naturales protegido”, lo siguiente:

- “Los planes rectores de uso y gestión y el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara, seguirán en vigor en sus respectivos ámbitos. En aquellas materias no reguladas por los citados planes, será de aplicación el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra de Guadarrama. Esta disposición transitoria no será de aplicación en las Áreas de Planeamiento Urbanístico establecidas en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra de Guadarrama, que se regirán por lo previsto en el mismo”.

- Por ello hay que tener en cuenta también los PRUG de dichos Parques madrileños:

**2.5.** El PRUG del Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara (Acuerdo de 22 de mayo de 2003, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba definitivamente el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara) (ver Anexo 1.2), en su Artículo 48 (Deportes y actividades de vuelo) dice:

- No se permite el vuelo **a motor** a menos de **1000 metros sobre la vertical del terreno** en el ámbito del PRUG, salvo por razones de emergencia, salvamento, rescate, investigación, gestión u otras causas de fuerza mayor.
- Se permiten los deportes de vuelo **no motorizados**, como parapente, ala delta, etc. así como los globos aerostáticos, siempre y cuando la altura de vuelo sea superior a **300 metros** sobre la vertical del terreno en las **áreas de nidificación de especies protegidas**. El desarrollo de estas actividades se permitirá siempre que resulten compatibles con los objetivos de conservación de los valores naturales del ámbito del PRUG.
- La Consejería de Medio Ambiente podrá restringir la actividad, total o temporalmente, por razones de conservación.

**2.6.** El PRUG del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Orden de 28 de mayo de 1987 y primera Revisión aprobada mediante Orden de 20 de octubre de 1995) (ver Anexo 1.2), en su Artículo 7.1.1 establece:

- El espacio aéreo del Parque Regional no podrá ser sobrevolado en la zona de Reserva Natural a alturas inferiores a **2.000 metros** sobre cada cota, salvo por razones de seguridad, conservación, salvamento o fuerza mayor.
  - (Las zonas de Reserva Natural son las A1: Zonas de Reserva Natural Integral y A2: Zonas de Reserva Natural Educativa; ver Anexo 1). Este artículo también dice:
- La regulación del sobrevuelo de aeronaves militares por esa zona deberá convenirse con el Ministerio de Defensa, conforme previene la Ley del Parque Regional.

**2.7.** En las cartas de navegación a disposición de los pilotos (ENR\_6\_9 del AIP consultado en la web de EnAire: <https://ais.enaire.es/aip/>) aparece el valle de Rascafría (como Zona Ecológica F20) con una **cota mínima de vuelo de 500 pies** sobre el terreno (unos 153 metros). Esta restricción se debe a una colonia de buitre negro (aunque no cambia mucho la altura mínima de las VFR; ver punto 2.12). Existe una propuesta de revisión de esta zona (aparece como "Revisión F20" en los mapas del Anexo 1); propone la:

- "Prohibición general de sobrevuelo a menos de **500 metros** salvo autorización expresa o por causa de fuerza mayor, para las aeronaves comerciales y de Estado. Se permiten los deportes de vuelo no motorizados, como parapente, ala delta, etc. así como los globos aerostáticos, siempre y cuando la altura de vuelo sea superior a **300 metros** sobre la vertical del terreno en las **áreas de nidificación de especies protegidas**".

**2.8.** En la vertiente segoviana, una pequeña parte del Parque Nacional y otra del Área de Especial Protección, están incluidas en la Zona Peligrosa LED6 de Baterías, que abarca desde el terreno a los 10000 pies (3048 m); la limitación se establece de lunes a viernes desde la salida a la puesta del sol.

**2.9.** La mayor parte de la vertiente madrileña, así como la zona de Segovia entre Cotos y Navacerrada, están incluidas en la Zona peligrosa LED17 (Colmenar Viejo) Sector C, que comprende desde el terreno

a 7500 pies (2286 m). Otra pequeña parte (ver Anexo 1.2) está en el *Sector B* del mismo *LED17*, que llega hasta los 5200 pies (1585 m). Se realizan vuelos de instrucción de helicópteros militares, lo que obliga a establecer contacto de radio con la torre de Colmenar antes de entrar en la zona, de lunes a viernes; en verano de 6:00 a 21:00 y en invierno de 7:00 a 22:00.

- 2.10.** Una pequeña zona de la *Zona Periférica de Protección* del Parque Nacional en Madrid está dentro del *CTR de Colmenar Viejo*, que abarca desde el Terreno a 1000 pies; entre 1000 y 19500 pies es espacio aéreo clase A (prohibido en vuelo visual, sin utilidad para el vuelo libre) (Alcañiz, 2013). En el *CTR de MADRID* sólo se permiten vuelos visuales a aeronaves militares en entrada o salida a las bases aéreas de Torrejón y Getafe.
- 2.11.** *Área terminal de Madrid-Barajas* (ver las zonas en los mapas del Anexo 1): Los suelos de los sectores del *TMA Madrid* (ENR\_6\_9\_3 del AIP; <https://ais.enaire.es/aip/>) dan el límite superior para vuelo visual (aunque son ampliables por NOTAM):
- TMAD-1. Suelo en 2895 metros sobre el nivel del mar.
  - TMAD-2. Suelo en 2438 metros sobre el nivel del mar.
  - TMAD-3. Suelo en 2133 metros sobre el nivel del mar.
  - TMAD-4. Suelo en 2133 metros sobre el nivel del mar.
  - TMAD-5. Suelo en 1676 metros sobre el nivel del mar.
  - TMAD-6. Suelo en 914 metros sobre el nivel del mar.
  - TMAD-12. Suelo en 306 metros sobre el terreno y con sectores prohibidos a vuelos VFR.
- 2.12.** Las *Reglas del Vuelo Visual* (VFR) (ENR\_1\_2 del AIP; <https://ais.enaire.es/aip/>), establecen que *“excepto cuando sea necesario para el despegue o el aterrizaje, o cuando se tenga autorización de la autoridad competente, los vuelos VFR no se efectuarán:*
- 1) sobre aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados, o sobre una reunión de personas al aire libre a una altura menor de 300 m (1000 ft) sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 600 m desde la aeronave;*
  - 2) en cualquier otra parte distinta de la especificada en 1), a una altura menor de 150 m (500 ft) sobre tierra o agua, o 150 m (500 ft) sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 150 m (500 ft) desde la aeronave.*

### **Conclusiones:**

En los mapas del Anexo 1 pueden verse las zonificaciones de los espacios protegidos mencionados, las zonas del TMA Madrid, las Zonas peligrosas, las Zonas ecológicas, así como los puntos de despegue para vuelo libre solicitados en el proceso de alegaciones. Los dos últimos mapas de dicho anexo resumen la normativa previa, representando las alturas mínimas permitidas en cada zona para *vuelo libre* (Anexo 1.3) y *vuelo a vela* (Anexo 1.4).

En el Anexo 2 se han calculado los *espacios de vuelo* disponibles para cada disciplina de vuelo sin motor, teniendo en cuenta la normativa previa a la declaración del Parque Nacional. Por un lado se han considerado los suelos de las diferentes zonas del Área Terminal de Madrid-Barajas (TMA Madrid), que definen el techo del vuelo visual. Y por otro, se han tenido en cuenta las alturas mínimas permitidas en cada espacio protegido de los existentes previamente, así como el mínimo general (para el resto del territorio) de 150 metros sobre el terreno (según las reglas del vuelo visual o VFR).

Utilizando **ArcGIS** (ESRI, 2010), se han calculado las altitudes mínimas sobre el nivel del mar, sumando las alturas mínimas permitidas (AGL = sobre el suelo) a un *modelo digital del terreno*. Después se han restado las altitudes mínimas a los techos y se ha representado el resultado en los mapas del Anexo 2. El "*espacio de vuelo*" dibujado se definiría como *el espacio de vuelo disponible (en metros) entre la altura mínima sobre el terreno permitida y el techo del vuelo visual (para cada punto del territorio)*.

Donde la altura mínima sobre el terreno se iguala o sobrepasa la altitud máxima permitida para el vuelo sin motor (a no ser que se modificara ésta por un NOTAM), no habría espacio de vuelo disponible en virtud de la normativa previa a la declaración del Parque Nacional (en el mapa correspondiente del Anexo 2, estas *zonas sin espacio de vuelo disponible* se han representado en negro).

Debido a que, como se ha visto en este apartado, existe diferente normativa para las distintas modalidades de vuelo sin motor, se han dibujado dos mapas de *espacios de vuelo*, el Anexo 2.1 para *vuelo libre* (parapente y ala-delta) y el Anexo 2.2 para *vuelo a vela*.

Puede verse que existen zonas en la vertiente madrileña que, en condiciones normales, no se podrían sobrevolar con la normativa vigente.

### 3. Regulación del vuelo sin motor en otros espacios protegidos

Un análisis exhaustivo de normativa se escapa de las posibilidades temporales de este informe, por lo que únicamente se presentan unas tablas resumen de la situación.

Primero, en las tablas 1, 2 y 3, se reproducen los resultados de la revisión de la normativa española referente al *vuelo libre* que realizaron Soto-Largo *et al.* (2013).

Después, en la tabla 4, se comenta el caso de los Parques Nacionales españoles.

Y por último, en la tabla 5, se resume la normativa de los espacios protegidos en los que hay colonias de Buitre negro (según datos del censo nacional; De la Puente *et al.* 2007).

**Tabla 1.** Espacios naturales protegidos (prácticamente todos son *Parques Naturales*) en los que se regula de alguna manera la actividad del vuelo libre, o por lo menos se considera compatible y se prevé su regulación futura (modificado de Soto-Largo *et al.* 2013, p. 116); con asterisco los que tienen buitre negro (*Aegypius monachus*) y/o águila imperial (*Aquila adalberti*):

Espacio	C.A.	Norma	Vuelo libre	Vuelo a vela
* Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 210/2003	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
* Parque Natural Sierra de Hornachuelos	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 252/2003	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
* Parque Natural Sierra de Andújar	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 354/2003	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces, un muladar y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
Parque Natural Sierras Subbéticas	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 4/2004	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
* Parque Natural Despeñaperros	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 56/2004	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
* Parque Natural Sierra Norte de Sevilla	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 80/2004	Prohibido en zonas de reserva A; compatible en el resto, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, 1 dic-31 ago.
* Parque Natural Los Alcornocales	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 150/2017	Compatible condicionado en zonas y fechas establecidas mediante Orden del Consejero de Medio Ambiente	
Parque Natural Sierra de Baza	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 101/2004	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago. Requiere autorización	
Parque Natural Sierra de Castril	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 98/2005	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago. Requiere autorización.	
Parque Natural Sierra María-Los Vélez	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 191/2005	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
Parque Natural de la Breña Marismas del Barbate	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 192/2005	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago. Requiere autorización.	
Parque Natural del Estrecho	Andalucía	PRUG; Decreto 262/2007	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago. Requiere autorización.	
Parque Natural Sierra Nevada	Andalucía	PORN y PRUG; Decreto 238/2011	Compatible en lugares designados. Sujeta a autorización cuando se realicen fuera de los lugares designados.	
* Paraje Natural Sierra Pelada y Ribera del Aserrador	Andalucía	PORN: Decreto 172/2016	No se permiten otras actividades de uso público distintas de las autorizadas expresamente, entre las que no está el vuelo sin motor (aunque no lo prohíbe expresamente)	
Parque Natural de las Ubiñas - La Mesa	Asturias	PRUG: Decreto 40/2011	No permitido en general pero parapente excepcionalmente permitido en 3 despegues con zonas de vuelo definidas	No permitido sobrevuelo a menos de 1000m

**Tabla 1.** (continuación):

Espacio	C.A.	Norma	Vuelo libre	Vuelo a vela
Paraje Natural Serra de Tramuntana	Baleares	PORN: Decreto 19/2007	Autorizable excepto en zonas de exclusión	-
Parque Natural Arribes del Duero	Castilla León	PORN: Decreto 164/2001	Prohibido el sobrevuelo de cualquier tipo de aeronave a menos de 1000m, pero se comenta que se podrán dictar normas particulares para deportes aéreos	
* Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama (Segovia y Ávila)	Castilla León	PORN: Decreto 4/2010	Se podrán dictar normas particulares. Altura mínima de 1000 pies sobre el terreno (305 m) en Zonas de Uso Limitado de Cumbres y Zonas de Uso Limitado Especial.	
* Parque Natural Lago de Sanabria y alrededores	Castilla León	PORN: Decreto 62/2013	Prohibido el sobrevuelo de aeronaves a menos de 1000 m. Vuelo libre requeriría informe previo favorable.	
* Parque Natural Batuecas-Sierra de Francia	Castilla y León	PORN: Decreto 141/1998	En las zonas de reserva, prohibido el sobrevuelo a menos de 1000 m sobre el terreno. Deportes aéreos autorizables (se podrán dictar normas particulares).	
Parque Natural de la Serranía de Cuenca	Castilla La Mancha	PORN: Decreto 99/2006	Deportes aéreos se consideran autorizables	
* Parque Natural de Cornalvo	Extremadura	PRUG: Orden de 22 de enero de 2009	Se podrán establecer limitaciones justificadas para la utilización del espacio aéreo a menos de 1000 metros sobre la vertical de la cota máxima del espacio	
* Zona de Interés Regional Sierra de San Pedro	Extremadura	PRUG: Orden de 2 de octubre de 2009	Entre 15 de enero y 15 de septiembre, las zonas de uso restringido y limitado solo se pueden sobrevolar a más de 1000m	
Zona de Interés Regional Embalse de Orellana y Sierra de Pela	Extremadura	Orden de 28 de diciembre de 2012	Se podrán establecer limitaciones justificadas para la utilización del espacio aéreo a menos de 1000 metros sobre la vertical de la cota máxima del espacio. Se requiere autorización para volar a menos de 300 m sobre la vertical de la cota máxima del espacio	
Parque Natural del Monte Aloia	Galicia	PRUG: Decreto 65/2009	Se necesita autorización expresa para volar a menos de 1000m de altitud.	
* Sierra de Guadarrama (en Madrid)	Madrid	PORN: Decreto 96/2009	Prohibido en Zonas de Reserva, permitido sobrevuelo en resto. Despegue y aterrizaje permitido o no, dependiendo de zonificación.	Con cotas mínimas de 3000, 2000 ó 500 m AGL según zonas
* Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara	Madrid	Acuerdo de 22 de mayo de 2003	Permitido siempre y cuando sea a más de 300 metros sobre la vertical del terreno en las áreas de nidificación de especies protegidas	
* Espacio Protegido Red Natura 2000 "Cuencas y Encinares de los ríos Alberche y Cofio"	Madrid	Plan de Gestión: Decreto 36/2010	Compatible, excepto en épocas sensibles: incompatible de febrero a julio, ambos inclusive	Se someterá a limitaciones el sobrevuelo en zonas y épocas sensibles
Parque Natural de Urbasa y Andara	Navarra	Decreto Foral 267/1996;	Parapente permitido en las zonas habilitadas para ello	-
Parque Natural de Aiako Harria	País Vasco	PRUG: Decreto 87/2002	Se permite, pudiéndose regular restrictivamente en un futuro, caso de surgir conflictos con respecto a la protección del medio o a otros usos	
Parque Natural del Carrascal de la Font Roja	C.Valenciana	PORN y PRUG: Decreto 121/2004	Permitido el despegue en 1 punto y con aterrizaje fuera del espacio. Con limitación de aparatos en vuelo	-
Parque Natural de la Serra Gelada y su zona litoral	C.Valenciana	PORN: Decreto 58/2005	Despegue sometido a autorización	-
Parque Natural de la Sierra Calderona	C.Valenciana	PRUG: Decreto 46/2006	Permitido con cota mínima de 300 metros sobre el terreno en las áreas de nidificación de especies protegidas	
Parque Natural de la Serra de Mariola	C.Valenciana	PRUG: Decreto 79/2007	Permitido el despegue en 1 zona y con aterrizaje fuera del espacio. Con limitación de aparatos en vuelo. Prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas	-

Soto-Largo *et al.* (2013, p. 117) resumen la regulación de los espacios reflejados en la tabla 1:

*“En su conjunto, con mayor o menor detalle, dependiendo de la fecha de publicación, se establecen las siguientes medidas de regulación de la actividad deportiva del Parapente y Ala Delta:*

1. *Se restringen a periodos fuera de época de nidificación o cría de fauna.*
2. *Se prohíben en zonas con especies del Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.*
3. *Se prohíbe en las zonas por protección de especies silvestres y hábitat.*
4. *Se establece la posibilidad del cierre de áreas de despegue y aterrizaje por motivos de conservación.*
5. *Se prohíbe despegar, sobrevolar o aterrizar a menos de 500 metros de zonas sensibles de nidificación de aves rapaces.*
6. *Se establecen fechas de vuelo fuera de las de nidificación de aves rapaces.*
7. *Se limita el número de equipos (parapentes o ala delta) en el despegue y en vuelo.*
8. *Se estudia el uso de plataformas para evitar la degradación del suelo en las zonas de despegue.*
9. *Se establecen normas para los vehículos de apoyo.*
10. *Se deriva la regulación a otros planes de gestión del espacio natural”.*

**Tabla 2.** Planes de conservación de especies amenazadas que prohíben o regulan la actividad en el entorno de zonas nidificación o áreas críticas (modificado de Soto-Largo *et al.* 2013, p.118):

Plan de Recuperación del quebrantahuesos ( <i>Gypaetus barbatus</i> ); Decreto 45/2003	Aragón	Se propone como directriz: asegurar cota mínima 1000 m sobre nidos para todo tipo de aeronaves
Plan de Recuperación del águila-azor perdicera ( <i>Hieraetus fasciatus</i> ); D. 326/2011	Aragón	Se propone como directriz: asegurar cota mínima 1000 m sobre nidos para todo tipo de aeronaves
Plan de Manejo del Alimoche Común ( <i>Neophron percnopterus</i> ); Decreto 135/2001	Asturias	Se propone regular de marzo a julio el vuelo libre y parapente mediante señalización e información de las prohibiciones pertinentes
Plan de Conservación del Águila Real ( <i>Aquila chrysaetos</i> ); Decreto 137/2001	Asturias	Se propone regular de marzo a julio el vuelo libre y parapente mediante señalización e información de las prohibiciones pertinentes
Plan de Manejo del Halcón Peregrino ( <i>Falco peregrinus</i> ); Decreto 150/2002	Asturias	Se propone regular en las áreas críticas, entre el 15 de febrero y 30 de junio, el vuelo libre y parapente mediante señalización e información de las prohibiciones pertinentes
Plan de Recuperación del Guirre ( <i>Neophron percnopterus</i> ); Decreto 183/2006	Canarias	Se considera que pueden ser motivo de molestia las actividades que se realicen en un radio de 500 metros alrededor de los territorios de nidificación, agregación nocturna y alimentación, particularmente si éstas se desarrollan durante el período crítico. Parapente y ala-delta se consideran como actividades que pueden causar molestias en las cercanías de los nidos.

Soto-Largo *et al.* (2013, p. 118) comentan respecto a los planes reflejados en la tabla 2:

*“Establecen las siguientes actuaciones:*

1. *Una cota de vuelo permitido sobre la vertical de los sectores de nidificación.*
2. *Informar a la Dirección General de Aviación Civil para establecer áreas de exclusión temporal y limitación de vuelo en las cartas de navegación.*
3. *Contactos con responsables, asociaciones, federaciones y escuelas deportivas con objeto de informar de la regulación establecida.*
4. *Regulan las actividades en áreas críticas o zonas sensibles.*
5. *Fechas de limitación de uso.*
6. *Señalización de áreas críticas”.*

**Tabla 3.** Parques Naturales españoles que prohíben alguna modalidad de vuelo sin motor (o establecen una altura mínima de sobrevuelo) en todo su espacio aéreo (modificado de Soto-Largo *et al.* 2013, p.117); con \* los que tienen poblaciones reproductoras de buitre negro y/o águila imperial:

Espacio	C.A.	Norma	Vuelo libre	Vuelo a vela
Parque Natural del Alto Tajo	Castilla La Mancha	PORN: Decreto 204/1999	Incompatibles	
Parque Natural del Barranco del río Dulce	Castilla La Mancha	PORN: Decreto 47/2002	Incompatibles	
* Parque Natural del Valle de Alcudia y Sierra Madrona	Castilla La Mancha	PORN: Decreto 214/2010	Incompatibles	
* Reserva Natural del Valle de Iruelas	Castilla y León	PORN: Decreto 57/1996	Prohibido sobrevuelo a menos de 1000 m sobre el terreno (incluidos parapentes, ala-delta)	
Reserva Natural Integral de Inagua	Canarias	PLAN DIRECTOR: Resolución de 19 de abril de 2010	Prohibidos	
Parque Natural de Urkiola	País Vasco	PRUG: Decreto 111/2006	No permitido	-
Parque Natural del Penyal D'ifac	C. Valenciana	PRUG: Decreto 260/1993	Prohibido	-
* Parque Natural Tajo Internacional	Extremadura	PRUG: Orden de 25 de marzo de 2015	Prohibido el sobrevuelo a menos de 3000 m de altura	

**Tabla 4.** Regulación del vuelo sin motor de los Parques Nacionales españoles con PRUG. Como se ha comentado, la Ley 30/2014 de Parques Nacionales, considera como actividad incompatible el sobrevuelo a menos de 3.000 metros de altura sobre la vertical del terreno (con la excepción de Guadarrama). A modo de referencia, en esta tabla puede verse que en los PRUGs de algunos de estos espacios (aprobados con anterioridad a la citada Ley), se regulaba el sobrevuelo y/o específicamente el vuelo sin motor.

Parque Nacional	PRUG	Regulación
Doñana	Decreto 48/2004	Incompatible: el sobrevuelo del Parque a una altura inferior a 6.000 pies (1829 m). Incompatible: la práctica de aeromodelismo, paracaidismo, ala delta, globo aerostático, parapente y similares.
Archipiélago de Cabrera	Decreto 58/2006	Incompatible: El vuelo en ala delta, parapente, ultraligero, globos, etc.
Timanfaya	R. Decreto 1621/1990	Prohibido: El vuelo en ala delta y ultraligeros, globos, etc.
Caldera de Taburiente	Decreto 27/2005	Incompatible: aparatos de control remoto (cometas, aeromodelismo, etc.), el vuelo en ala delta, parapente, ultraligeros, globos, etc.
Aigüestortes	Decreto 39/2003	Prohibido: el aterrizaje de aeronaves y el sobrevuelo del espacio aéreo de avionetas, veleros, ultraligeros, helicópteros y artefactos sin motor, como globo, alas delta, parapente y similares.
Teide	Decreto 153/2002	No permitido: con carácter general ninguna modalidad (ala delta, parapente, globo o similares) en el ámbito del Parque Nacional, salvo parapente en el km 33, de la carretera TF-24 en dirección al Valle de La Orotava (se despega hacia fuera del Parque, de forma que apenas se sobrevuela).
Ordesa y Monte Perdido	Decreto 49/2015	Sobrevuelo con aeronaves sin motor: en el sector A, es incompatible por debajo de 4100 msnm (752 m sobre la cima más alta del parque) y en el sector B es incompatible por debajo de 3200 msnm. Además se prohíbe aterrizar y sobrevolar a menos de 1000 m sobre los Monumentos Naturales de los Glaciares pirenaicos del macizo de Viñamala y de la Munia (en la ZPP).
Monfragüe	Decreto 13/2014	Incompatible el sobrevuelo a menos de 3.000 metros de altura.

Sierra Nevada	<u>Decreto 238/2011</u>	Incompatible: vuelo libre y globo aerostático en las Zonas de Reserva y Zonas de Uso Restringido. En el resto de zonas, ala delta y parapente se consideran compatibles cuando se realicen en los lugares previamente designados por la Consejería competente.
Garajonay	R. Decreto 1531/1986	Sancionables: el "vuelo delta", así como aquellas actividades no especificadas en el PRUG, y que no hayan sido objeto de informe favorable del Patronato.

**Tabla 5.** Resumen de regulación del vuelo sin motor en espacios naturales protegidos donde hay colonias reproductoras de buitre negro:

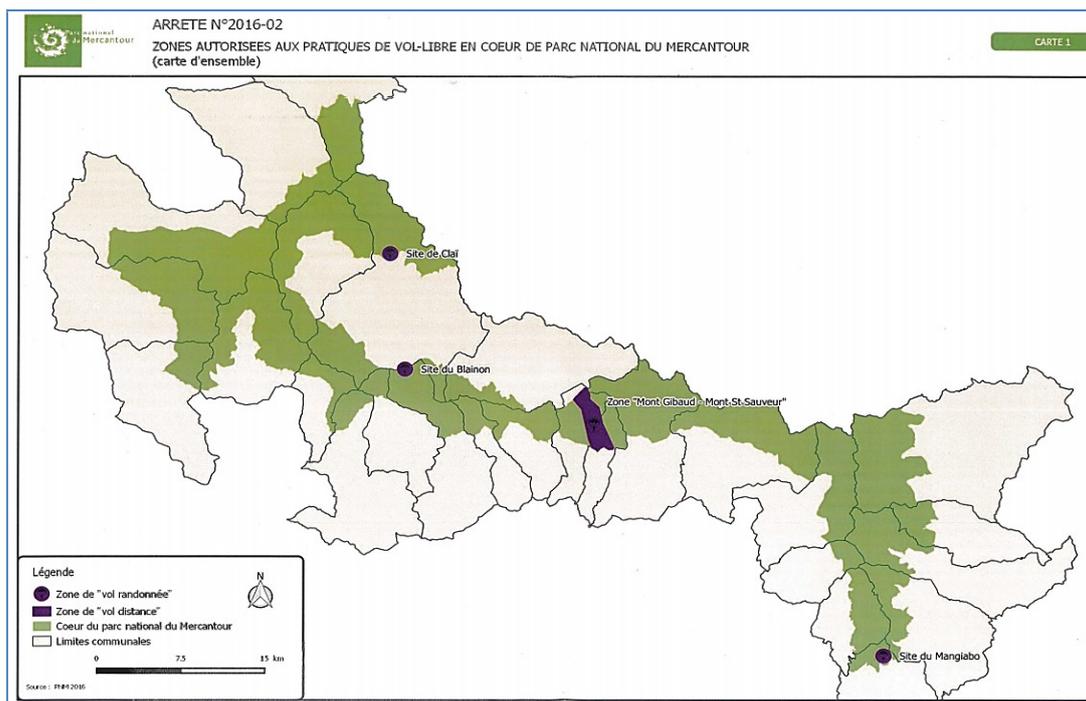
ENP	CCAA	Norma	Vuelo libre	Vuelo a vela
Parque Natural Sierra de Andújar	Andalucía	PORN y PRUG: Decreto 354/2003	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces, un muladar y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
Parque Natural Sierra de Hornachuelos	Andalucía	PORN y PRUG: Decreto 252/2003	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	
Parque Natural Sierra Norte de Sevilla	Andalucía	PORN y PRUG: Decreto 80/2004	Prohibido en zonas de reserva A; compatible en el resto, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.	Compatible, prohibido a menos de 500m a nidos de rapaces y zonas excluidas, entre 1 dic-31 ago.
Paraje Natural Sierra Pelada y Ribera del Aserrador	Andalucía	PORN: Decreto 172/2016	No se permiten otras actividades de uso público distintas de las autorizadas expresamente, entre las que no está el vuelo sin motor (aunque no lo prohíbe expresamente)	
Paraje Natural Serra de Tramuntana	Baleares	PORN: Decreto 19/2007	Autorizable excepto en zonas de exclusión	-
Reserva Natural Valle de Iruelas	Castilla y León	PORN: Decreto 57/1996	Prohibido sobrevuelo a menos de 1000 m sobre el terreno (incluidos parapentes, ala-delta)	
Parque Natural Batuecas-Sierra de Francia	Castilla y León	PORN: Decreto 141/1998	En las zonas de reserva, prohibido el sobrevuelo a menos de 1000 m sobre el terreno. Deportes aéreos autorizables (se podrán dictar normas particulares).	
Parque <u>Nacional</u> de la Sierra de Guadarrama (en Cyl) y Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama	Castilla y León	PORN: Decreto 4/2010	Se podrán dictar normas particulares. Altura mínima de 1000 pies sobre el terreno (305 m) en Zonas de Uso Limitado de Cumbres y Zonas de Uso Limitado Especial.	
Parque <u>Nacional</u> de la Sierra de Guadarrama (en Madrid)	Madrid	PORN: Decreto 96/2009	Prohibido en Zonas de Reserva, permitido sobrevuelo en resto. Despegue y aterrizaje permitido o no, dependiendo de zonificación.	Con cotas mínimas de 3000, 2000 ó 500 m AGL según zonas
Parque Natural Valle de Alcudia y Sierra Madrona	Castilla la Mancha	PORN: Decreto 214/2010	Incompatibles	Incompatible
Zona de Interés Regional Sierra de San Pedro	Extremadura	PRUG: Orden de 2 de octubre de 2009	Entre 15 de enero y 15 de septiembre, las zonas de uso restringido y limitado solo se pueden sobrevolar a más de 1000 m	
Parque Natural Tajo Internacional	Extremadura	PRUG: Orden de 25 de marzo de 2015	Prohibido el sobrevuelo a menos de 3000 m de altura	
Parque <u>Nacional</u> de Monfragüe	Extremadura	PRUG: Decreto 13/201	Sobrevuelo incompatible el sobrevuelo a menos de 3000 metros de altura.	

No se ha incluido el Parque Nacional de Cabañeros por estar su PRUG en tramitación, aunque en el borrador de 4-abril de 2016, sometido a información pública, se prohibía el sobrevuelo a menos de 2.150 m sobre el nivel del mar.

### Conclusiones:

Debido a la restricción general al sobrevuelo, el *vuelo sin motor* (a las altitudes normales para esta práctica) es considerado incompatible con los objetivos de los Parques Nacionales españoles. El *vuelo libre* está permitido en algunos parques nacionales extranjeros, pero hay que señalar que la figura de “*parque nacional*” es muy diversa y aunque existen criterios internacionales para su clasificación (como los de la UICN), en la práctica, “*parque nacional*”, “*parque natural*”, “*reserva*”, etc., no significan lo mismo en distintos países. A nivel internacional, muchos de los espacios que no prohíben la actividad tienen figuras similares a la de los parques naturales españoles.

También hay ejemplos de parques nacionales *asimilables a los españoles* que permiten el vuelo sin motor, como *Mercantour* en Francia, donde se permite saltar desde 3 puntos de la periferia del corazón del Parque y con unas condiciones bastante acotadas (ver figura 1).



**Figura 1.** Extraída de *Parc National du Mercantour* (2016b). Zonas permitidas para el salto con parapente y ala-delta en el Parque Nacional de Mercantour (Francia). Hay tres puntos de despegue para vuelo de descenso que se sitúan en los límites del corazón del Parque y desde los que se permite sobrevolar una pequeña superficie muy acotada y a alturas superiores a los 300 m sobre el terreno. En vuelo de distancia solo se puede cruzar el parque por la banda que se ve en el centro del plano. El *vuelo a vela* estaba permitido en un sector del Noroeste del Parque, pero en 2016 se prohibió el sobrevuelo en velero a menos de 1000 m, en toda la superficie del corazón del parque (debido al establecimiento de dos nuevas parejas de quebrantahuesos y a las frecuentes infracciones registradas por sobrevuelos de la zona adyacente al sector hasta entonces permitido, donde incluso se produjo alguna colisión con buitres leonados; *Parc National du Mercantour* (2016a).

En otros casos internacionales, en los que se permite el *vuelo libre* dentro de parques nacionales, es frecuente que se trate de zonas que se protegieron cuando ya eran puntos populares para esta práctica (como el *Table Mountain National Park* de Sudáfrica, mencionado en la documentación presentada durante el proceso de alegaciones).

En resumen, hay gran variedad normativa sobre la actividad, desde las regulaciones más permisivas a las más restrictivas, dependiendo normalmente:

- del tipo de espacio protegido, y su nivel de protección (Parque Natural o Nacional).
- del grado de desarrollo de la normativa (PORN y/o PRUG) así como antigüedad de esta.
- de la presencia de valores sensibles al sobrevuelo (y su estatus de conservación).
- y de la existencia anterior de esta práctica recreativa en cada espacio.

En todo caso, la mayoría de las normativas que regulan esta actividad, consideran periodos y áreas sensibles en torno a los nidos de rapaces, que suelen variar entre los 500 y los 1000 metros, dependiendo de la especie afectada. En estas zonas normalmente, o bien se prohíbe el sobrevuelo (durante todo el año o solo en las épocas de mayor sensibilidad), o bien se establecen cotas de altura mínima (que también pueden estar vigentes todo el año o solo en ciertas épocas).

Sin embargo, hay que señalar que no está claro que las limitaciones en altura de vuelo sean muy prácticas. Por ejemplo, según la monografía de Weber & Schnidrig-Petrig (1997) sobre la compatibilidad del *vuelo Libre* con la conservación de la fauna alpina: *las limitaciones de altura mínima solo contribuyen muy débilmente a resolver la problemática porque:*

- a) son difíciles de controlar,*
- b) no pueden ser elegidas a voluntad por los pilotos y*
- c) no son muy útiles para la fauna si son menores de 600 m sobre el terreno.*

Esta monografía formaba parte de los anexos de documentación presentados durante el proceso de alegaciones. Sus autores consideran el *vuelo libre* compatible con la conservación de la fauna, pero (basándose en la experiencia acumulada en los Alpes suizos) estiman más útil y preferible la definición de zonas no sobrevolables.

En cuanto a los 14 espacios protegidos españoles donde existen colonias de cría de buitre negro, en 2 no está permitido el vuelo sin motor, en 4 está prohibido por debajo de cierta altura mínima (entre 1000 metros y 3000 metros), mientras que en el resto se considera compatible o autorizable, pero con algunas consideraciones: en 2 se prohíbe sobrevolar ciertas zonas, en otros 2 se establecen alturas mínimas de sobrevuelo permanentes sobre áreas sensibles (de 305 ó 1000 m), y en los 4 restantes se establecen alturas mínimas sobre algunas zonas (de 500 ó 1000 m), pero que solo afectan a un periodo del año coincidente con los periodos sensibles de cría de aves rapaces (ver tabla 5). Seis de estos espacios con colonias de buitre negro tienen PORN y PRUG, mientras que el resto solo cuentan con PORN. Tres son Parques Nacionales, de los cuales solo Monfragüe cuenta con PRUG, estando en tramitación en Guadarrama y Cabañeros.

## 4. Revisión bibliográfica sobre impactos

### 4.1. Posibles impactos del vuelo sin motor en el medio natural

Los impactos que el *vuelo sin motor* podría tener sobre el medio natural se pueden dividir en dos categorías principales. La primera categoría sería exclusiva del *vuelo libre*, mientras que los de la segunda podrían ser provocados también por el sobrevuelo de *veleros*.

#### a) Impactos directos sobre el sustrato y la vegetación:

-*En el acceso a pie*: siempre y cuando se realice a través de las sendas autorizadas, sería el mismo que el de cualquier otro senderista, por lo que no se considera que este impacto deba ser tenido en cuenta.

-*En el acceso en vehículo*, si se da a lo largo de pistas donde esté permitido el acceso a vehículos, tampoco se debería considerar. Sí que debería tenerse en cuenta el posible impacto de las eventuales zonas de aparcamiento.

-*En el punto de despegue*. Se han reportado efectos sobre la vegetación (Roubault *et al.* 2003), por lo que debería asegurarse que el impacto puntual que se produzca en la zona de despegue no afecte significativamente a poblaciones vegetales con alto valor de conservación.

#### b) Impactos sobre el comportamiento de la fauna:

Las actividades humanas en el medio natural provocan *cambios de comportamiento en la fauna* que pueden elevar los costes energéticos (por interrupción de la alimentación o aumento del tiempo dedicado a la vigilancia; Fernández-Juricic & Tellería, 2000) y/o los costes reproductivos (mediante, por ejemplo, una disminución del tiempo dedicado a los cuidados a la descendencia) (Remacha, 2010).

En los siguientes apartados, primero se comentan los impactos que el uso recreativo (en general) tiene sobre la fauna y después se concretan los resultados de algunos estudios que analizan el efecto del sobrevuelo de aeronaves sobre dos grupos faunísticos considerados particularmente sensibles.

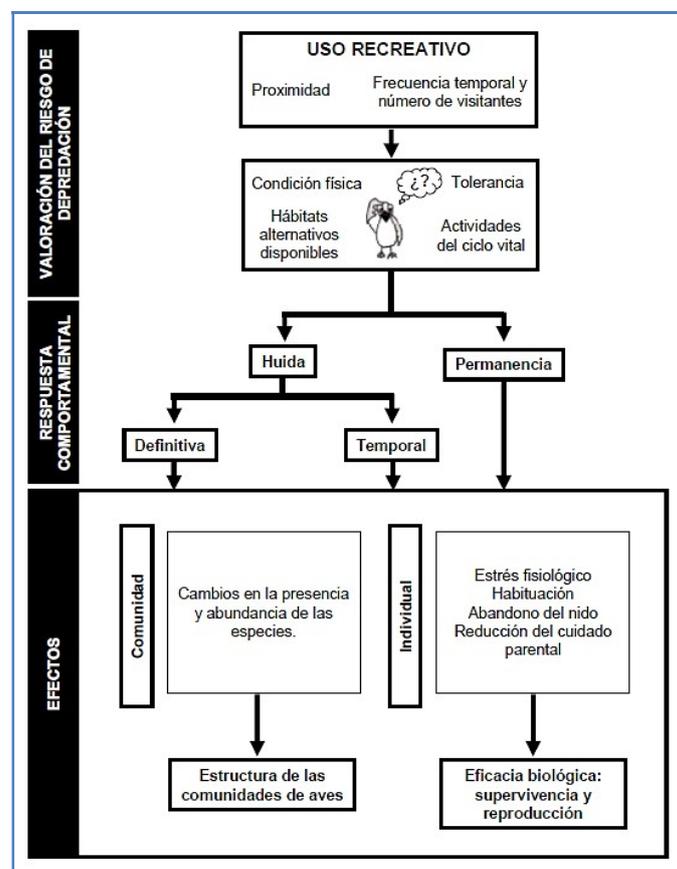
### 4.2. Efectos del uso recreativo sobre la fauna

En algunas especies generalistas puede darse una atracción hacia zonas donde se realicen actividades recreativas (Remacha, 2010), como en el caso, por ejemplo, de los córvidos en las montañas alemanas (Storch & Leidenberger, 2003).

Pero en la mayoría de especies animales, la presencia humana genera una reacción similar a la que produce la presencia de depredadores, provocando la *respuesta de huida* tras la correspondiente valoración de riesgos (ver Figura 2). El impacto de estas reacciones sobre los parámetros que puedan comprometer la salud de las poblaciones y en última instancia, determinar la presencia o ausencia de una especie en un determinado lugar, depende del carácter de la especie, de la tolerancia y condición física de los individuos

perturbados, de la cantidad de individuos de la población que se ven afectados, de la frecuencia de la perturbación, de su predictibilidad (espacial y temporal), del tipo de perturbación (sonora, visual...), de la actividad que estén desarrollando los animales en el momento de la perturbación, de la superficie de hábitat alternativo que tengan disponible, etc.

Como señala Remacha (2010, p. 20): “los efectos de estos comportamientos pueden ser detectados a nivel de la comunidad (cuando se producen cambios en la presencia y abundancia de las especies) o a nivel individual (cuando implican la interrupción de las actividades que los individuos estuvieran llevando a cabo, en cuyo caso pueden tener consecuencias importantes sobre su eficacia biológica)”.



**Figura 2.** Extraída de Remacha (2010, p.20): “El comportamiento de las aves (y de otros animales) ante una perturbación humana puede variar ampliamente, produciéndose desde una aparente ausencia de respuesta hasta el abandono del área perturbada”.

A nivel fisiológico, según Price (2008) los “niveles altos de perturbación pueden activar la respuesta de stress y la activación prolongada del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (eje HHA) asociada con enfermedades agudas y crónicas” [p. 165, traducido]. Y comenta también que “niveles crónicamente altos de glucocorticoides conducen al agotamiento de las reservas de energía,... generando mala condición corporal, que puede llegar a afectar a los parámetros reproductivos y poblacionales” [p. 166, traducido]. Por ejemplo, Thiel (2007) comprobó la relación entre molestias debidas al uso público y estrés fisiológico en urogallos (*Tetrao urogallus*).

Se han descrito también efectos sobre el éxito reproductivo en aves, que generalmente se explican por interrupciones en la incubación o el aporte de alimentos a los pollos (por ejemplo: Glądalski *et al.* 2016). Remacha (2010), encontró que los pollos de herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*) que nacían durante días festivos en un merendero, crecieron más lentamente, alcanzaron menor peso, tamaño y condición física, y mostraron mayor variación en el peso, con respecto a sus hermanos que iniciaban su desarrollo en días laborables. En el caso del águila imperial (*Aquila adalberti*), Margalida *et al.* (2008) detectaron que las molestias humanas fueron la segunda causa de fracaso más frecuente en la especie (28,6% de los casos de causa conocida entre 1988 y 2004) y también que hay una correlación negativa significativa entre el tiempo de interrupción medio de la incubación y el éxito reproductor.

Los efectos sobre la adecuación del hábitat, las poblaciones y en la composición de las comunidades faunísticas de un determinado espacio están bien documentados (Fernández-Juridic, 2000; Remacha, 2010; Rösner *et al.* 2013), de forma que niveles de molestias crecientes provocan la simplificación de las comunidades hacia subconjuntos dominados por las especies más generalistas, así como el desplazamiento de las especies más sensibles hacia los fragmentos menos perturbados (Fernández-Juridic, 2002).

Por ejemplo, Bautista *et al.* (2003), estudiaron la presencia de rapaces en el entorno de una carretera que tenía más tráfico los fines de semana que los días laborables. Detectaron que los fines de semana, los buitres negros, leonados y águilas imperiales se observaban con menor frecuencia en las proximidades de la carretera, restringiendo su actividad a las áreas remotas y poco transitadas (mientras que no hubo un efecto significativo en las restantes 6 especies consideradas, todas ellas rapaces de menor tamaño).

Por otro lado, la fauna puede habituarse hasta cierto punto a algunos usos humanos repetitivos y que no produzcan peligro real. Los animales aprenden que no hay qué temer y aparentemente ignoran el estímulo (ahorrando los costes de una huida innecesaria). Según Price (2008) la habituación parcial a las molestias humanas se ve favorecida por las presencias repetitivas y predecibles. Sin embargo esta misma autora comenta que no se debe dar por sentada la habituación, ya que hay especies que de hecho no se habitúan. Por ejemplo, Thiel *et al.* (2007) detectaron un efecto de la intensidad de las actividades recreativas sobre la distancia de huida de los urogallos, de manera que huían desde más lejos en zonas frecuentemente perturbadas por senderistas y cazadores. Fernández-Juridic (2002) encontró que se daban procesos de pérdida de especies de aves comunes en parques urbanos de la ciudad de Madrid asociados a la intensidad del uso público. Y esto ocurría a pesar de que las especies del estudio son tolerantes y sus poblaciones urbanas están presumiblemente compuestas por individuos habituados. Por otro lado, hay especies que aunque se habitúen parcialmente, no llegan a perder el miedo del todo (con lo que los efectos negativos de la presencia humana a nivel fisiológico podrían seguir operando). Y la habituación puede tener otros efectos perniciosos, como en el caso de los osos pardos americanos habituados a la presencia humana, que a la postre son los que tienen mayor probabilidad de ser tiroteados (Price, 2008).

#### 4.3. Efectos del sobrevuelo de aeronaves en la fauna

Aunque no hay certidumbre científica acerca de la existencia de impacto negativo del *vuelo sin motor* sobre los valores ambientales presentes en el Parque Nacional de Guadarrama, tampoco hay certidumbre sobre lo contrario. Hay que considerar que en Guadarrama existen *valores de conservación* que no se encuentran

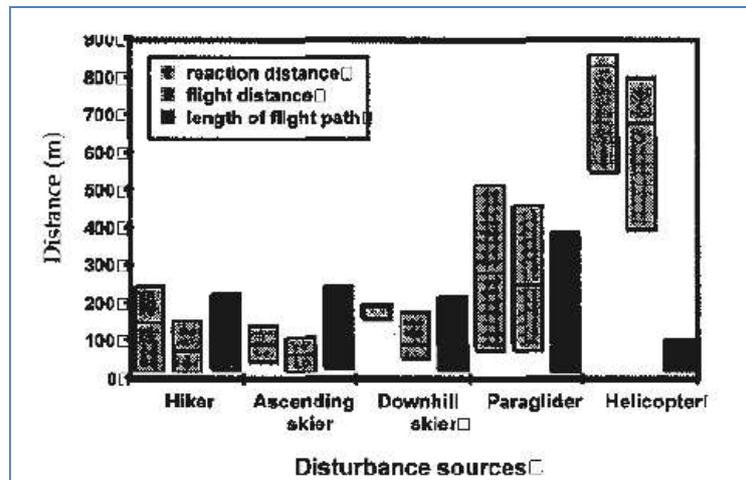
en otras zonas de Europa con mayor tradición de *vuelo sin motor*, por lo que las comparaciones deben hacerse con cuidado (por ejemplo, no existen grandes colonias de cría de rapaces forestales en las zonas montañosas de los Alpes donde más se ha estudiado esta problemática). Y es que la mayoría de estudios científicos que evalúan el posible efecto sobre la fauna del *vuelo sin motor*, provienen de Centroeuropa y se refieren a especies que no están presentes en el Sistema Central, como el rebeco (*Rupicapra rupicapra*) o el íbice (*Capra ibex*).

Sin embargo, se ha considerado interesante realizar una búsqueda de literatura científica que trate el tema del impacto sobre la fauna (de la aeronáutica en general y del *vuelo sin motor* en particular), porque ante la escasez de información directa sobre las especies de Guadarrama, la existencia de efectos comprobados sobre otras especies debería tenerse en cuenta en una gestión que aplicase de forma ponderada el principio de precaución.

#### - 4.3.1. *Efectos del sobrevuelo de aeronaves en los ungulados*

Se ha constatado que los ungulados de alta montaña pueden ser sensibles al paso de aeronaves. Según Roubault, *et al.* (2003) generalmente, los ungulados parecen no responder al paso de aparatos voladores motorizados, siempre que vuelen a distancias suficientemente grandes. MacArthur *et al.* (1982, citado en Knight & Cole, 1995), no registraron cambios en el ritmo cardiaco de los Carneros de las Rocosas (*Ovis canadensis*) en respuesta al paso de aeronaves a distancias superiores a los 400 metros. Sin embargo, cuando un helicóptero pasaba directamente sobre ellos a alturas entre 90 y 250 metros, el ritmo cardiaco de los animales se incrementaba de 2 a 3 veces. Este estudio detectó mayores reacciones ante la aparición de senderistas que ante el paso de aeronaves.

- Bögel & Härer (2002) cuantificaron la respuesta etológica de los rebecos alpinos ante las molestias de origen humano, en un Parque Nacional alemán. Las molestias producidas por aeronaves (vuelo libre, aviones y helicópteros) provocaron reacciones de mayor intensidad que cuando el origen de la perturbación provenía del suelo. Y en áreas remotas la respuesta fue mayor que en zonas frecuentes perturbadas (lo que indica cierta habituación). Observaron que el vuelo motorizado fue el que tuvo mayor impacto, seguido del vuelo sin motor y los esquidores en descenso. Las reacciones más débiles las produjo el paso de excursionistas y esquidores en sentido ascendente (ver Figura 3). Encontraron que la predictibilidad espacial y temporal de las actividades potencialmente impactantes es importante. Para la gestión del flujo de visitantes, su estudio sugiere que los usuarios deberían ir solo por las rutas establecidas y que se deberían restringir los sitios de despegue para parapentistas, estableciendo una altura mínima de vuelo sobre el suelo. Sugieren 300 metros como guía práctica (aunque señalan que esta altura correspondería al 75% de la distancia de huida observada para las molestias por sobrevuelo, por lo que los individuos más sensibles seguirían asustándose). Comentan también que los vuelos motorizados deberían restringirse a los de rescate y manteniendo una altitud de vuelo lo mayor posible.



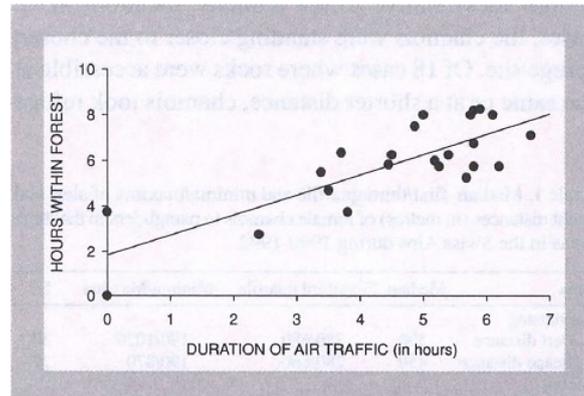
**Figura 3.** Extraída de Bögel & Härer (2002, p.69). *Influencia del tipo de molestia en la respuesta de los rebecos (se representan medianas y percentiles al 95%).* Según esta figura, la distancia de reacción a los parapentes (“Paraglider”) fue de 75-500 m (mediana de unos 300 m) y la distancia de huida varió entre 75-475 m (mediana de unos 250 m), recorriendo hasta 400 metros tras la perturbación. Los helicópteros provocaron reacción a mucha más distancia pero recorridos de huida menores.

Estos autores no estudiaron la relación entre las molestias observadas y la condición física de los rebecos, pero otros trabajos sí que permiten relacionar perturbaciones y repercusiones fisiológicas. Por ejemplo, Zwijacz-Kozika *et al.* 2013, evaluaron el efecto de molestias en general (sin distinguir el origen de estas) sobre los rebecos de un parque nacional polaco con un uso turístico muy elevado (3 millones de visitantes al año); comprobaron los metabolitos indicadores del estrés en las heces de los animales, encontrando niveles significativamente más altos y variables en zonas con mayor perturbación turística. Los niveles de estrés aumentaron con el número de visitantes y por lo tanto mostraron un pico en verano.

- Por su parte, Boldt & Ingold (2005), no encontraron un efecto significativo del paso de aeronaves sobre los movimientos altitudinales de rebecos radio-marcados (aunque atribuyeron este resultado a que los vuelos eran poco frecuentes en el área de estudio, y a que normalmente los parapentistas de la zona no volaban muy pegados al terreno).

Schnidrig-Petrig & Ingold (2001) evaluaron los efectos del *vuelo en parapente* sobre hembras de rebeco en 4 zonas de los Alpes suizos con distintos niveles de uso por parte de parapentistas. Los animales se refugiaban en zonas boscosas cuando detectaban los parapentes desde grandes distancias (en las distintas zonas las medianas de las *distancias de alerta* variaron entre 460 y 780 metros; y las medianas de las *distancias de huida* entre 410 y 780 m). La distancia de huida fue mayor cuando el parapente aparecía en una cota superior y fue menor cuando los rebecos estaban cerca de bosques refugio. En zonas con sobrevuelos regulares, los rebecos se desplazaban lejos y eventualmente se escondían en el bosque, permaneciendo refugiados más tiempo cuanto mayor era la duración del tráfico aéreo (ver figura 4). En zonas con sobrevuelos poco frecuentes, estuvieron refugiados en el bosque por más de 4 horas después de que un único parapente los sobrevolara. Y en zonas sin sobrevuelos, los rebecos permanecían en roquedos y pastizales todo el día (sin desplazarse a zonas boscosas). Los autores comentan que con las mejoras

técnicas, los vuelos en parapente pueden ser cada vez más largos y permiten a los deportistas adentrarse en nuevas zonas antes inaccesibles. También enumeran varias características del parapente que lo hace más impactante en el caso del rebeco: puede girar fácilmente y volar cerca de las laderas montañosas, de forma más o menos silenciosa, lentamente y permaneciendo en la misma zona por largos periodos de tiempo. De hecho, comentan que los rebecos raramente reaccionan al paso de reactores militares de vuelo rápido.

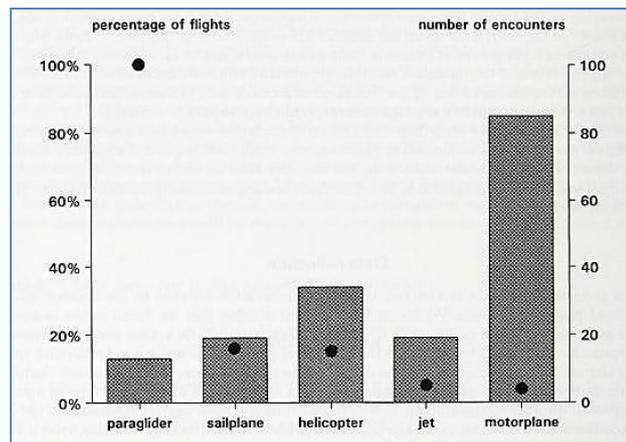


**Figura 4.** Extraída de Schnidrig-Petrig & Ingold (2001, p. 290): *Relación entre la duración del tráfico aéreo (fuera de ruta normal) y el tiempo en que los rebecos permanecen refugiados en el bosque.*

Eggist-Düblin & Ingold (2003) en Suiza y trabajando también con rebecos, compararon los efectos del senderismo y el parapente. Estimaron el impacto producido, midiendo la pérdida de tiempo y de superficie de alimentación que generaba cada actividad. Aunque el número de excursionistas por hora era mucho mayor que el de parapentistas (y además los excursionistas aparecían antes en la mañana), en días en que excursionistas y parapentes estaban presentes, las pérdidas de tiempo de alimentación debido a encuentros con parapentes fueron aproximadamente 5,5 veces mayores y las pérdidas de superficie de alimentación 75 veces mayores, que las pérdidas debidas a encuentros con excursionistas (y esto era así porque tras las molestias aéreas, los rebecos tardaban más en volver a su actividad normal). Estos autores, consideran que las diferencias observadas se debieron a que el efecto de los senderistas dependía de la red de senderos, mientras que los parapentes podían aparecer en cualquier sitio de manera impredecible.

Szemkus *et al.* (1998) evaluaron el comportamiento de machos de íbice de una reserva de caza suiza cuando eran sobrevolados por parapentes y otras aeronaves. Estos animales huyeron con mayor frecuencia ante la aparición de parapentes que cuando pasaban aviones motorizados, helicópteros, planeadores o cazas. No se encontró influencia ni del tamaño de grupo, ni de la posición relativa de la aeronave con respecto a los animales. A pesar de que las cabras montesas (en general) son conocidas por su confianza ante el acercamiento de excursionistas (distancias de huida de sólo 15-20 m), cuando eran sobrevoladas por parapentes, la distancia de huida varió entre 30 y 1200 m con una mediana de 650 m, mientras que los desplazamientos en altitud durante la huida fueron de 20 á 500 m (con mediana de 200 m); siendo ambos parámetros mucho más pequeños en las reacciones a los otros aparatos (ver Figura 5). En días con actividad de parapentistas, los desplazamientos diarios de los animales fueron mayores. En muchos de los

eventos de huida, los machos se salieron de sus rangos vitales normales. Estos autores también señalan que los parapentes tienen unas características que provocan estas reacciones de gran intensidad: como el vuelo lento y silencioso (que hace que no se les puede detectar por el ruido) y la aparición muy impredecible espacialmente (lo que dificulta la habituación de los animales).



**Figura 5.** Extraída de Szemkus *et al.* (1998, p.86): Porcentaje de huidas (puntos) de íbices macho ante los encuentros con distintos tipos de aparatos. Como se puede ver, aunque el número de encuentros (barras) con parapentes (*paraglider*) no fue muy alto, la respuesta fue siempre de huida. En cambio, ante el sobrevuelo de otro tipo de aparatos (*sailplane* = velero) la respuesta fue menor.

Weber & Schnidrig-Petrig (1997) recogieron en su monografía aquellos impactos del *vuelo libre* sobre la fauna que consideraban comprobados científicamente (como ya se ha comentado, este trabajo fue presentado como referencia durante el proceso de alegaciones). Afirman que tanto los rebecos como los íbices, cuando están por encima del límite del arbolado y son sobrevolados por un parapente o ala-delta, reaccionan huyendo hacia el bosque desde largas distancias. Según estos autores, un solo sobrevuelo por encima del límite del arbolado puede afectar a una gran cantidad de animales en un área extensa, haciéndolos huir al bosque y permanecer allí varias horas. Comentan que no hay diferencia significativa entre los efectos de parapente y ala-delta, y que los ungulados que viven por debajo del límite del bosque aparentemente no se ven afectados por el *vuelo libre*. Según este trabajo, las reacciones varían entre individuos y las hembras de rebeco son más sensibles a las perturbaciones por tráfico aéreo que los machos. En los íbices la reacción observada en ambos sexos es similar (con distancias de huida de 600 m en promedio). La mayor parte de las veces huyen hacia el bosque y pasan varias horas hasta que regresan (esto es así en lugares donde los animales se han enfrentado al vuelo libre durante años; y según los autores, allí donde el vuelo libre es ocasional, es de esperar una reacción mayor). Tanto el íbice como el rebeco evitan las áreas frecuentemente sobrevoladas (debiéndose considerar estas zonas como hábitats perdidos para estas especies). Comentan que el número de vuelos realizados en un mismo día no es decisivo y que lo realmente determinante es la hora del primer y último vuelo (es decir la duración del tráfico aéreo). Estos autores consideran científicamente bien documentada la existencia de un efecto negativo sobre la regeneración de la vegetación en las zonas que los animales usan como lugares de refugio cuando se asustan.

Recapitulando, Roubault, *et al.* (2003, p. 22, adaptado), refiriéndose en concreto al *vuelo libre*, recogen de otros trabajos los siguientes impactos posibles sobre ungulados:

- *Molestias de distinta intensidad sobre ciertas especies: en particular sobre rebeco e íbice.*
- *Impactos a corto plazo: comportamiento de alerta, comportamiento de huida, que puede provocar riesgo de accidentes o depredación.*
- *Impactos a medio plazo: disminución de la condición física y por tanto del éxito reproductivo, agotamiento en las áreas de invernada y por lo tanto disminución de la tasa de supervivencia invernal, aumento de vulnerabilidad a la caza.*
- *Impactos a largo plazo: fenómenos de habituación (con o sin disminución poblacional), abandono de ciertas zonas que da como resultado disminuciones poblacionales o extinciones locales. Y efectos secundarios sobre la regeneración de la vegetación en las zonas de refugio.*

#### - 4.3.2. *Efectos del sobrevuelo de aeronaves en las aves*

Un primer tipo de impacto a tener en cuenta sería el más evidente: las colisiones. Los choques entre aves y aeronaves no son eventos frecuentes pero ocurren, dándose en mayor medida en las cercanías de aeropuertos (EGAST, 2017) o en zonas de prácticas de caza-bombarderos (donde se realizan vuelos muy rápidos y a baja altura). Sin embargo, los choques con buitres (al menos los de mayor gravedad registrados) no parecen estar relacionados con la cercanía a aeródromos (Satheesan & Satheesan, 2000).

Caso aparte es el águila real (*Aquila chrysaetos*), que puede atacar a las aeronaves en defensa de su territorio. Siendo interesante el hecho de que, al menos en los Alpes, los choques entre águilas reales y aeronaves suelen implicar a planeadores de manera más frecuente que a otro tipo de aeronaves (Jenny, 2010). De todas formas, parece que en general se trata de eventos que tendrían mayor importancia desde la perspectiva de la seguridad aérea (aunque se comentan con más detenimiento en los apartados 5.1.3 y 5.4).

Otro tipo de efectos más frecuentes y que pueden tener repercusiones en la salud de las poblaciones aviarias, tienen que ver con reacciones más o menos intensas ante el paso de las aeronaves. Como otras actividades humanas, el tráfico aéreo puede generar un aumento del gasto energético debido a la frecuencia de vuelos de huida y a la pérdida de tiempo dedicado a la alimentación. Y la importancia de este efecto negativo dependerá del tiempo que las aves tarden en volver a sus actividades previas (Komenda-Zehnder & Bruderer, 2002), así como de la frecuencia con que se producen los eventos perturbadores.

- Según Smith *et al.* (1988, p. 362, traducido): *“La respuesta de las aves al paso de aeronaves está influida por muchas variables, incluyendo el tamaño del artefacto, el color, la proximidad (tanto la altitud de vuelo como la distancia lateral), el perfil de vuelo, el ruido del motor y la existencia de explosiones sónicas.”*

Generalmente (exceptuando los momentos de despegue o aterrizaje y cuando se dan explosiones sónicas), se considera que los aviones comerciales o militares grandes (que suelen pasar rápido, a mayor altitud y con trayectorias rectilíneas), tienen menor potencial de perturbación que avionetas y helicópteros (Knight & Cole, 1995). Las anátidas en particular, parecen asustarse desde largas distancias ante el paso de

aeronaves, mostrando también reacciones más intensas ante helicópteros o avionetas de vuelo lento y ruidoso (Ward *et al.* 1994; Owens 1977, citados en Knight & Cole, 1995).

Komenda-Zehnder & Bruderer (2002) estudiaron el impacto de todo tipo de tráfico aéreo sobre las aves en Suiza y afirman que el potencial de perturbación va aumentando en el orden siguiente: desde los aviones de transporte grandes, reactores militares, pequeños aeroplanos hasta los helicópteros; mientras que el potencial de los animales de habituarse al paso de estos aparatos parece decrecer en el mismo orden (y lo explican por una menor regularidad de los movimientos de aviones pequeños y helicópteros). Aunque, en general consideran que el potencial de habituación de las aves es considerable. Por otro lado, pese a que contaban con pocas observaciones de molestias producidas por aviación de recreo (globos, ultraligeros, ala-delta y parapentes), estiman que estas aeronaves pueden producir perturbaciones notables. Según estos autores, las molestias producidas por aeronaves silenciosas estarían restringidas a distancias de solo unos pocos cientos de metros, pero a la vez podrían ser localmente importantes debido al efecto sorpresa en la aparición del artefacto volador.

En otra monografía posterior (Bruderer & Komenda-Zehnder, 2005) consideran que el impacto de la aviación en general parece ser grande en las aves, sobre todo si se trata de aparatos con niveles de vuelo bajo, rutas de vuelo no rectilíneas y que aparezcan por sorpresa en el campo de visión de los animales. Señalan que al parecer, las aves en general pueden acostumbrarse al tráfico aéreo regular (si les sobrevuela a alturas superiores a 300-450 metros), mientras que los objetos voladores inusuales pueden provocar reacciones considerables, particularmente cuando vuelan a altitudes por debajo de los 450 m sobre el terreno. En definitiva, consideran que el efecto perturbador depende del tipo de aeronave, de la distancia vertical y horizontal entre aeronave y animal, de la habituación, de las especies de aves involucradas y del momento del ciclo vital en que éstas se encuentren.

De hecho, muchos estudios se centran en el posible impacto de las molestias sobre las aves reproductoras. La mayoría de estos trabajos evalúan las reacciones visibles, mientras que otros efectos fisiológicos (niveles de hormonas de estrés, ritmo cardíaco) así como sus consecuencias a nivel poblacional se cuantifican más raramente (Komenda-Zehnder & Bruderer, 2002; Arroyo & Razín, 2006; ver sin embargo: Ellis & Ellis, 1991).

Es más frecuente una valoración de la influencia de las molestias humanas sobre la reproducción por medidas indirectas como la distancia desde los nidos a carreteras, núcleos urbanos, etc. Por ejemplo, Donazar *et al.* (1993) encontraron que los quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) de los Pirineos seleccionaban para criar áreas de topografía escabrosa y lo más lejos posible de poblaciones humanas. Posteriormente, Arroyo & Razín (2006) cuantificaron directamente los efectos de las molestias observables (reacciones de alerta y de huida), sobre los parámetros poblacionales de la población pirenaica de quebrantahuesos. En este último estudio, las perturbaciones por el paso de pequeños aeroplanos y otras actividades poco ruidosas (entre las que se tuvo en cuenta también el *vuelo libre*), fueron toleradas por las aves sin reacción aparente, a no ser que se acercaran a menos de 500-700 metros del nido. En cambio, los territorios expuestos en un radio de 2 km a una alta frecuencia de actividades muy ruidosas (como el paso de helicópteros), resultaron tener alta probabilidad de fracaso reproductivo. Los territorios sin actividades humanas de ningún tipo, fueron de media 5 veces más exitosos que aquellos con molestias frecuentes. En particular encontraron un efecto significativo de las actividades muy ruidosas durante la época de cría. Comentan que, en especies de rapaces con ciclos reproductivos largos, donde la puesta ocurre a menudo

en épocas frías, la desatención del nido provocada por molestias puede tener un efecto mayor. Según estos autores, también es posible que las áreas que son frecuentemente perturbadas puedan tener mayor probabilidad de ser abandonadas en subsecuentes intentos de cría, y por ello las molestias podrían tener efectos a largo plazo en la reproducción de las especies. La ausencia continuada de las parejas de la zona de cría, provocada por repetidas molestias producidas durante el periodo anterior a la puesta, también podría generar inestabilidad en las parejas de quebrantahuesos. Por esta razón, Arroyo & Razin (2006) recomiendan mantener zonas de tranquilidad alrededor de los nidos conocidos de la especie durante todo el año y no solo durante el periodo reproductivo.

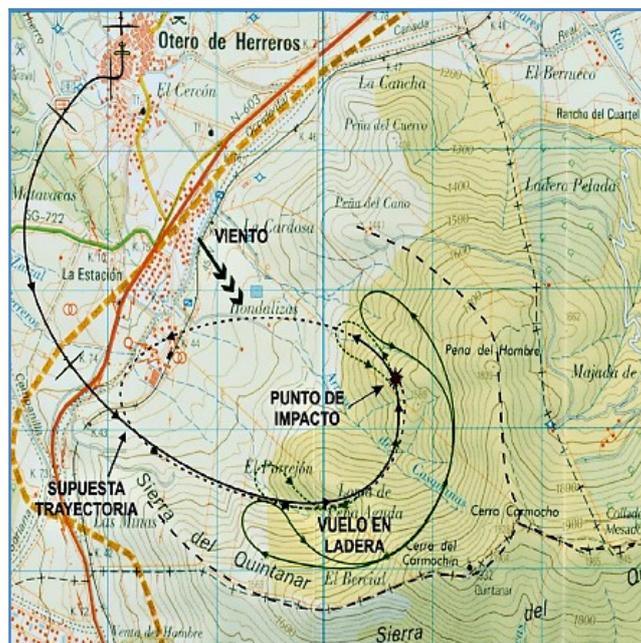
El tipo de aeronave sigue siendo importante en el caso de las aves reproductoras. Por ejemplo, Ellis & Ellis (1991) trabajando con halcones peregrinos, encontraron que aunque a veces se alarmaban de manera notable, las explosiones sónicas debidas al paso de aviones a reacción no produjeron un efecto significativo sobre el éxito reproductivo ni el ritmo cardiaco (en una población de halcones acostumbrada a este tráfico aéreo). De hecho, las rapaces de muchas especies muestran un sorprendente grado de tolerancia a los vuelos a baja altitud propios de las prácticas militares, o a las explosiones sónicas a elevada altitud (Smith *et al.* 1988).

Roubault, *et al.* (2003) en referencia a los efectos sobre aves reproductoras comentan que existe un impacto significativo del paso de helicópteros que puede ser causa de fracaso reproductor, y que además parece afectar a todas las especies. El paso de aviones y ultraligeros es ruidoso pero rápido y, según los mismos autores, parece que causa poco impacto en comparación. También comentan que los trabajos por ellos consultados sugieren que la presencia de planeadores no parece preocupar mucho a las aves nidificantes.

Hay que tener en cuenta que siempre puede haber diferencias individuales. Las aves de la misma especie tienen personalidades distintas que se manifiestan entre otras cosas en la toma de riesgos (e incluso se sabe que estas características son heredables; Van Oers *et al.* 2003). Hay parejas de rapaces que son capaces de nidificar en sitios muy expuestos y humanizados. Sin embargo, estos casos no se dan en todas las especies y podrían tener relación, no solo con una mayor tolerancia individual, sino que seguramente también se deban a la existencia de otras variables con efectos importantes en la selección de los emplazamientos de cría, como la calidad del territorio. Por ejemplo, para una pareja de águilas puede ser interesante criar junto a una carretera si hay gran abundancia de presas; y a la vez es muy probable que esa pareja sea especialmente tolerante a las molestias y haya desarrollado cierta habituación al ruido de los vehículos.

Otro factor que puede influir en la tolerancia de los individuos ante una perturbación puntualmente intensa es el momento del ciclo reproductivo en que se encuentren. Remacha (2010) comenta que, según avanza el ciclo, los padres son menos propensos a abandonar el nido porque han invertido más en su progenie. Y esto puede hacer difícil valorar la importancia de las perturbaciones durante el desarrollo de los pollos. Por ejemplo, un buitre que esté empollando podría aguantar en el nido el acercamiento de un helicóptero sin que por ello se deba deducir que dicha aeronave no produce ninguna perturbación (puesto que pueden darse efectos acumulativos de molestias sucesivas o una disminución de la eficacia biológica debida a repercusiones fisiológicas sobre el adulto que acaben afectando también al desarrollo del pollo).

Por otro lado también son importantes la cercanía y la visibilidad de las molestias. Cuando hay alguna cobertura que aísla el nido de las perturbaciones, ciertas actividades humanas pueden ser compatibles aunque estén relativamente cerca (Richardson & Miller, 1997). Como en el caso de los ungulados, la distancia al agente perturbador y la frecuencia de las molestias también son determinantes, de tal modo que el *vuelo de ladera* (que implica vuelo a baja altura y pasadas repetidas por la misma zona) será potencialmente más impactante que un vuelo de descenso rectilíneo, directo y predecible (ver figura 6).



**Figura 6.** Extraída de CIAIAC (2004): Esquema de vuelo de ladera en velero. “El vuelo de ladera se realiza siguiendo la superficie de la ladera hasta el final de la misma girando 180º para volver por la trayectoria inversa haciendo ‘ochos’ y ganando altura”.

Por último, en lo que se refiere al buitre negro (*Aegypius monachus*), Soto-Largo *et al.* (2013) estudiaron la influencia del *vuelo libre* sobre una colonia de la especie. Como no pudieron efectuar vuelos experimentales sobre los nidos, no llegaron a valorar si había algún efecto significativo en el desempeño reproductor de la colonia. En cambio, sí que se pudo detectar cierta influencia sobre el comportamiento de los animales, que volaban por zonas y altitudes distintas y a diferentes horas en los días en los que se realizaron vuelos con parapente. Y también encontraron que los días sin parapente se observaban más aves planeadoras en la zona de estudio (ver apartado 5.4).

En resumen, Roubault, *et al.* (2003, p. 22, adaptado), refiriéndose en concreto al *vuelo libre*, consideran que puede tener los siguientes efectos sobre las aves:

- *Molestias de distinta intensidad sobre ciertas especies: en particular halcón peregrino, águila real, urogallo, etc.*

- *Impactos a corto plazo: comportamientos de alerta, comportamientos de huida, que pueden provocar riesgo de accidentes o depredación, interacciones agresivas con águilas y halcones que, sobre todo en el primer caso, pueden producir accidentes.*
- *Impactos a medio plazo: ausencias prolongadas del nido en aves, deserciones, vuelo prematuro de pollos, disminución de la condición física de los progenitores y/o de los pollos, etc (todo ello puede afectar negativamente al éxito reproductivo), etc.*
- *Impactos a largo plazo: fenómenos de habituación (con o sin disminución de la población) y/o abandono de territorios de cría que trae como resultado disminuciones poblacionales o extinciones locales.*

## 5. Análisis de sensibilidad realizado para el presente informe

Como se ha visto en apartados anteriores, cuando son molestados por la aparición de una aeronave, los ungulados de alta montaña suelen desplazarse hacia zonas con cobertura arbórea, pudiendo darse efectos sobre su condición física, así como impactos indirectos sobre la capacidad de regeneración de la vegetación en las zonas escogidas como refugio. La cabra montés (*Capra pyrenaica*), presente en Guadarrama, no se ha tenido en cuenta en este informe. Sin embargo, dada la elevada sensibilidad de los íbices alpinos (Szemkus *et al.* 1998), no puede descartarse que exista un efecto en la cabra montés ibérica (e indirectamente sobre la conservación de especies de plantas presentes en las zonas donde las cabras puedan refugiarse como reacción a una perturbación).

En las grandes rapaces, el impacto más frecuentemente considerado en los estudios consultados suele tener que ver con reacciones agresivas ante una intromisión en las proximidades del nido (caso de águilas reales, halcones peregrinos y cuervos), o con la huida de la zona de nidificación. Ambos comportamientos podrían producir ausencias prolongadas del nido o primeros vuelos prematuros en los pollos, provocando efectos negativos sobre el éxito reproductivo. Las especies presentes en el Parque Nacional que podrían mostrar reacciones similares (ante el *vuelo sin motor*) son algunas rapaces que nidifican en roquedos (Águila Real y Halcón Peregrino) y otras rapaces que lo hacen en medio forestal, en nidos situados a menudo en árboles dominantes y expuestos (Águila Imperial y sobretodo Buitre negro, que además nidifica a veces en el límite del arbolado).

Se sabe que las aves de mayor tamaño corporal generalmente tienen menor tolerancia al acercamiento de seres humanos (Fernández-Juricic *et al.* 2001; Blumstein, *et al.* 2005). Esto se ha querido explicar por una mayor agudeza visual (Lima & Fernández-Juricic, 2015) o por un menor coste de la huida con respecto a las especies más pequeñas (por la menor proporción superficie/masa corporal; Fernández-Juricic *et al.* 2001) o una menor capacidad de pasar inadvertidas derivada de su mayor tamaño (Blumstein, *et al.* 2005). También se ha encontrado alguna ligera relación inversa entre la tolerancia a las personas y la edad de la primera reproducción (Blumstein, 2006).

Para este informe se ha escogido como modelo de especie indicadora de sensibilidad al Buitre negro (aunque también se tiene en cuenta a las águilas imperial y real). Los criterios que se consideraron para seleccionar al buitre negro como especie indicadora de sensibilidad, fueron: grado de amenaza y protección legal, nivel de responsabilidad del espacio protegido en la conservación de la especie y su especial interés por ser uno de los valores a conservar tenidos en cuenta en la declaración del espacio. Además se sabe que es una especie sensible a las molestias en su hábitat de cría y que elige lugares apartados de la actividad humana para ubicar sus nidos (Moreno-Opo *et al.* 2012; Cuevas & De la Puente, 2005; Poirazidis, 2004), cosa que se ha constatado que también ocurre en este espacio natural (como se verá en el punto 5.3).

También es una especie de tamaño grande, de madurez tardía, diurna, con gran agudeza visual, que vuela aprovechando las térmicas y otras ascendencias (de forma similar a como lo hacen los aficionados al vuelo sin motor), que nidifica en colonias (con lo que las eventuales molestias rara vez se producirían sobre un único nido), que es representativa del Parque Nacional y que tiene un periodo de reproducción largo, una puesta pequeña y por ello realiza una inversión parental grande.

Como se ha comentado, algunos nidos y dormideros de esta especie se sitúan en las partes altas de las laderas (Soto-Largo *et al.* 2013), por lo que podrían sufrir frecuentes perturbaciones en caso de tener un despegue de *vuelo libre* en sus cercanías (debido a la mayor probabilidad de sobrevuelo y a las bajas alturas propias del despegue y las primeras fases del *vuelo libre*). En concreto, en la vertiente segoviana, entre 2014 y 2017 la altitud media de las plataformas ocupadas fue de 1611 msnm, variando el porcentaje anual de nidos situados a más de 1700 m de altitud (para ese periodo) entre un mínimo del 23,8% y un máximo del 27,7%.

Por otro lado, y según Fernández-Juricic *et al.* (2001), la implementación de zonas de sensibilidad basadas en la tolerancia de una especie grande, permitiría a las más pequeñas asegurar sus requerimientos sin ser molestadas. Es probable que el buitre negro actúe como “*especie paraguas*” y que al proteger sus zonas de cría se esté protegiendo el hábitat de otras muchas especies.

En el punto 5.1 se comenta el análisis de sensibilidad en torno a los nidos. En el 5.2 se señalan otras zonas sensibles tenidas en cuenta aparte de las zonas de nidificación. También se ha realizado un modelo de hábitat potencial de nidificación del buitre negro, que se describe en el apartado 5.3. Por último, en el punto 5.4, se comentan algunos datos sobre el uso del espacio aéreo que hacen las rapaces de Guadarrama.

### 5.1. Zonas y épocas de sensibilidad en torno a nidos de rapaces.

Una práctica extendida en conservación aplicada es evaluar empíricamente las distancias a partir de las cuales la mayoría de los individuos de una especie reaccionan a los estímulos provocados por una actividad humana. Aunque en realidad, como se ha comentado, los impactos pueden operar a largo plazo y a escalas que no se perciben en este tipo de estudios, se suele considerar esta aproximación práctica como una forma válida de estimar la tolerancia a las molestias (Fernández-Juricic *et al.* 2001; Blumstein, *et al.* 2005; Fernández-Juricic & Schroeder, 2003; ver sin embargo: Fernández-Juricic *et al.* 2005). A partir de esas *distancias de sensibilidad*, se definen áreas donde se restringen las actividades impactantes, ya sea de forma permanente o temporal (acoplándose al ciclo de la especie, considerando sus momentos más sensibles, que por lo general suelen coincidir con la reproducción).

Así, para el estudio del grado de tolerancia a las molestias humanas se suele establecer la *distancia de alerta* (que es la distancia a la cual el animal muestra una primera reacción de alerta o vigilancia), así como la *distancia de huida* (o *vuelo*). La distancia de alerta tiene que ver con un *comportamiento de vigilancia del depredador*, que tiene por objeto evitar la huida (y los costes energéticos que esta conlleva) hasta que el coste de no huir (es decir el peligro percibido por el animal) sobrepasa al de la huida (Price, 2008). Ambas distancias están altamente correlacionadas (Blumstein *et al.* 2005; también en ungulados: Bögel & Härer, 2002). Se pueden ver ejemplos de distancias de alerta y huida para distintas especies de aves en la tabla 6.

La *distancia de alerta* es considerada un indicador de la tolerancia de las especies más conservador que la *distancia de huida*, porque incluye una “*zona de amortiguamiento*” (la diferencia entre las dos distancias) en la cual los animales pueden adaptar su reacción sin desplegar los comportamientos más costosos (Fernández-Juricic *et al.* 2001). Además, si se considera la *distancia de alerta*, se hace más probable que los radios definidos incluyan a los individuos menos tolerantes de cada población.

En este estudio, para establecer las “zonas sensibles” se han tenido en cuenta los radios de seguridad contemplados en diferentes manuales de conservación y estudios científicos. Sobre estas distancias existe numerosa información, pero se suele referir a molestias procedentes del suelo, siendo mucho más escasos los trabajos que han podido evaluar el impacto del tráfico de aeronaves.

Además, en principio, el vuelo sin motor es una actividad silenciosa, con lo que se le podría suponer un potencial de impacto menor. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las molestias procedentes de una cota superior a los nidos de rapaces son percibidas por los animales como más amenazantes. El vuelo libre permite a sus practicantes llegar hasta zonas no accesibles por otros medios, con lo que la intromisión se produce en ocasiones sobre áreas poco frecuentadas por otros visitantes. Y un solo deportista puede afectar a muchos animales en poco tiempo, volando a baja altura, lentamente y permaneciendo, en ocasiones, bastante rato sobre la misma zona. Su aparición en el campo visual de los animales puede ser repentina (precisamente por lo silencioso que es su vuelo) y al no estar sujeta a rutas definidas (si no es en vuelos de descenso) es una actividad menos predecible que, por ejemplo, el senderismo.

Por todo ello se ha considerado que las distancias *buffer* expuestas en los siguientes apartados, a pesar de referirse a otro tipo de actividades, podrían tenerse en cuenta como *mínimo de referencia* a la hora de definir zonas sensibles al sobrevuelo en torno a las áreas de nidificación.

#### 5.1.1. *Buitre negro*

Aparece en la categoría “Vulnerable” en el *Catálogo Español de Especies Amenazadas* (RD. 139/2011). El *Plan director de la Red Natura en Castilla y León* lo considera especie de *Alto valor de conservación* y lo cataloga como un “Valor esencial” de la ZEPA “Sierra de Guadarrama”. Y en De la Puente *et al.* (2007) se comenta que las colonias abulenses, segovianas y madrileñas agrupadas, suponen el 14% de la población nacional, que son colonias singulares por su ubicación y que “podrían ser muy importantes para la conservación de la especie al encontrarse en el límite del área de distribución y un ambiente menos favorable” [p.23].

El mencionado *Plan director de la Red Natura en Castilla y León* incluye la posibilidad de adoptar medidas para evitar molestias como “limitaciones a usos, aprovechamientos y actividades deportivas o de uso público, y otras para procurar evitar el tránsito de vehículos y personas por sendas y pistas próximas a las colonias de cría de la especie”. Por su parte, el PORN del Espacio Natural Sierra de Guadarrama en Castilla y León (Decreto 4/2010, de 14 de enero) lo incluye en su *Anejo VII* (sobre “Especies consideradas características del Espacio Natural”, y por tanto establece la obligación de velar “especialmente por su conservación por su singular interés”).

Para evaluar cuáles son las *zonas sensibles de reproducción* se ha realizado un análisis de las cuencas visuales desde los nidos conocidos. Y en cuanto al radio de esas zonas sensibles, hay numerosas referencias de gestión exitosa basada en la restricción de los trabajos forestales en torno a las plataformas de reproducción:

En este sentido, para la protección de sus colonias de cría existe a nivel de Castilla y León la Instrucción 02/DGMN/05, de 16 de junio, de la Dirección General de Medio Natural, sobre *critérios de gestión forestal compatibles con la conservación de las especies de aves y quirópteros asociados a hábitats forestales...*

(Jiménez *et al.* 2006). En ella se establecen áreas de **300 metros** en torno a los nidos, en las que no se permiten determinadas actuaciones forestales dependiendo de la época del año (ver figura 7).

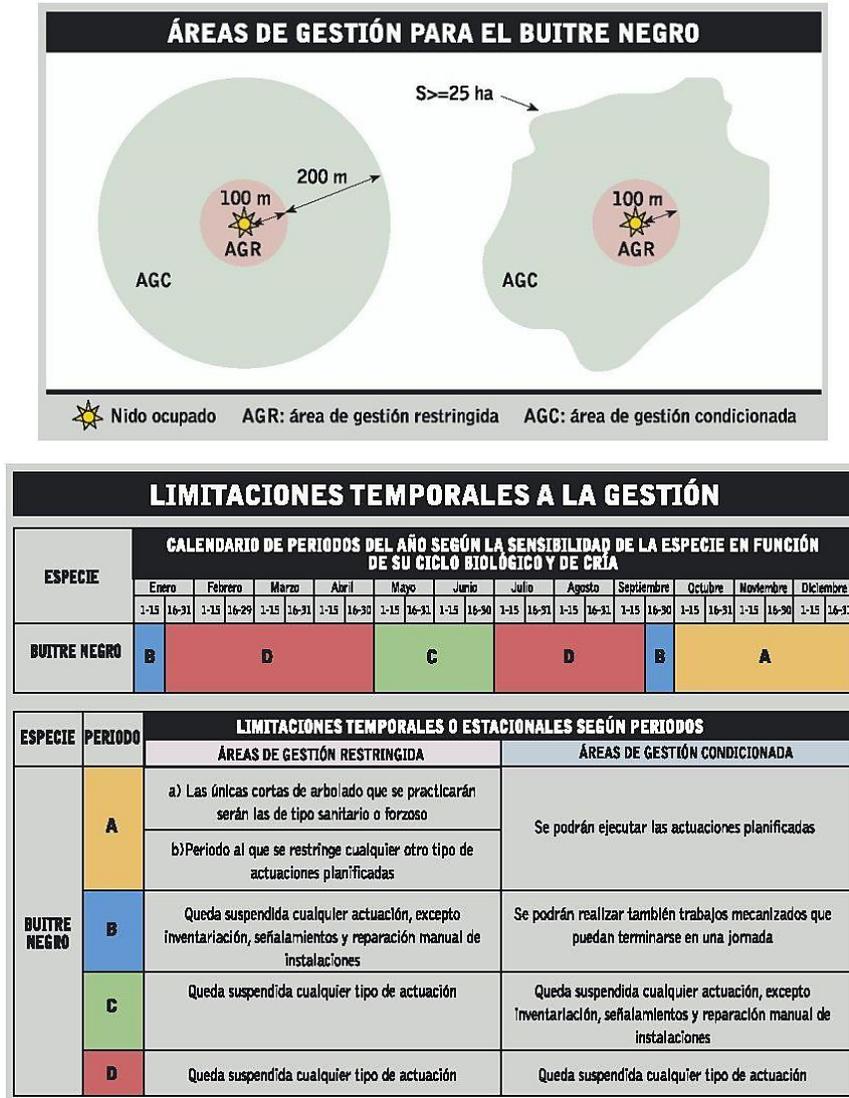


Figura 7. Área de gestión y limitaciones temporales para la conservación del buitre negro (extraída de Jiménez *et al.* 2006, pp. 65 y 67).

El *Manual de gestión del hábitat y de las poblaciones de buitre negro en España* (Moreno-Opo *et al.* 2007, pp. 83 y 84), hace las siguientes recomendaciones: “De forma general, se aconseja no llevar a cabo trabajos forestales en las proximidades de los nidos ocupados –a menos de **300 m**– entre el 1 de febrero y el 30 de septiembre... La distancia establecida de 300 m como orientativa puede variar bastante según la ubicación del nido. Recordemos que el buitre negro cría en laderas con bastante pendiente. Esto origina que el trabajo se pueda realizar por encima o por debajo con respecto a la posición del nido en la ladera. **Si el trabajo es por encima debe aumentarse la distancia**, mientras que si es por debajo la molestia suele ser menor”.

En cambio, en el Capítulo 1 del mismo manual (Moreno-Opo *et al.* 2007, p. 20) se puede leer que las Áreas sensibles “para el buitre negro acogen una superficie determinada por un radio de **500 m** alrededor de cada uno de los puntos de referencia, como son cada uno de los nidos de una colonia para las Área Sensibles de reproducción, los puntos o espacios de alimentación o los dormideros y posaderos habituales. No obstante, en función de distintos aspectos como la orografía, el tipo de actividad o el grado de tolerancia, las dimensiones pueden reducirse o ampliarse, no siendo infrecuente que algunos gestores o autores consideren estas áreas de menor dimensión para actividades de aprovechamiento forestal (**300 m** de radio)”.

La misma referencia define como Período Sensible: “las épocas del año en que el buitre negro lleva a cabo las fases del ciclo biológico más delicadas. Para la especie, el Periodo Sensible es el momento en que se desarrolla la reproducción, considerando como tal la incubación y crianza de los pollos. De forma general, el Periodo Sensible del buitre negro se prolonga del **1 de febrero al 30 de septiembre**” [p. 20].

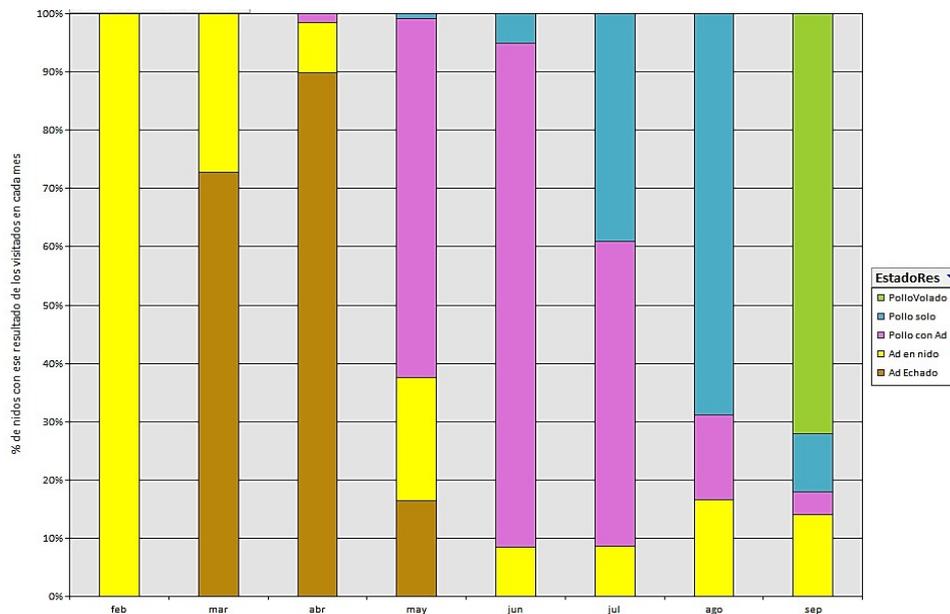
En este aspecto, también existen referencias en el libro “*Biología y conservación del buitre negro. Quince años de estudio y seguimiento en la ZEPA Alto Lozoya*” (De la Puente, 2011), trabajo que describe el seguimiento de la colonia de buitre negro en la vertiente madrileña de la sierra. En ella se diferencian 3 periodos según el riesgo de realizar actuaciones forestales en el entorno de los nidos [p. 153]:

- 1. Sin riesgo: del 1 de octubre al 1 de febrero (cuatro meses), es el periodo fuera de la época de nidificación habitual de las parejas implicadas en cada caso. Puede presentar pequeñas variaciones en función del trabajo y las parejas de buitre negro consideradas.
- 2. Riesgo medio: primera semana de febrero y entre el 1 de agosto y 30 de septiembre. En general incluye la semana previa a la fecha de puesta más temprana conocida para alguna de las parejas afectadas. También se incluyen aquí los periodos con pollos de edad entre 60 y 120 días, ya que las molestias muy cerca del nido con el pollo grande pueden producir un abandono prematuro del nido o impedir que los adultos alimenten al pollo.
- 3. Riesgo elevado: entre el 8 de febrero y el 31 de julio comprende el periodo con buitres negros incubando o pollos de menos de 60 días de edad en el nido. La posibilidad de fracaso de alguna de las parejas afectadas resulta elevada por las fechas o la distancia al trabajo.

Con respecto a la distancia a los nidos, esta misma publicación aconseja no realizar actuaciones de forma general “en las proximidades de los nidos ocupados —a menos de **300 m**—, entre el **1 de febrero y el 30 de septiembre**. Los periodos comprendidos por la segunda quincena de enero y el mes de octubre se consideran, al menos, como delicados y en ellos los trabajos que se realicen sólo deberían ser aquéllos de verdadera importancia y siempre con la vigilancia de las posibles afecciones. Si se realizan trabajos forestales en áreas con nidos, se aconseja realizarlos todos en el periodo comprendido entre el 1 de noviembre y 15 de enero” (De la Puente, 2011, p. 154).

Y en lo que se refiere a otras molestias diferentes a los trabajos forestales, comenta que, para mejorar el hábitat y favorecer la recuperación, deben considerarse: “Otras medidas independientes de la gestión forestal, como disminuir todo lo posible el trasiego de personas y vehículos en las pistas y sendas que pasen por las zonas de nidificación, **especialmente entre febrero y septiembre**,...” Y después argumenta: “El buitre negro es una especie de vida larga a la que le cuesta bastante adaptarse a los cambios y colonizar áreas nuevas o zonas de las que desapareció hace tiempo. Las parejas están muy ligadas a su área de nidificación.

Se han documentado casos de parejas que se han instalado para criar en su ladera tradicional en árboles secos y quemados tras un incendio. También se ha sugerido que las molestias de los trabajos forestales en áreas de nidificación pueden persistir en el tiempo, aunque las actividades cesen, evitando la instalación de parejas en estas zonas. Por ello, en esta especie es especialmente importante minimizar todo lo posible las molestias en las áreas de cría que pueden no producir el abandono de los puntos de nidificación a corto plazo, pero sí disminuir los parámetros reproductivos y dificultar o impedir el reclutamiento de nuevos individuos o parejas en áreas con molestias” [p. 156].



**Figura 8.** Fenología observada en 2017 en el conjunto de zonas de cría de la vertiente segoviana (% con respecto al total de visitas realizadas en cada mes). La mayoría de pollos realizaron sus primeros vuelos a lo largo de septiembre, no siendo raro que queden pollos sin volar a finales del mes e incluso los primeros días de octubre.

### Conclusión:

Las zonas de sensibilidad en torno a los nidos de buitre negro deberían tener un mínimo de 300 metros de radio; siendo aconsejable aumentarlo a 500 metros, dado que las eventuales molestias originadas por el paso de aeronaves, se producirían siempre en cotas superiores a la del nido. Por ello se han tenido en cuenta zonas de sensibilidad de 500 metros en torno a los nidos para el dibujo de las *Áreas Sensibles al Sobrevuelo*.

La época de mayor sensibilidad en torno a los nidos de la especie comprendería desde el *1 de febrero al 30 de septiembre*. Aunque después de este periodo, los pollos siguen en las inmediaciones del nido durante un tiempo y también existen algunos nidos tardíos (ver figura 8). Según De la Puente *et al.* (2011, p. 273) “*hay jóvenes que se independizan a finales de octubre o primeros de noviembre y otros que no lo hacen,... hasta que sus padres los expulsan del nido al comenzar una nueva etapa reproductora*”. En esa época, los jóvenes realizan pequeños desplazamientos dentro de la colonia o en sus inmediaciones y aunque no dependen

totalmente de los padres para alimentarse, suelen retornar frecuentemente al nido para dormir y pedir alimento a los progenitores.

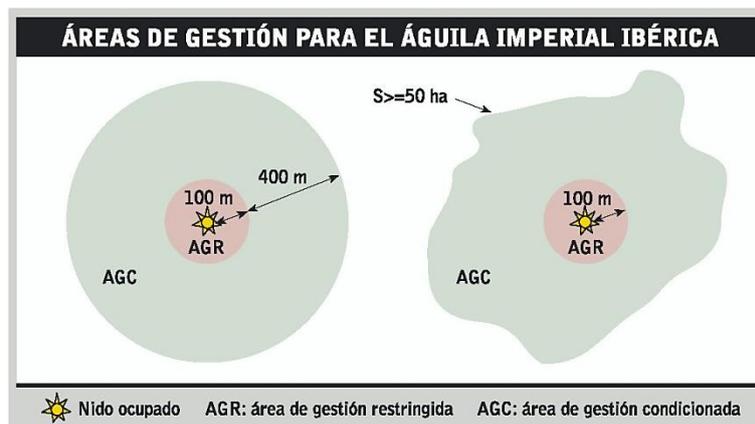
### 5.1.2. *Águila imperial*

Por su restringida distribución y su pequeña población, el águila imperial ibérica es considerada como amenazada a nivel mundial. Aparece en la categoría “Vulnerable” de la *Lista Roja de Animales Amenazados* de la UICN (<http://www.iucnredlist.org/>), por el criterio D1 (“Población muy pequeña o restringida” con un “tamaño de población estimado en menos de 1000 individuos maduros”). Y a nivel nacional, está considerada en la categoría “En peligro de extinción” (Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, R.D. 39/2011).

En el *Plan director de la Red Natura en Castilla y León* aparece como especie de “Alto valor de conservación”. Y a nivel de esta Comunidad Autónoma, en 2003 se aprobó el *Plan de Recuperación del Águila Imperial Ibérica* (Decreto 114/2003), donde se especifican las *Áreas Críticas* para la especie y se establecen medidas normativas y activas para su conservación (que implican restricciones de usos en un área de 50 ha ó 500 metros en torno a los nidos en el periodo que va desde el **1 de febrero al 15 de agosto**). La única mención que hace dicho Plan al sobrevuelo de las zonas de cría se refiere a la posibilidad de que se tengan que realizar fumigaciones de emergencia ante plagas forestales. En ese punto se dice que: “se podrá realizar siempre que los productos empleados no resulten tóxicos para la especie, no pudiendo, en cualquier caso, sobrevolar una banda de 500 metros sobre la vertical del área de nidificación”.

En su artículo 5, el Plan de Recuperación establece que: “La Dirección General del Medio Natural,... podrá limitar o prohibir de forma motivada... La ejecución de aquellas actividades que puedan ocasionar efectos negativos desde el punto de vista de la conservación de la especie o de su hábitat natural, fijando para su realización un período adecuado”.

Y también en el ámbito de Castilla y León, la Instrucción 02/DGMN/05 ya comentada, establece áreas de **500 metros** en torno a los nidos, en las que no se permiten determinados trabajos forestales en ciertas épocas del año (ver figura 9).



LIMITACIONES TEMPORALES A LA GESTIÓN																								
ESPECIE	CALENDARIO DE PERIODOS DEL AÑO SEGÚN LA SENSIBILIDAD DE LA ESPECIE EN FUNCIÓN DE SU CICLO BIOLÓGICO Y DE CRÍA																							
	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1-15	16-31	1-15	16-29	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
ÁGUILA IMPERIAL IBÉRICA	A		D				C		D		B		A											

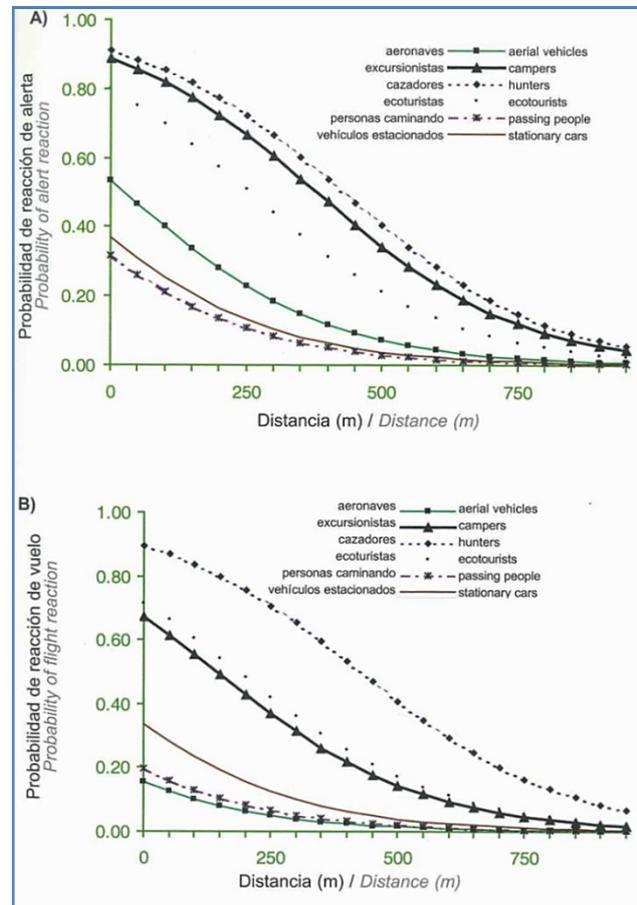
ESPECIE	PERIODO	LIMITACIONES TEMPORALES O ESTACIONALES SEGÚN PERIODOS	
		ÁREAS DE GESTIÓN RESTRINGIDA	ÁREAS DE GESTIÓN CONDICIONADA
ÁGUILA IMPERIAL IBÉRICA	A	a) Las únicas cortas de arbolado que se practicarán serán las de tipo sanitario o forzoso b) Periodo al que se restringe cualquier otro tipo de actuaciones planificadas	Se podrán ejecutar las actuaciones planificadas
	B	Queda suspendida cualquier actuación, excepto inventariación, señalamientos y reparación manual de instalaciones	Se podrán realizar también trabajos mecanizados que puedan terminarse en una jornada
	C	Queda suspendida cualquier tipo de actuación	Queda suspendida cualquier actuación, excepto inventariación, señalamientos y reparación manual de instalaciones
	D	Queda suspendida cualquier tipo de actuación	Queda suspendida cualquier tipo de actuación

Figura 9. Área de gestión y limitaciones temporales para la conservación del águila imperial ibérica (extraída de Jiménez *et al.* 2006, pp. 59 y 60).

No obstante, según González *et al.* (2008), para el águila imperial se pueden establecer distintos radios de protección alrededor de los nidos en cuanto a la influencia negativa de distintas actividades humanas: **500 metros** de radio crítico, **800 metros** de vulnerabilidad y **1000 metros**, de seguridad. Estos autores detectaron que a 1000 metros la probabilidad de “reacción de alerta” y de “reacción de vuelo” era prácticamente nula para una serie variada de actividades humanas (entre las que estaba también el sobrevuelo de aeronaves, aunque con un tamaño de muestra pequeño) (ver figura 10). En las conclusiones de su estudio, pensando en las parejas que nidifican en Parques Nacionales, González *et al.* (2008) recomiendan aumentar las distancias cuando se trate de actividades humanas que impliquen a grupos numerosos.

**Figura 10.** Extraída de González *et al.* (2006, p. 89):

Probabilidades de Reacción de Alerta (A) y de vuelo de huida (B) para el águila imperial ante molestias humanas de distinto tipo (la línea verde punteada muestra la respuesta al paso de aeronaves de todo tipo).



### Conclusión:

Por los mismos criterios antes señalados para el buitre negro, y teniendo en cuenta que la aparición de las aeronaves de *vuelo sin motor* en las cercanías de los nidos puede ser sorpresiva y poco predecible, se ha considerado que es conveniente tomar como referencia una distancia de seguridad mayor y se han dibujado cuencas visuales de 1000 metros en torno a las áreas de nidificación de esta especie.

El periodo de mayor sensibilidad en las proximidades de los nidos de águila imperial comprendería del *1 de febrero al 15 de agosto* (los primeros vuelos suelen darse la primera quincena de agosto, pero los jóvenes permanecen cerca del nido hasta septiembre).

### 5.1.3. *Águila Real*

Aunque no se han encontrado trabajos que establezcan claramente una relación entre molestias humanas y disminución del éxito reproductivo para esta especie, la mayoría de autores consideran que el águila real es sensible a las intromisiones en el entorno de los nidos. Richardson & Miller (1997) citan el estudio de Boeker & Ray (1971), en el que las molestias de origen humano fueron el 85% de las causas conocidas de pérdida de nidos, y consideran una distancia de seguridad para esta especie de 800 m (aunque recomiendan basarse en evidencia empírica local) y comentan distancias de huida de 105-390 m para molestias producidas por acercamientos a pie y de 14-190 m para vehículos.

Weber & Schnidrig-Petrig (1997) en su monografía sobre la compatibilidad del *vuelo libre* con la conservación de la fauna en las montañas suizas, consideran que solo es preocupante el impacto de esta práctica sobre la especie cuando se producen vuelos cerca de los nidos, ya que pueden desencadenar ataques reales o simulados, provocando que las aves se alejen demasiado de la zona de nidificación (estiman que una ausencia de 30 minutos puede ser suficiente para malograr la puesta, dependiendo del momento en que se produzca). También comentan que hay parejas que toleran la actividad cercana al nido, pero lo califican de “casos raros”.

Ruddock & Whitfield (2007) realizaron una revisión bibliográfica y encuestas a expertos sobre las distancias de seguridad en torno a los nidos de numerosas especies de aves. Curiosamente encontraron que para el águila real, en la encuesta a expertos, la divergencia de opiniones sobre las distancias de perturbación fue mayor que para cualquier otra especie de las revisadas. Más de un tercio de los encuestados (n=8) consideraron que la *reacción de huida* durante la incubación no ocurría normalmente hasta que un observador estaba a menos de 100 m del nido, aunque 4 encuestados respondieron que la *reacción de huida* típicamente ocurría a más de 750 m del nido (entre 750 y 1000 metros). Los autores de la revisión consideran estos límites superiores demasiado cautelosos. Y comentan que la distancia de sensibilidad según la evidencia empírica existente varía en un rango de 300 a 800 metros (medianas obtenidas en la encuesta a expertos de: 400-625 m para la distancia de alerta y 225-400 m para la distancia de huida; ver tabla 6).

Jenny (2010) documentó 20 casos de colisiones entre águilas reales y aeronaves en los Alpes, de los que al menos 2/3 se debieron a ataques con motivación territorial (siendo el resto fortuitas o de causa desconocida). La mayoría implicaron a veleros (solo un choque fue con un parapente, otro con un helicóptero y otro con un aeroplano pequeño; aunque comenta otro estudio (Georgii *et al.*, 1994, ver referencia en Jenny, 2010) según el cual los parapentes serían ocho veces menos propensos a recibir ataques de rapaces que los ala-delta). Parece ser que la forma de volar y la silueta de los veleros desencadena con mayor facilidad la respuesta innata agresiva de las águilas ante una intromisión en su territorio. Jenny (2010, p.108, traducido) argumenta: “*el hecho de que los estímulos sobredimensionados, como los aviones, puedan desencadenar este comportamiento agresivo, probablemente se deba a la falta de una necesidad evolutiva de limitar el tamaño del estímulo hacia arriba, ya que no existen objetos voladores tan grandes en la naturaleza*”. Las colisiones ocurrieron a una altitud promedio de 2200 m sobre el nivel del mar (lo que corresponde a las zonas de altitud preferidas por las águilas reales en los Alpes). Según este autor, la distancia crítica desencadenante del ataque es de 100 m para águilas adultas en actitud territorial. No encontró relación entre la época de reproducción y los ataques, por lo que parece

que la sensibilidad de esta especie no se restringe a la época de reproducción, ya que defiende el territorio durante todo el año (Jenny, 2010). Este trabajo comenta la posible existencia de individuos especialmente agresivos, por lo que ha de tenerse en cuenta la variabilidad intraespecífica de estos comportamientos. También puede haber otras variables que influyan en estas diferencias. Por ejemplo, en el caso del águila imperial, se ha documentado una mayor agresividad (ante personas que se acercan al nido), a medida que avanza el ciclo reproductor y también se ha sugerido una posible relación positiva entre este comportamiento defensivo del nido y la edad de las aves (Ferrer, *et al.* 1990).

Al parecer, otras especies como el halcón peregrino, el milano real o el busardo ratonero realizan en ocasiones ataques simulados. Sin embargo el águila real es quien protagoniza más registros de ataques reales (que al menos en el 50% de los casos documentados por Jenny (2010) tuvieron consecuencias letales para las águilas). En una quinta parte de los casos de colisión, las águilas reales atacaron varias veces antes de chocar. Y este autor también recopiló algunos casos en los que las maniobras evasivas realizadas en el último momento (por el piloto o por el águila) evitaron la colisión, de lo que deduce que los casos de ataques simulados e interacciones sin colisión deben de ser mucho más comunes que los choques.

Especies	Época de incubación				Época de crianza de los pollos			
	AD (Distancia de alerta)		FID (Distancia de huida)		AD (Distancia de alerta)		FID (Distancia de huida)	
	Mediana	Rango 80%	Mediana	Rango 80%	Mediana	Rango 80%	Mediana	Rango 80%
<i>Milvus milvus</i>	125 (11)	10-300	30 (11)	10-300	125 (9)	10-300	75 (11)	10-300
<i>Accipiter gentilis</i>	125 (10)	10-500	30 (10)	<10-500	175 (10)	50-500	75 (10)	10-300
<b><i>Aquila chrysaetos</i></b>	<b>400 (15)</b>	<b>100-1500</b>	<b>225 (25)</b>	<b>10-1500</b>	<b>625 (14)</b>	<b>150-1000</b>	<b>400 (19)</b>	<b>100-1000</b>
<i>Falco columbarius</i>	225 (22)	<10-500	30 (30)	<10-300	400 (19)	10-500	225 (28)	10-500
<i>Falco peregrinus</i>	225 (26)	10-750	125 (31)	10-500	310 (24)	150-750	225 (30)	50-500
<i>Tyto alba</i>	5 (11)	<10-50	5 (11)	<10-50	5 (10)	<10-50	5 (11)	<10-100
<i>Asio otus</i>	30 (6)	<10-100	5 (7)	<10-100	30 (5)	<10-300	30 (5)	<10-300
<i>Caprimulgus europaeus</i>	5 (6)	<10-50	5 (7)	<10	18 (6)	<10-150	5 (7)	<10-100
<i>Parus cristatus</i>	75 (5)	<10-100	5 (5)	<10-100	75 (4)	10-100	30 (5)	<10-100
<i>Loxia spp.</i>	5 (7)	<10-150	5 (8)	<10-50	5 (9)	<10-150	5 (9)	<10-50

**Tabla 6.** Se han extraído de Ruddock & Whitfield (2007, pp. 56 y 57) los datos de las especies presentes en Guadarrama. *Resumen de las distancias de perturbación (en metros) resultantes de una encuesta de opinión a expertos. Se muestran los valores medios (con el nº de opiniones entre paréntesis) y en la columna: "Rango 80%": el rango en valores de opinión una vez excluidos el 10% de respuestas extremas por encima y por debajo. Todas las distancias se refieren a la molestia causada por una persona acercándose a pie al nido.*

**Conclusión:**

Hay una gran variación entre las distintas recomendaciones de distancias de sensibilidad recopiladas para el águila real, que podría estar relacionada con la amplia distribución de la especie o con la posible existencia de individuos especialmente agresivos (Jenny, 2010) y de otros más tolerantes (Weber & Schnidrig-Petrig, 1997). Al parecer, las distancias de sensibilidad podrían variar entre 300 y 1000 metros. Ante la falta de datos empíricos locales y considerando la posibilidad que tienen los practicantes de vuelo sin motor de acercarse mucho a los nidos (que esta especie construye principalmente en cortados rocosos), el principio de precaución aconseja tomar las distancias mayores como referencia. Por ello, para el dibujo de las áreas sensibles se han considerado 1000 metros alrededor de los nidos de águila real (teniendo en cuenta tanto los ocupados como las zonas históricas de cría conocidas). Además, al menos en la vertiente segoviana del Parque, los datos reproductivos de la especie no son buenos, por lo que debería intentarse reducir al máximo las posibles molestias.

Periodo de mayor sensibilidad en torno a los nidos de la especie: *1 de febrero – 1 de agosto* (los primeros vuelos suelen darse a finales de julio-primeros de agosto; sin embargo, los jóvenes suelen permanecer cerca del nido varias semanas después de abandonarlo, por lo que podría tener sentido alargar el periodo de sensibilidad hasta la primera o segunda semana de agosto). Por otro lado, como se ha comentado, las interacciones agresivas con águilas reales territoriales pueden ocurrir en cualquier momento del año.

## 5.2. Otras zonas sensibles

El *Manual de gestión del hábitat y de las poblaciones de buitre negro en España* (Moreno-Opo et al. 2007, p. 20) define como áreas sensibles para esta especie, aquellas “*partes del territorio (en finca, monte o espacio natural protegido...) en que el buitre negro desempeña las fases más delicadas de su ciclo vital*”. Estas serían:

- Las *Áreas sensibles de reproducción* (nidos y su entorno).
- Las *Áreas de alimentación* (superficie de terreno donde de forma regular el buitre negro obtiene su alimento). En Guadarrama estas áreas de alimentación estarían en su mayoría fuera de los límites del Parque, ya que se alimentan sobre todo en las llanuras circundantes.
- Las *Áreas de descanso o reposo* (conjunto de puntos de descanso habituales).

Y según esta misma referencia, estas Áreas sensibles acogerían “*una superficie determinada por un radio de 500 m alrededor de cada uno de los puntos de referencia*”.

Por ello, para el dibujo de los mapas de Áreas Sensibles al Sobrevuelo también se ha tenido en cuenta la visibilidad desde los muladares y dormideros conocidos.

### 5.3. Estudio del hábitat potencial del Buitre negro

Teniendo en cuenta la actual tendencia positiva de las colonias del Parque, se ha considerado necesario incluir en las zonas sensibles, tanto las *zonas de presencia actual* de la especie, como aquellos sectores en los que la colonización sea previsible por métodos objetivos en el periodo de vigencia del PRUG (10 años). Con ello se pretende no comprometer la posible colonización futura de zonas apropiadas.

Para la vertiente madrileña existía ya un estudio sobre la cuestión titulado: *Hábitat potencial del buitre negro* (*Aegypius monachus*) en la sierra de Guadarrama (Madrid), realizado por Cuevas & De la Puente (2005) y disponible en <https://www.researchgate.net/>. Para este informe, se ha realizado el mismo análisis en la vertiente norte, tomando como referencia la metodología empleada en dicho trabajo.

Se construyó un *modelo discriminante* que permitiera clasificar el territorio en función de la probabilidad que tuviera cada punto de ser adecuado para la cría del buitre. Para ello se compararon los valores que tomaban ciertas variables ambientales en las inmediaciones de los nidos con los valores que tomaban en otros puntos del territorio escogidos al azar. En Cuevas & De la Puente (2005) puede verse una descripción pormenorizada de la metodología utilizada, así como el razonamiento de la inclusión de cada variable en los modelos.

Las **variables** tenidas en cuenta (Anexo 5.1) fueron:

- *Variables forestales* que se consideraba podrían indicar grado de desarrollo de la vegetación. En la vertiente segoviana (por haberse realizado el trabajo en 2018) se ha podido contar con datos obtenidos para todo el territorio a partir del vuelo *lidar* del PNOA de 2010. Los datos *lidar* se descargaron en archivos de 2x2 km con una resolución de 0,5 puntos/m<sup>2</sup> y se procesaron para eliminar los *outliers* con la herramienta *FilterData* de **FUSION** (McGaughey, 2018), siguiendo el procedimiento utilizado en Saiz (2016). Por medio de la aplicación *Silvilidar* (Crespo & Díez, 2016) se calcularon las variables forestales con una resolución de 10x10 m. Este último algoritmo usa las herramientas de **FUSION** para calcular en cada celda la media de: Rc (*Razón de copa*), Lc (*Longitud de copa*), Hm (*Altura*), Hbc (*Altura de la base de la copa*) y Fcc (*Fracción de cabida cubierta*). También se utilizó como variable de los modelos una capa categórica que *Silvilidar* genera automáticamente, en la que clasifica cada tesela en un “*tipo de masa*”, que indica el grado de desarrollo de la vegetación (pueden verse las 22 categorías de esta capa en el Anexo 5.2). *Silvilidar* permite proyectar crecimientos de la vegetación para estimar el estado real en el momento en que se hace el modelo a partir del último vuelo *lidar* disponible. Se calcularon todas las variables para 2015 (año central de la serie de datos de nidificación tenida en cuenta) y se simuló el crecimiento de la vegetación para estimar también el hábitat potencial del buitre en 2029 (con la finalidad de evaluar el hábitat potencial al final del periodo de vigencia del PRUG). Para ello se han introducido los siguientes valores de crecimiento en altura: 0,3m/año y de crecimiento de la fcc: 2,5%/año (siguiendo el criterio de los desarrolladores de *Silvilidar*; Crespo & Díez, 2016).
- *Orientación de ladera* (definida en 8 categorías; ver Anexo 5.3), *Altitudes* y *Pendientes* calculadas con **ArcGIS** (ESRI, 2010) a partir de un *modelo digital del terreno* de 5x5 m de resolución.
- *Modelos de insolación* (entre Febrero-Junio y entre Febrero-Agosto), generados con la herramienta “*Area Solar Radiation*” de **ArcGIS**, también a partir del *modelo digital del terreno* de 5x5m. En concreto

se calculó la *radiación global incidente* en cada celda del territorio en valores promedios diarios para cada uno de los dos periodos considerados (en kWh/m<sup>2</sup>).

- *Distancia desde cada nido y cada punto del territorio hasta los caminos, carreteras o sendas más próximas* (como indicadores de molestias de origen antrópico); así como distancia al curso de agua más próximo (como indicador de la posición relativa en las laderas; Cuevas & De la Puente, 2005).
- *Coste de accesibilidad del territorio* como variable indicadora también de menor probabilidad de molestias producidas por el hombre. Se calculó un modelo de coste de acceso siguiendo el procedimiento utilizado en la vertiente madrileña (Cuevas & De la Puente, 2005). Para ello se tuvo en cuenta la penetrabilidad de cada tipo de vegetación (pero considerando también su grado de desarrollo según los datos *lidar*), llegándose a un mapa de resistencia al acceso según la vegetación con 4 categorías. A este valor se le sumó la resistividad debida a la pendiente (también en 4 categorías), dando como resultado un *mapa de resistencia* que tomaba valores que variaban entre 1 y 8. Teniendo en cuenta caminos y sendas (como reductores de la resistencia) se calculó el *mapa de fricción* que es un modelo que indica lo que cuesta moverse por cada punto del territorio. Con este mapa y considerando como posibles *puntos de acceso*: los núcleos urbanos, las áreas recreativas y las carreteras, se calcularon 4 *mapas de coste de acceso* que se usaron después como variables del modelo de hábitat potencial. En concreto se obtuvieron mapas de: *Coste de acceso desde núcleos urbanos*, *Coste de acceso desde áreas recreativas*, *Coste de acceso desde carreteras* y *Coste de acceso total* (desde cualquiera de los tipos de punto de acceso anteriores). En la construcción de estos modelos se consideró la accesibilidad desde ambas vertientes de la sierra (para llegar a un modelo lo más realista posible).
- *Distancia a la plataforma de nidificación de buitre negro más cercana* (como indicador de los hábitos coloniales de la especie).
- Variables climáticas que se consideraba a priori que podrían influir en la reproducción del buitre (*precipitación y temperatura media anual, temperatura media del mes más frío* (enero) *y del mes más cálido* (julio) y las *medias de las temperaturas máximas y de las mínimas del mes más frío*). El estudio madrileño contaba con variables estimadas con una celda de 50 metros de lado. Para Segovia, la mejor información disponible era la del *Atlas Agroclimático de Castilla y León* (<http://atlas.itacyl.es/>), con una resolución de 500x500 metros.
- *Tipo de formación vegetal* según la información disponible del PORN del Espacio Natural Sierra de Guadarrama con 44 categorías (pueden verse en el Anexo 5.4).
- Forma y tamaño relativo de las manchas de vegetación (tres variables calculadas según las fórmulas utilizadas en estudio del lado madrileño (Cuevas & De la Puente, 2005). En concreto las variables se llaman: *Dimensión fractal, Forma y Superficie relativa*).
- Se han calculado además otras variables consideradas interesantes en Moreno-Opo *et al.* (2012), como la *distancia al canchal o roquedo natural más próximo*, o la *longitud de pistas y sendas en un radio de 500 metros*.

En la vertiente segoviana el análisis se ha realizado de dos formas distintas: un modelo de *análisis discriminante* realizado con el paquete estadístico **SPSS** (IBM, 2017) (reproduciendo de la manera más

exacta posible el trabajo realizado en el lado madrileño) y un análisis de distribución por *máxima entropía* mediante el programa **Maxent** (Phillips *et al.* [Internet]). Ambas aproximaciones pretenden realizar una clasificación del territorio basándose en las características ambientales de las zonas en que se ha constatado la presencia del buitre negro como reproductor:

### 5.3.1. Análisis discriminante con SPSS

Se calcularon todas las variables en resolución de 10 metros (como ya se ha comentado se contaba con variables de partida con celda de 5x5 ó de 10x10 para todas las variables, excepto las climáticas). Siguiendo a Cuevas & De la Puente (2005), a partir de estas capas se calculó el valor medio de todas las variables independientes para la superficie cubierta por un buffer hexagonal de 100 metros de radio con centro en cada uno de los nidos conocidos (cada hexágono tiene 2,598 ha). Se tuvieron en cuenta un total de **214 ubicaciones** distintas de plataformas que han estado ocupadas al menos una vez en el periodo 2014-2017, que correspondían a distintos territorios de nidificación y cuyos hexágonos no se solapaban. De estas, se seleccionaron al azar **161 plataformas** (dejando fuera del análisis el 25% para posteriormente validar el modelo).

Se calcularon también los valores medios de todas las variables para **163 hexágonos repartidos al azar** por el territorio del *Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama* (las selecciones se realizaron con la herramienta *Randompoints* de ArcGIS).

Los hexágonos se han generado con *Generate Shapes* del conjunto de herramientas de **Geospatial Modelling Environment** (Beyer, 2012). El cálculo de los valores medios de cada hexágono para las variables continuas se hizo con la herramienta *Zonal Statistics as table* (de ArcGIS). Las variables categóricas se tuvieron que transformar calculando el porcentaje de cobertura de cada categoría en cada hexágono con *Zonal Histogram*, también de ArcGIS.

Con estos dos conjuntos de datos (*Grupo 2*: 161 hexágonos con nido; *Grupo 1*: 163 hexágonos sin nido) se realizó un análisis discriminante con SPSS hasta encontrar el modelo que, con un número manejable de variables, clasificara mejor las unidades muestrales en un grupo u otro. En las primeras versiones del modelo se incluyeron todas las variables tenidas en cuenta en la vertiente madrileña.

#### - RESULTADOS DEL MODELO DISCRIMINANTE PARA LA VERTIENTE MADRILEÑA:

Cuevas y De la Puente (2005, pp. 35-37), obtuvieron los siguientes resultados:

#### **Coefficientes estandarizados de los grupos en la función discriminante**

(indican la importancia de cada variable en el cálculo de la función discriminante):

Variables en el Modelo		Coefficientes tipificados
<b>AltPsy</b>	Altura media de los pies de <i>Pinus sylvestris</i>	0,657
<b>xTMaxEne</b>	Media de las temperaturas máximas del mes más frío (Enero)	0,616

<b>Pend</b>	<i>Pendiente expresada en porcentaje</i>	0,499
<b>DistNid</b>	<i>Distancia media a las plataformas de nidos</i>	- 0,488
<b>AccUrb</b>	<i>Coste de acceso de visitantes desde zonas urbanas</i>	0,342
<b>Shape</b>	<i>Índice de forma de la mancha de vegetación</i>	0,281
<b>PimixRe</b>	<i>Cobertura de Pinares mixtos repoblados</i>	- 0,204
<b>NE</b>	<i>Orientación Noreste</i>	- 0,191

### **Función discriminante de la presencia reproductora de buitre negro**

(Coeficientes no tipificados; Y = Coordenada discriminante):

$$Y = 0,047 \times \text{Pend} - 0,008 \times \text{NE} + 0,337 \times \text{TMaxEne} + 0,004 \times \text{AccUrb} \\ - 0,078 \times \text{DistNid} - 0,036 \times \text{PimixRe} + 0,191 \times \text{Shape} + 0,140 \times \text{AltPsy} - 4,664$$

### **Resultados de la validación del modelo para la clasificación de presencias:**

Nº Casos válidos de presencia de nido	<b>Bien clasificados</b>	<b>Mal clasificados</b>
Validación interna (n=50)	<b>49 (98,00%)</b>	<b>1 (2,00%)</b>
Validación cruzada (n=153)	<b>148 (96,73%)</b>	<b>5 (3,27%)</b>

### **- RESULTADOS DEL MODELO DISCRIMINANTE PARA LA VERTIENTE SEGOVIANA:**

El análisis discriminante exige distribución normal multivariante y matrices de covarianza iguales en todos los grupos, pero en la práctica, es considerada una técnica robusta y no se ve gravemente afectada si alguno de los supuestos anteriores no se cumple (Torrado & Berlanga, 2013). Además se siguieron las recomendaciones de Cea D'Ancona (2016) y se utilizó la función discriminante cuadrática, así como matrices de covarianza separadas para cada grupo, en vez de la matriz de covarianza intragrupal.

Como en la vertiente madrileña, para determinar la inclusión de las variables independientes en la función discriminante, se utilizó la estrategia de *inclusión por pasos*, teniendo en cuenta los mismos valores de entrada y salida en el modelo que los utilizados en el estudio madrileño (*p de cambio de la lambda de Wilks* de 0,005 para la entrada y 0,006 para la salida; Cuevas & De la Puente, 2005).

1º) El análisis discriminante a escala de paisaje (incluyendo todo el territorio del Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama), dio este resultado:

#### **Coeficientes de función discriminante canónica estandarizados**

(indican la importancia de cada variable en el cálculo de la función discriminante):

SUM_112	0,541
Pendiente media	0,435
SUM_82	0,348
Altura media vegetación (Hm)	0,306
V29	- 0,220

SUM\_112 = categoría Silvilar: Fustal maduro claro.

SUM\_82 = categoría Silvilar: Necesidad de poda alta y clara suave en Monte Desarrollado.

### Coefficientes de Función de clasificación (sin estandarizar)

Funciones discriminantes lineales de Fisher	1=sin nido	2=con nido
Altura media vegetación (Hm)	0,228	0,351
Pendiente media	0,164	0,259
SUM_82	0,017	0,109
SUM_112	- 0,043	0,024
V29	- 0,007	- 0,036
(Constante)	- 3,325	- 10,319

Resultados de clasificación <sup>a,c</sup> :			Pertenencia a grupos pronosticada		Total
			1=sin nido	2=con nido	
Original	Recuento	1	130	33	163
		2	7	154	161
	%	1	79,8	20,2	100,0
		2	4,3	95,7	100,0
Validación cruzada <sup>b</sup>	Recuento	1	127	36	163
		2	<b>10</b>	<b>151</b>	161
	%	1	77,9	22,1	100,0
		2	<b>6,2</b>	<b>93,8</b>	100,0

a. 87,7% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

b. La validación cruzada se ha realizado sólo para aquellos casos del análisis. En la validación cruzada, cada caso se clasifica mediante las funciones derivadas de todos los casos distintos a dicho caso.

c. 85,8% de casos agrupados validados de forma cruzada clasificados correctamente.

### Resultados de la validación del modelo para la calificación de presencias:

Nº Casos válidos de presencia de nido	<b>Bien clasificados</b>	<b>Mal clasificados</b>
Validación interna (n=53)	<b>53 (100 %)</b>	<b>0 (0 %)</b>
Validación cruzada (n=161)	<b>151 (93,8 %)</b>	<b>10 (6,2 %)</b>

Si, como en el estudio de Cuevas & De la Puente (2005), no prestamos atención a los casos de clasificación errónea de ausencias, los niveles de acierto del modelo serían del 93,8% para la validación cruzada y del 100% para la validación interna (clasifica correctamente todos los nidos que se dejaron fuera del modelo para la validación). Son niveles de acierto comparables a los del modelo de la vertiente sur y nos permiten hacer un análisis conjunto de las dos caras de la Sierra.

Con las funciones discriminantes, se calculó la probabilidad de que cada celda del territorio resultara clasificada como apropiada para la cría del buitre negro y, siguiendo a Cuevas y De la Puente (2005), con esa información se construyó el mapa de hábitat potencial de la especie al 70% de probabilidad (con resolución de 50 metros). Con una probabilidad del 70%, el modelo clasifica con *presencia de la especie* unas 11600 ha (o lo que es lo mismo, el 13,9% de la superficie del *Parque Natural Sierra Norte de*

Guadarrama y el 25,8% del conjunto que forman el *Parque Nacional* y su *Zona Periférica de Protección*). El modelo del lado madrileño clasificaba positivamente 9441 ha, por lo que para el ámbito de los PORN de las dos Comunidades Autónomas, estaríamos hablando de unas 21000 ha de hábitat potencial de cría para el buitre negro al 70% de probabilidad (aunque habría que tener en cuenta que el estudio madrileño se realizó en 2005).

Las variables con mayor peso predictivo son las que tienen que ver con el grado de desarrollo de la vegetación (*SUM\_112* y *Altura media* indicarían madurez de la masa). El efecto de *SUM\_82* seguramente se deba más a su escasa representación relativa en el área de estudio y a que suele aparecer asociado a otras categorías de madurez (ver apartado 5.3.2). La *pendiente* suele relacionarse con una mayor inaccesibilidad (aunque tampoco puede descartarse una preferencia por lugares que faciliten el despegue con el menor gasto de energía posible). El coeficiente negativo de *V29* indica que las repoblaciones no serían hábitat de nidificación apropiado (al menos en su estado actual), aunque su contribución al modelo (medida por el coeficiente estandarizado) es la menos importante. En el modelo madrileño también entraron con coeficientes positivos: la *Altura de la vegetación* y la *Pendiente*; mientras que las *repoblaciones de pino* también contribuyeron al modelo con coeficiente negativo (Cuevas & De la Puente, 2005).

2º) Se repitió el análisis discriminante a escala de más detalle (teniendo en cuenta solamente la superficie cubierta por pinos naturales), con la intención de averiguar qué variables pueden predecir mejor la nidificación del buitre negro:

#### Coefficientes de función discriminante canónica estandarizados

(indican la importancia de cada variable en el cálculo de la función discriminante):

SUM_112 (=fustal maduro claro)	0,683
Pendiente	0,416
V20 (=melojares guadarrámicos)	0,365
Forma de la tesela (indica irregularidad)	- 0,322
Coste de acceso desde pueblos	0,307
Distancia a caminos, sendas y carreteras	0,293
Distancia a nido más próximo	- 0,241

#### Coefficientes de función de clasificación (sin estandarizar)

Funciones discriminantes lineales de Fisher	1=sin nido	2=con nido
Coste de acceso desde pueblos	0,001	0,001
Distancia a caminos, sendas y carreteras	- 0,001	0,003
Forma de la tesela	0,830	0,623
Pendiente	0,247	0,330
Distancia a nido más próximo	0,002	0,001
SUM_112	0,062	0,128
V20	0,077	0,119
(Constante)	- 12,851	- 18,231

Resultados de clasificación <sup>a,c</sup> :			Pertenencia a grupos pronosticada		Total
			1=sin nido	2=con nido	
Original	Recuento	1	134	29	163
		2	23	138	161
	%	1	82,2	17,8	100,0
		2	14,3	85,7	100,0
Validación cruzada <sup>b</sup>	Recuento	1	133	30	163
		2	<b>23</b>	<b>138</b>	161
	%	1	81,6	18,4	100,0
		2	<b>14,3</b>	<b>85,7</b>	100,0

a. 84,0% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

b. La validación cruzada se ha realizado sólo para aquellos casos del análisis. En la validación cruzada, cada caso se clasifica mediante las funciones derivadas de todos los casos distintos a dicho caso.

c. 83,6% de casos agrupados validados de forma cruzada clasificados correctamente.

#### Resultados de la validación del modelo para la calificación de presencias:

Nº Casos válidos de presencia de nido	<b>Bien clasificados</b>	<b>Mal clasificados</b>
Validación interna (n=53)	<b>47 (88,7 %)</b>	<b>6 (11,3 %)</b>
Validación cruzada (n=161)	<b>138 (85,7 %)</b>	<b>23 (14,3 %)</b>

Sin tener en cuenta los casos de clasificación errónea de ausencias, los niveles de acierto del modelo serían del 85,7% para la validación cruzada y del 88,7% para la validación interna. Al considerar solamente la zona de pinares naturales, este modelo debería seleccionar las variables que mejor pueden predecir el uso a escala de monte. En este caso las variables con más peso siguen siendo *SUM\_112* (que se asocia a cobertura de monte maduro claro) y la *Pendiente* (que tendría que ver con la inaccesibilidad y/o con mejores condiciones para el despegue). Dentro la matriz de pinares, la existencia de cierta *cobertura de melojo* (variable *V20*) estaría asociada con un efecto positivo. La influencia de *forma de tesela* tiene un sentido contrario al esperado y al obtenido en Madrid, donde esta variable (que según Cuevas y de la Puente (2005) indicaría irregularidad y naturalidad de las masas) se asoció positivamente a la probabilidad de presencia del buitre como reproductor. Esto puede deberse al teselado utilizado en Segovia, que quizás no tenga el mismo nivel de detalle en toda la superficie, o más probablemente a que en la vertiente segoviana hay grandes superficies de pinar de origen natural con bordes bastante regulares.

Se asocia un efecto positivo al mayor *Coste de acceso desde poblaciones* y a mayor *Distancia a caminos, sendas y carreteras*, lo que coincide con los resultados del lado madrileño y de otros estudios realizados con la especie (Poirazidis *et al.* 2004). El efecto negativo de la *distancia al nido más cercano* es lógico en una especie que cría en colonias.

#### 5.3.2. Análisis de máxima entropía con Maxent

Se ha usado también *Maxent* porque este programa facilita mucho la obtención de la salida gráfica, permite trabajar tanto con variables categóricas como continuas y porque generó modelos que clasificaban bien los datos reservados para la valoración.

Se utilizó una resolución de 50x50 metros, siguiendo el criterio de Poirazidis *et al.* (2004) que consideran ese tamaño de celda la superficie mínima que precisa el buitre para la reproducción. Las variables continuas se transformaron de la resolución original de 10x10m con la herramienta *Aggregate* de *ArcGIS* (que calcula el valor medio de las celdas agregadas), mientras que para las variables categóricas se usó *Resample* (que asigna a cada celda aquel valor que sea mayoría entre las agregadas). Evidentemente este cambio de resolución implica una simplificación de las variables y debe tenerse en cuenta en la interpretación de resultados. Para la submuestra de valoración del modelo se reservaron aleatoriamente el 25% de los datos.

Se hizo correr el modelo para todo el territorio del Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama y con todas las variables; se repitió el proceso iterativamente eliminando las variables que no daban información, hasta llegar a un conjunto de factores con algún peso explicativo y un modelo válido (Phillips, 2017).

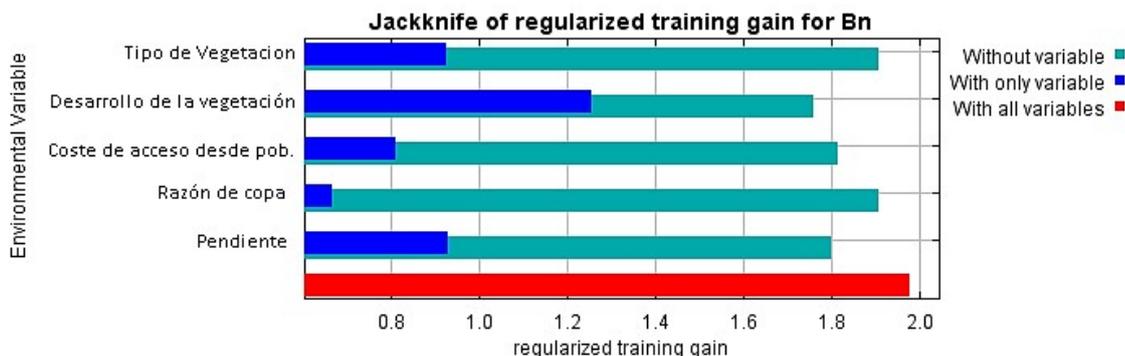
**Resultados:** Se obtuvieron dos modelos casi equivalentes dependiendo de si se introducía la variable categórica de desarrollo de la vegetación generada por *Silvilidar* o en su lugar la *Altura de la vegetación*.

Modelo 1	Modelo 2
Desarrollo vegetación (teselado Silvilidar)	Altura media de la vegetación
Pendiente	Razón de copa
Coste de acceso desde poblaciones	Pendiente
Razón de copa	Coste de acceso desde poblaciones
Tipo de vegetación (teselas PORN)	Tipo de vegetación (teselas PORN)

Ambos modelos difieren solo en la importancia de cada variable y tienen prácticamente la misma validez. Este resultado indica que, como es lógico, gran parte de la información de la variable *Desarrollo de la vegetación* (= *Teselado Silvilidar*), está contenida en las variables forestales. Se muestran a continuación los resultados del “**Modelo 1**” (los del “Modelo 2” pueden verse en el Anexo 6):

**Análisis de la contribución de cada variable:**

Maxent permite realizar una prueba de *Jackknife* para este propósito (Phillips, 2017):



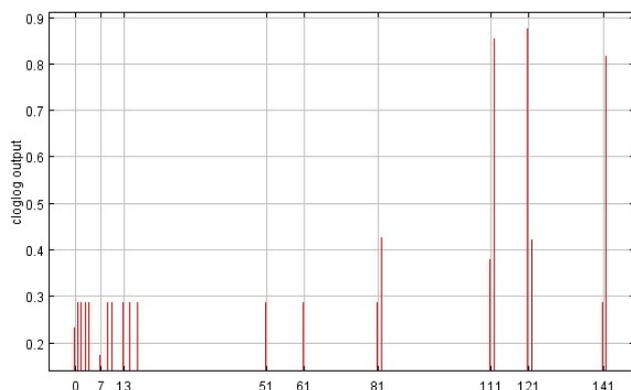
RESUMEN de la prueba de <i>Jackknife</i>	Variable con más peso	Variabes con menos peso
--	-----------------------	-------------------------

Variación de la ganancia al retirar la variable (barras azul claro)	Desarrollo vegetación	Razón de copa, Tipo de vegetación
La variable explica más o menos por sí sola (barras azul oscuro)	Desarrollo vegetación	Razón de copa

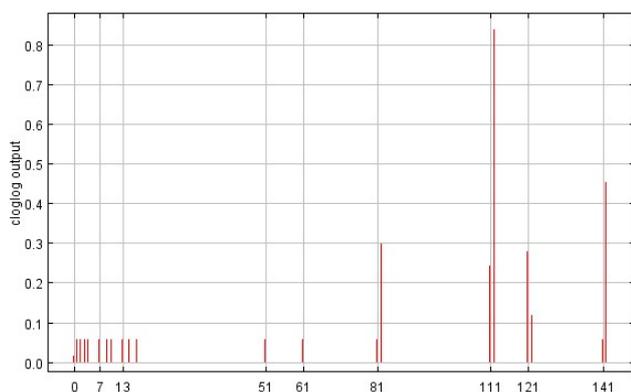
La variable más importante a la hora de construir el modelo es *Desarrollo de la vegetación* y la que menos explica por sí sola es *Razón de copa* (probablemente, buena parte de la información útil contenida en *Razón de copa* esté ya incluida en *Desarrollo de la vegetación*).

### Curvas de respuesta de las variables:

#### - 1. Desarrollo de la vegetación:



a) Curva de respuesta que muestra cómo cambia la probabilidad de presencia predicha según varía “*Desarrollo de la Vegetación*”, manteniendo las demás variables en su valor muestral medio.



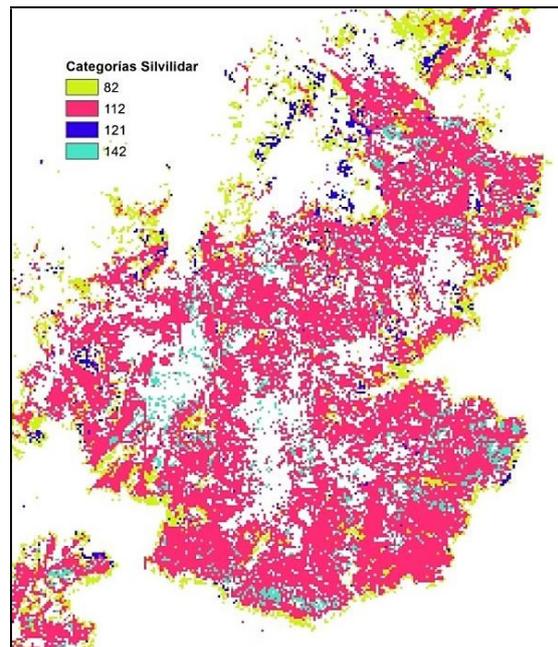
b) Curva de respuesta que muestra cómo cambia la probabilidad de presencia predicha en un modelo construido únicamente con “*Desarrollo de la Vegetación*” (refleja la dependencia de la variable y de las correlaciones de esta con las otras variables).

Menor idoneidad	Mayor idoneidad
SUM_7: Alto latizal claro	SUM_121: Clara en fustal SUM_112: Fustal maduro claro SUM_142: Fustal maduro aclarado SUM_82: Necesidad de poda alta y clara suave en Monte Desarrollado SUM_111: Fustal claro

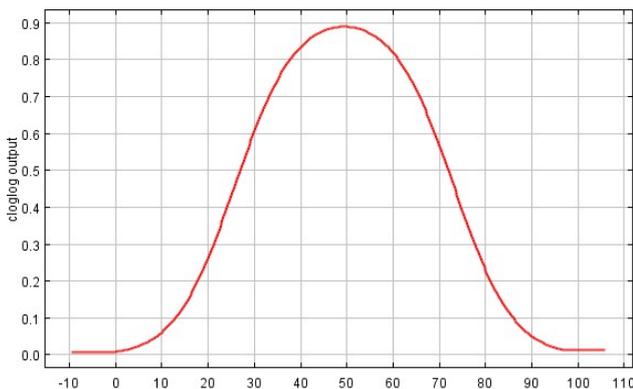
Hay mayor idoneidad para la cría del buitre negro en los tipos de masa maduros y claros. El efecto de SUM\_82 y SUM\_121 puede deberse más a su escasa representación espacial en el área de estudio y a que

suelen aparecer asociadas a otras categorías indicadoras de madurez (ver Figura 11). No debe olvidarse que cada celda de 50x50m proviene de la simplificación de las celdas de 10x10 originales de *Silvilidar*. El resultado importante es que, a nivel de paisaje, esta variable (*Desarrollo de la vegetación*) en conjunto es importante para la predicción y que las categorías que indican madurez del arbolado parecen ser buenos predictores de la probabilidad de nidificación.

**Figura 11:** Ejemplo de la clasificación que hizo Silvilidar para los Montes de Valsáin. Se muestran las categorías que resultaron con *mayor idoneidad* en este modelo de Maxent.

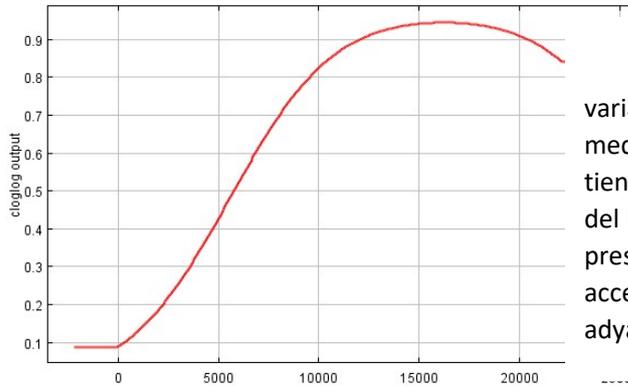


- 2. Pendiente:



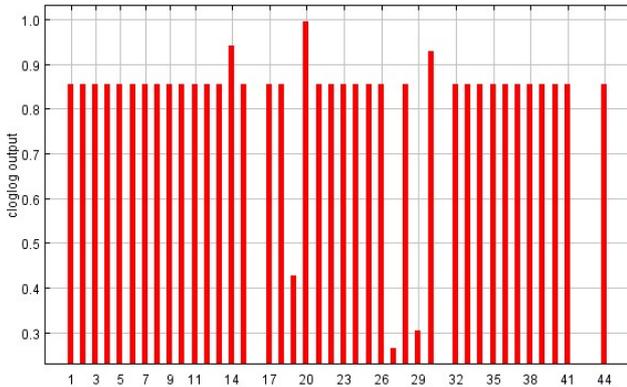
Manteniendo las demás variables en su valor muestral medio, se observa que a mayor pendiente, mayor idoneidad para la cría del buitre negro; aunque, como es lógico, a partir de ciertos valores, la idoneidad empieza a bajar por la inexistencia de árboles adecuados en laderas demasiado empinadas.

- 3. Coste de acceso desde poblaciones:

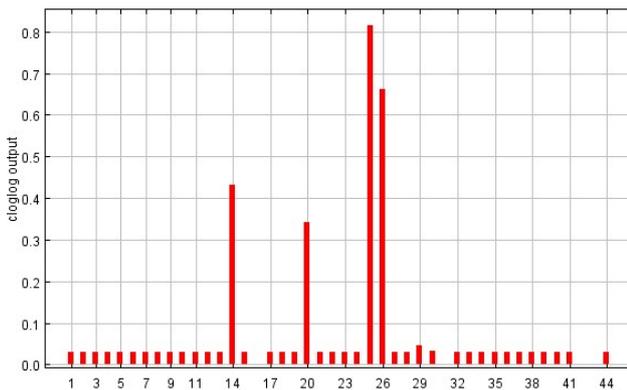


Manteniendo las demás variables en su valor muestral medio, se puede observar que tienen mayor idoneidad para la cría del buitre negro aquellas zonas que presentan mayor dificultad de acceso desde los núcleos urbanos adyacentes al Parque Nacional.

- 4. Teselado de tipo de vegetación:



a) Curva de respuesta que muestra cómo cambia la probabilidad de presencia predicha según varía "Tipo de vegetación", manteniendo las demás variables en su valor muestral medio.

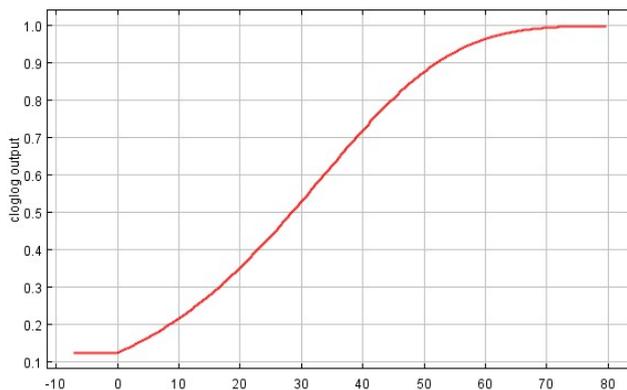


b) Curva de respuesta que muestra cómo cambia la probabilidad de presencia predicha en un modelo construido únicamente con "Tipo de vegetación" (reflejando la dependencia de la variable y de las correlaciones de esta con las otras variables).

Menor idoneidad	Mayor idoneidad
27: Piornales serranos orosubmediterráneos	20: Melojares guadarrámicos
29: Plantaciones de Pinus sylvestris	14: Gleras y canchales guadarrámicos
19: Matorrales seriales supramediterráneos de genisteas	30: Prados de diente

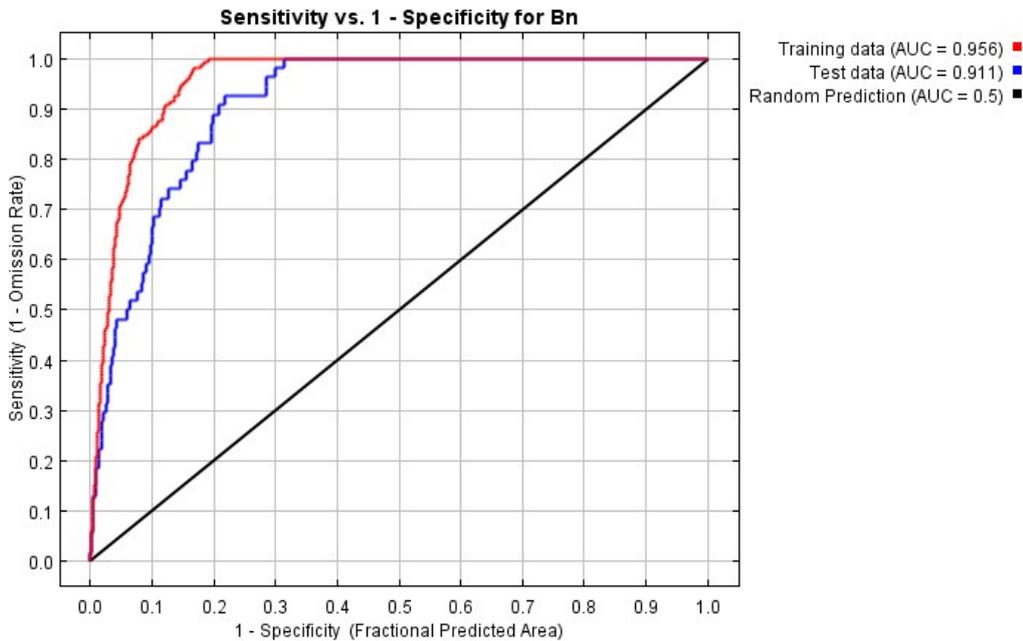
Como es lógico, a nivel de paisaje resultan con menor idoneidad para la cría del buitre negro, aquellas formaciones vegetales que presentan teselas grandes con mucha superficie pero que no se asocian a ningún nido conocido. Es más interesante el “efecto positivo” de gleras, melojares y prados (insertos en la matriz de grandes pinares supramediterráneos). Pero otra vez, el mayor o menor efecto de las categorías es relativo y se puede explicar por la diferente superficie ocupada por cada formación en el área de estudio. La lógica mayor idoneidad de las categorías 25 y 26 (pinares naturales) que puede verse en la gráfica b, se diluye cuando se mantienen las demás variables en su valor muestral medio (la mayoría de la información de estas categorías probablemente esté ya incluida en las variables de desarrollo de la vegetación)

- 5. Razón de copa:



La proporción de copa verde con respecto a la longitud total (Rc: razón de copa) que calcula *Silvilar* puede servir de indicador de la espesura (Crespo & Díez, 2016). De forma que a mayor razón de copa, menor espesura y mayor idoneidad para la cría del buitre negro (manteniendo las demás variables en su valor muestral medio).

**Validez del modelo:**



El modelo es válido (*Training data AUC=0,956*). *Maxent* también calcula el valor de idoneidad crítico (a partir del cual se ha considerado que el hábitat es apropiado para la cría del buitre negro; este dato permite construir mapas de adecuación del territorio): *Maximum training sensitivity plus specificity = 0.099*

**Conclusiones generales del análisis de los datos:**

El objetivo del trabajo era predecir qué zonas del territorio pueden ser apropiadas para la nidificación del buitre negro. No se debe asumir que la selección de variables por los modelos implique un efecto causal entre el hábitat y la distribución de las aves (Poirazidis *et al.* 2004), pero se ha considerado interesante intentar razonar las correlaciones observadas.

Todos los modelos realizados (los de análisis discriminante y los de máxima entropía) arrojan resultados gráficos similares y escogen variables que indican selección de parámetros relacionados.

En general y coincidiendo con los resultado obtenidos en otros estudios con buitre negro, todos los modelos están integrados por variables que indican un efecto positivo del *grado de madurez de la vegetación* (variables de *Desarrollo de la vegetación Silvilidar* y *Altura de vegetación*). Moreno-Opo *et al.* (2012) encontraron que, en la selección de hábitat de esta especie, era importante una buena cobertura de árboles altos, mientras que en el estudio de Poirazidis *et al.* (2004) los buitres seleccionaron árboles con mayor diámetro (DBH) (aunque de menor altura, por estar su colonia sobre *Quercus*). Por su parte, los autores del estudio de la vertiente madrileña (Cuevas y De la Puente, 2005) encontraron también una influencia positiva de la altura media de los pinos.

También hay coincidencia con otros estudios en la selección por parte de los buitres de zonas con pendientes elevadas y alejadas de la influencia humana (Moreno-Opo *et al.* 2012; Cuevas & De la Puente, 2005; Poirazidis *et al.* 2004).

Comparando los distintos modelos obtenidos, aparte de la selección de pinares aclarados con presencia de árboles altos, se advierte una mayor idoneidad de los pinares naturales que cuentan con manchas de otros hábitats; lo que podría estar indicando cierta preferencia por pinos dominantes situados en zonas algo más abiertas (con praderas, manchas de melojo, roquedos, etc), o simplemente estar describiendo las características de las zonas altas, tranquilas y con elevada pendiente donde los buitres encuentran los árboles maduros que precisan para criar.

La consistencia entre los distintos modelos y con otros estudios consultados, así como los porcentajes de selección aceptables obtenidos en la validación, hacen que se pueda tener suficiente confianza en los resultados como para realizar un modelo de hábitat potencial de nidificación de buitre negro en la vertiente segoviana de Guadarrama.

Y uniendo los modelos de ambas vertientes al 70% de probabilidad, se ha incluido este análisis del hábitat potencial de reproducción del buitre negro en el dibujo de las Zonas Sensibles al Sobrevuelo (Anexo 3).

#### **5.4. Uso del espacio aéreo por parte de las rapaces del Parque**

Los buitres negros de Guadarrama usan las mismas técnicas de vuelo que los practicantes de vuelo sin motor (o viceversa). Por un lado, utilizan los vuelos de ladera y descenso para moverse dentro de las colonias y hacia las zonas de alimentación (Hiraldó & Donázar, 1990) y por otro, son maestros en el vuelo en térmica cuando las condiciones lo permiten (en la figura 12 puede verse la trayectoria de un vuelo en térmica típico; en este caso de un buitre leonado). Por ello no es raro que buitres y aficionados se encuentren en el aire y compartan el mismo espacio de vuelo. Estos encuentros son referidos a veces por los pilotos como una experiencia deseable y buscada, asumiendo que los animales “se acercan con curiosidad” y “sin ningún impacto negativo”. Sin embargo, como comenta Doval (2018): esta “*actitud de ‘volamos con los buitres’ es muy poco acertada, y debe eliminarse como práctica en el colectivo de deportistas*”.

Por mucho que los animales puedan tolerar cierto grado de intromisión en su áreas de campeo (sobre todo si no afectan a las zonas vitales de descanso y reproducción), no está demostrado que estas interacciones no tengan ningún efecto sobre su comportamiento y desempeño vital (la realidad es que es algo complicado de corroborar, aunque estos contactos puedan parecer inocuos desde el punto de vista humano).



**Figura 12.** Típico vuelo en térmica de un buitre leonado equipado con un gps (extraída de Treep *et al.* 2016, p. 952).

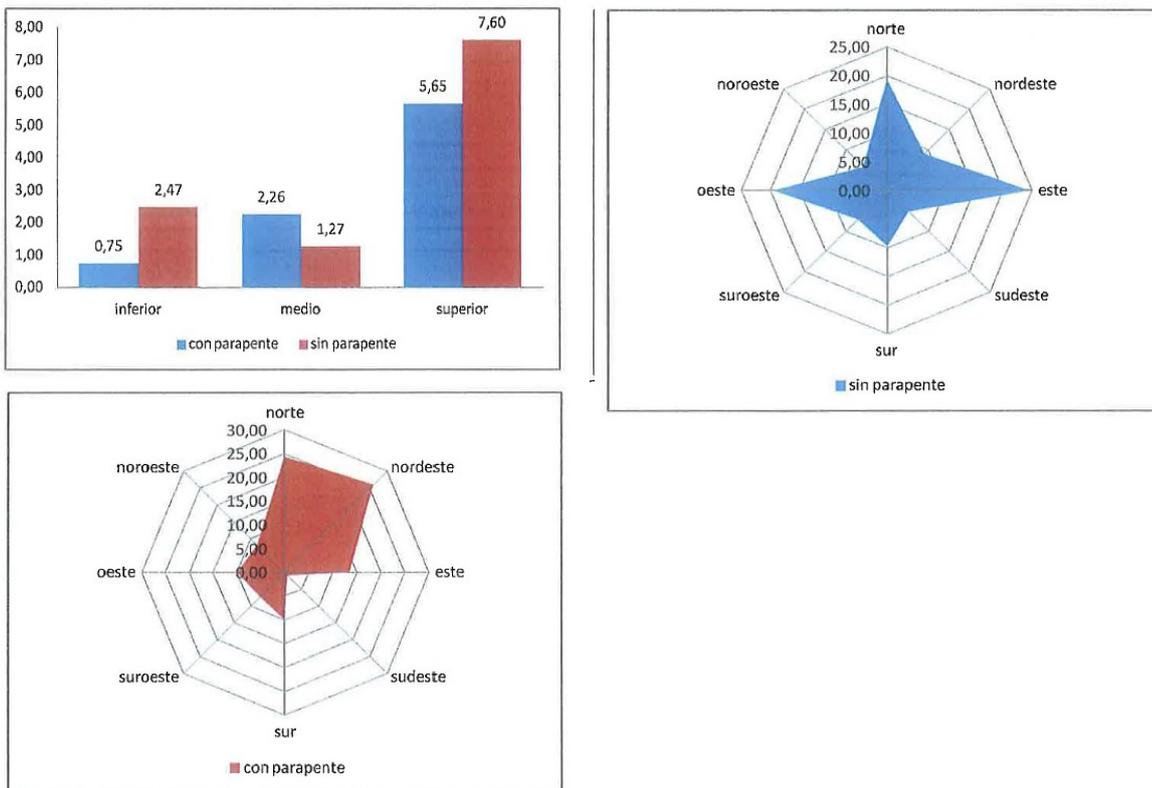
El único estudio que se ha encontrado que intenta valorar esta posible influencia es el de Soto-Largo *et al.* (2013). En dicho trabajo, las rutas de vuelo en parapente quedaban fuera de la visual de la mayoría de los nidos de la colonia. Sin embargo, debido a esta dificultad, los autores concentraron sus esfuerzos en estudiar el uso que los buitres y otras rapaces hacían del espacio aéreo, comparando los días con vuelos de parapente y los días sin vuelos (ver figura 13).

Soto-Largo *et al.* (2013) encontraron que:

- “la superficie de las áreas de actividad del Buitre negro en las laderas controladas fue de 2013,65 ha en los días sin parapente, frente a las 876,02 ha en los días con parapente” [p.74] (y esto era así tanto para la superficie total, como para las superficies de actividad aérea estimada mediante isolíneas kernel al 50, 70 y 95%).
- Los días con parapente, se veían menos rapaces planeadoras en general (excepto buitres leonados) y menos buitres negros en particular.
- Los días con parapente, se observaba una disminución de la tasa de vuelo en el tramo superior e inferior de las laderas controladas, mientras que en el tramo medio se incrementaba la tasa; es decir, los días con parapente los buitres desplazaban sus rutas hacia los tramos medios (utilizando el resto de días las zonas altas con mayor intensidad).
- Los días con parapente la salida de la colonia se produjo una hora antes y las entradas de la tarde se redujeron, presentando unas tasas de vuelo inferiores en las horas centrales, coincidentes con el desarrollo de los vuelos de parapente. Los autores del estudio dedujeron que los días con parapente, los buitres modificaban sus rutas de entrada en la colonia.

- Y observaron también diferencias en las direcciones de vuelo cuando las aves abandonaban la colonia (ver figura 13).

**Figura 13.** Extraídas de Soto-Largo *et al.* (2013, pp. 79, 83, 84 y 85). *Diferencias observadas entre días con parapente y sin parapente en: A) Tasa de vuelo de buitre negro en los distintos sectores de ladera (inferior, medio y superior), B) Tasa de vuelo a lo largo del día (horas solares) y Distribución porcentual de las direcciones de vuelo en C) días con parapente y D) sin parapente.*



Aparte de las colisiones con aeronaves debidas a comportamientos territoriales del águila real (ya comentadas en el apartado 5.1.3), Jenny (2010) afirma que dado que: “los aficionados que practican el vuelo en térmica a menudo vuelan en las inmediaciones de águilas reales y otras grandes rapaces (las usan como indicadores de ascencias), los encuentros entre pilotos y rapaces en los Alpes son comunes. En la gran mayoría de los casos, las águilas reales se comportan con indiferencia. Los encuentros generalmente no tienen consecuencias, pero en casos muy raros, especialmente con visibilidad limitada (con nubes) o en círculos inversos, pueden provocar colisiones fortuitas” [p.107, traducido]. En este sentido podría haber diferencias en la probabilidad de choque entre los distintos aparatos de vuelo sin motor, debidas a la distinta capacidad de maniobra y radio de giro de cada aeronave. Como curiosidad, Pennycuik (1971) calculó que el velero que utilizó para estudiar el vuelo del *Gyps africanus*, necesitaba térmicas con radios 4,3 veces más grandes que las que podían aprovechar los buitres.

En el Anexo 4 pueden verse algunos informes, de la *Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil* del Ministerio de Fomento, sobre siniestros que implican a todo tipo de aeronaves, ocurridos

en la zona de la sierra y alrededores, entre los años 2000 y 2018. De los siniestros reportados, dos ocurrieron por colisión con buitres de especie desconocida (uno implicó a un velero y el otro a una avioneta remolcadora y ambos ocurrieron en las cercanías del aeródromo de Fuentemilanos).

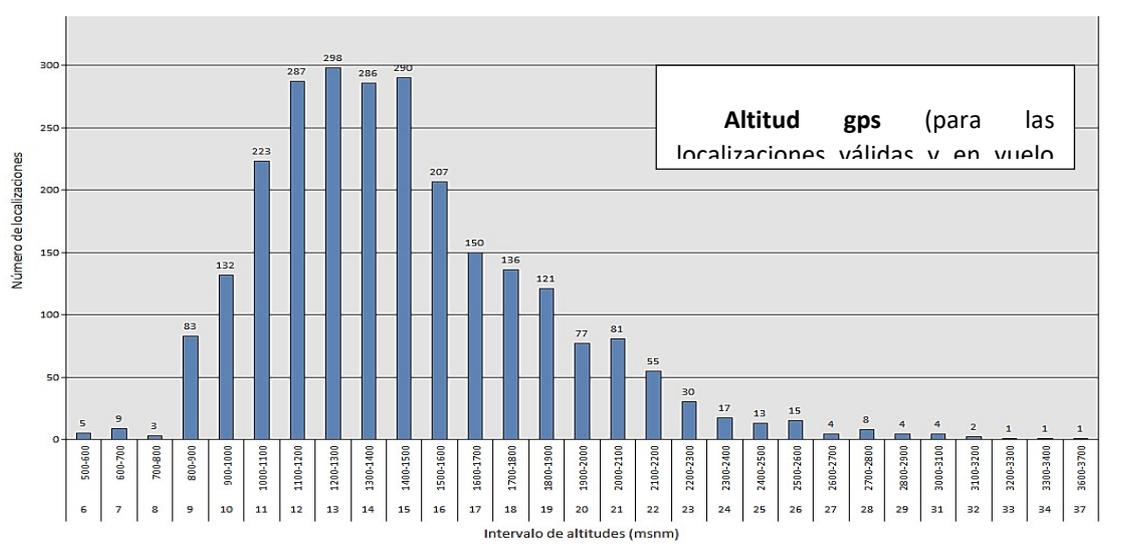
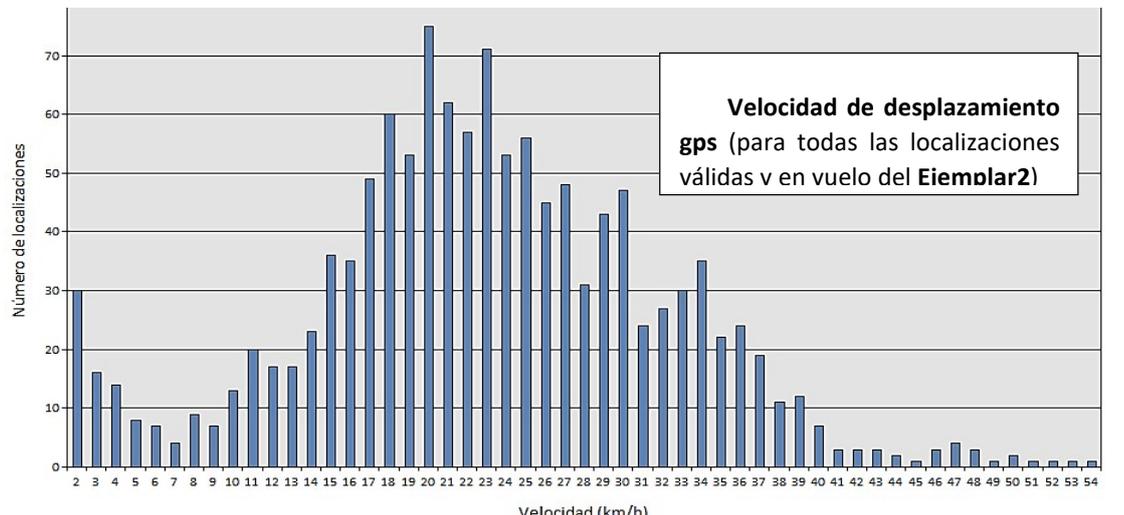
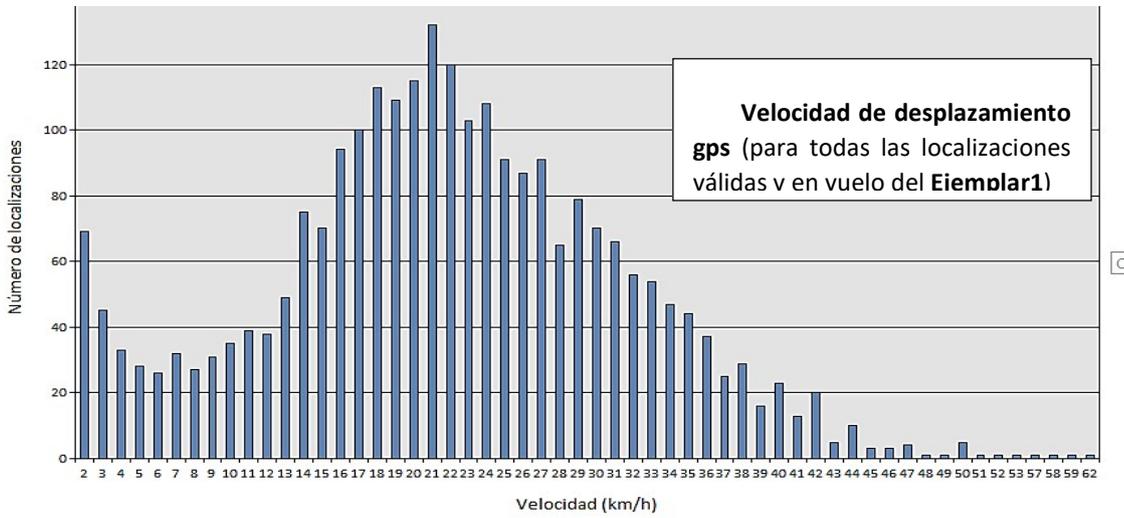
En los siguientes apartados, usando la mejor información disponible, se intenta establecer cuál es el uso que los buitres hacen del espacio aéreo, para así estimar la probabilidad de que se produjesen interacciones entre buitres y practicantes de vuelo sin motor, en el contexto del Parque Nacional.

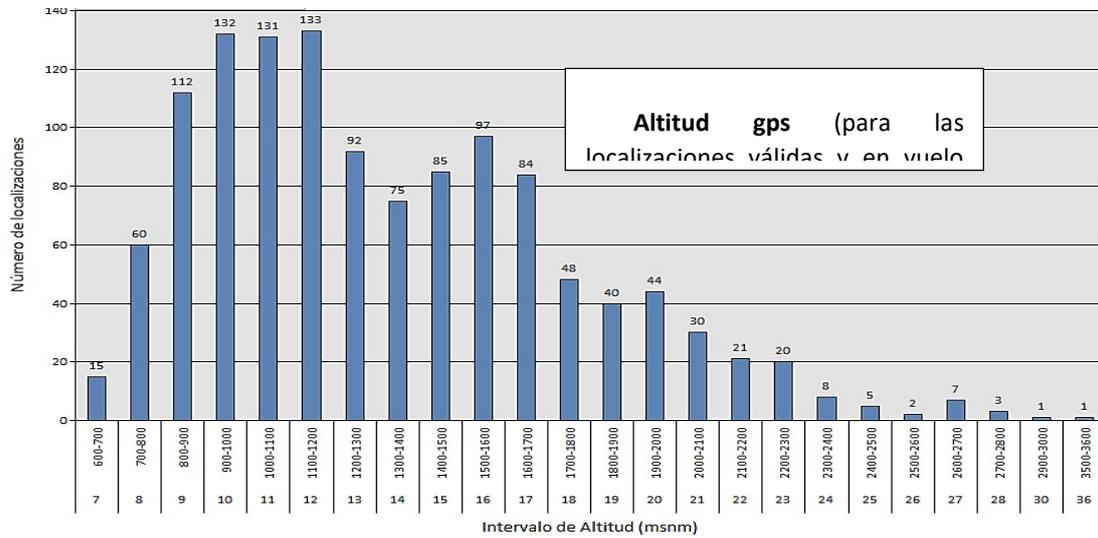
#### 5.4.1. Seguimiento de buitres negros marcados con gps

Para el estudio del uso del espacio aéreo, se ha contado con los datos de seguimiento gps de 2 ejemplares, aportados por el *Parque Natural de Peñalara* (obtenidos en colaboración con *SEO/BirdLife*) y los de 1 buitre, facilitados por el *Centro Montes y Aserradero de Valsaín*:

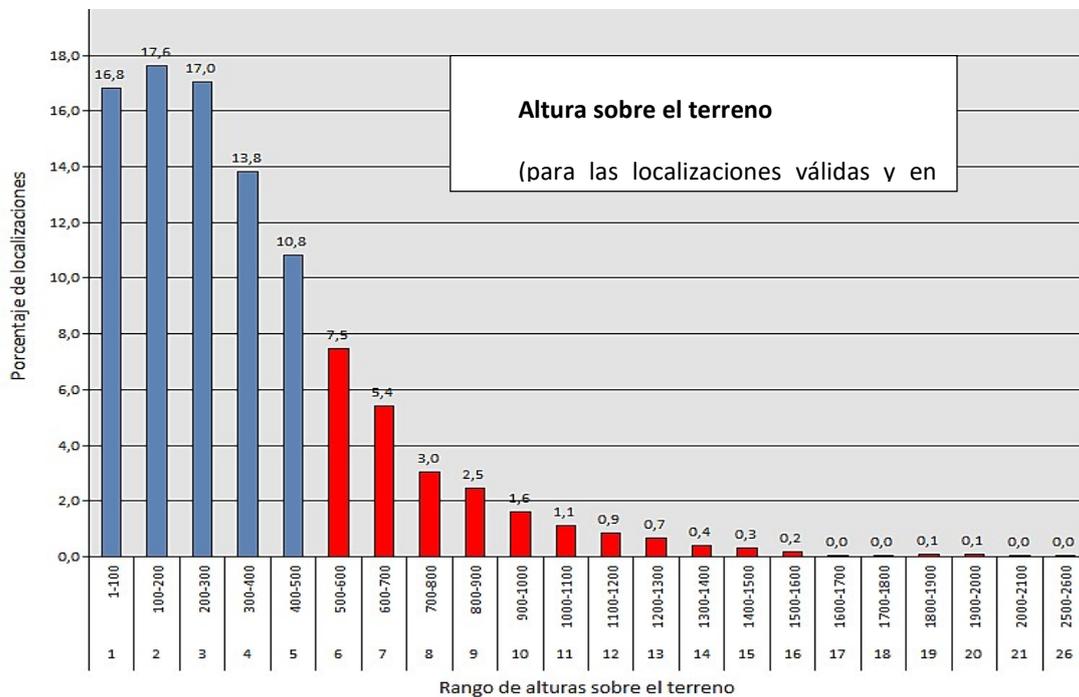
- *Ejemplar 1*: Hembra adulta marcada en Rascafría en septiembre de 2010 (aunque se estableció en la colonia de Navafría). Los datos incluyen localización gps, altitud, rumbo y velocidad de desplazamiento; una localización cada hora desde las 7:00 a las 20:00, durante 3 años de seguimiento.
- *Ejemplar 2*: Hembra adulta marcada en Rascafría en julio de 2012. Los datos tienen la misma estructura que los del *Ejemplar 1*; aunque únicamente se contaba con la información de 15 meses de seguimiento (en los que permaneció en Rascafría).
- *Ejemplar 3*: marcado en Valsaín. Los datos disponibles son localizaciones gps (sin altitudes) desde el 3 de febrero de 2012 al 16 de abril del mismo año.

Se muestran a continuación algunos ejemplos de parámetros gps obtenidos para los 2 primeros ejemplares. Se ha considerado que el animal estaba en vuelo cuando la velocidad era mayor de 0 km/h (Avery *et al.* 2011) y la altura sobre el terreno era distinta de cero (calculada comparando la altitud gps con un *modelo digital del terreno*). Sin embargo, debido a la imprecisión de la altitud gps, la altura debe considerarse como aproximada. Se desconoce la precisión de los dispositivos gps utilizados, pero dado que solo el 9,4 % de las localizaciones del ejemplar 1 (y el 13,3% de las del 2) resultaban en valores negativos de altura sobre el terreno, se consideró que la precisión de los datos era aceptable y que podía ofrecer una imagen fidedigna del uso del espacio aéreo (ignorando los valores extremos, claramente erróneos, que no se han incluido en las gráficas siguientes).

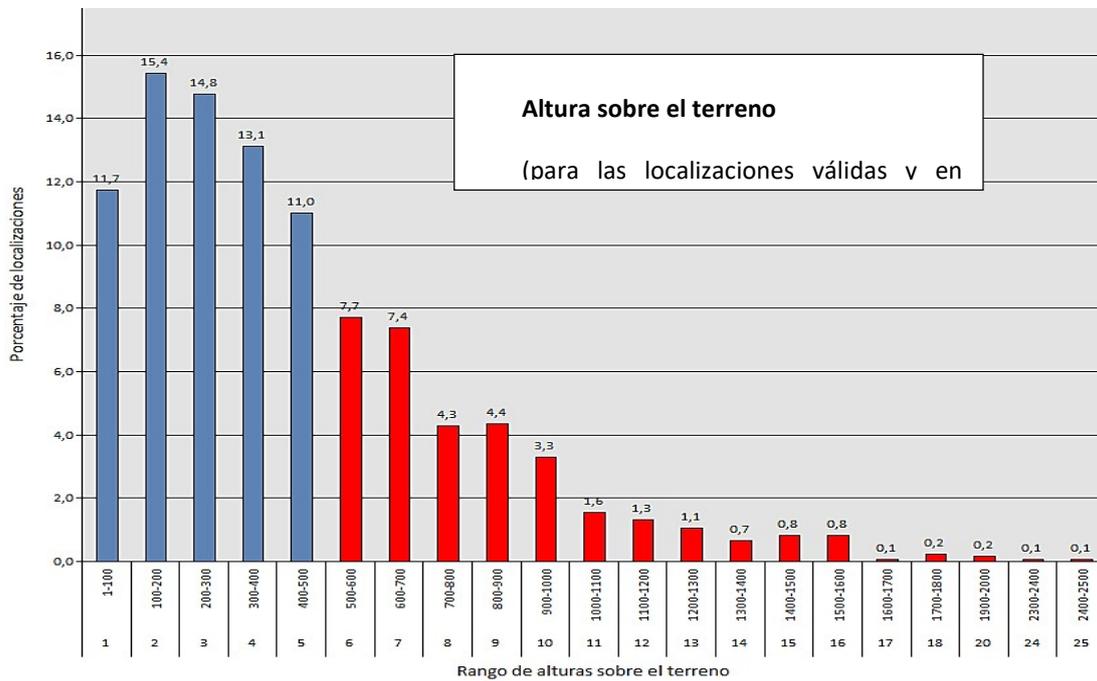




Sin embargo, son mucho más interesantes las gráficas de **altura sobre el terreno** (calculadas a partir de la altitud gps, como se ha comentado anteriormente):



Para los 4 años de seguimiento de este ejemplar, el 51,4% de las localizaciones válidas en vuelo se han producido por debajo de 300 metros sobre el terreno, y por lo tanto casi la mitad de las localizaciones se dan por encima de esa altura. Un porcentaje considerable, el 24,6% se produjeron entre los 300 y los 500 metros, y el 12,9% entre los 500 y los 700m. Las localizaciones por encima de 700 metros son minoritarias, pero aun así, corresponden al 11% del total.



Para los 15 meses de seguimiento del *Ejemplar 2*, el 41,9 % de las localizaciones válidas y en vuelo se han producido por debajo de 300 metros sobre el terreno. El 24,1% se produjeron entre los 300 y los 500 metros, y el 15% entre los 500 y los 700m. Las localizaciones por encima de 700 metros sumaron el 19% del total (este ejemplar utilizó más que el otro la banda entre 700 y 1000 metros).

Es decir, ambos individuos utilizaron un espacio aéreo que va desde el suelo a los 1600 metros sobre el terreno, aunque la mitad del tiempo volaban por debajo de 300 metros. En torno al 25% del tiempo de vuelo lo pasaron entre 300 y 500 metros sobre el terreno y el restante 25% volaron a alturas que superaban los 500 metros, no siendo raro que volaran alcanzando los 1000 metros. Por encima de 1000 m sobre el terreno también se produjeron algunas localizaciones, pero ya evidentemente minoritarias.

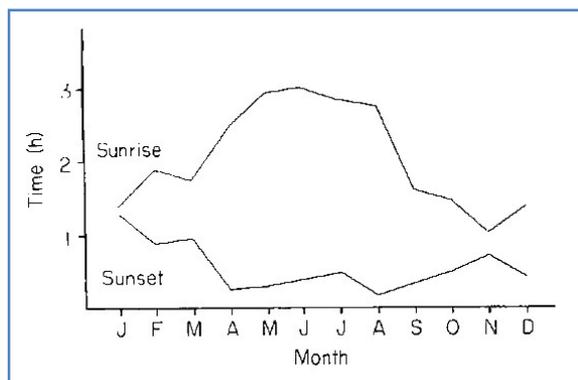
Estos datos coinciden con las recomendaciones de seguridad para pilotos de aviación general del *Grupo Europeo para la Seguridad en la Aviación* (EGAST, 2017): “Los buitres leonados y negros vuelan habitualmente entre los 100 y los 600 m de altitud, aunque según las condiciones meteorológicas y la potencia de las corrientes térmicas, pueden llegar a moverse entre los 1500 y los 3000 m” y por ello en ese documento “se pide encarecidamente a los pilotos (de aviación general) sobrevolar estas áreas (las zonas de concentración de aves publicadas en el AIP) respetando un mínimo de 2000 pies AGL (609 metros sobre el terreno), si la restricción impuesta al área no es mayor”.

En el Anexo 7 se pueden ver representaciones de densidades kernel de las localizaciones y desplazamientos de los ejemplares marcados. Se han calculado también las densidades por separado para tres periodos distintos del año: *febrero-junio*; *julio-septiembre* y *octubre-enero* (Anexos 8.3 y 8.4). De la comparación de los tres periodos, se intuye que los animales hacen un uso parecido del territorio en las tres épocas consideradas y que siguen visitando la zona de cría durante el invierno, aunque entonces estén menos ligados a la colonia.

#### 5.4.2. Horarios de entrada y salida de las colonias de buitre negro

En la colonia del Valle de Iruelas, Soto-Largo *et al.* (2013) encontraron que durante el periodo de estudio (1 de junio hasta el 15 de agosto de 2013) los días sin parapente, *los buitres abandonaban masivamente la colonia entre las 9:00-10:00 horas, retornando a partir de las 14 horas, con un pico de entrada a las 17 horas* (todas horas solares, Figura 13).

Hiraldó & Donázar (1990) estudiaron dos colonias diferentes de buitres negros, una en Sierra Morena y otra en el Sistema Central. Encontraron que las horas disponibles para el vuelo variaban entre un mínimo de 7 horas en enero y un máximo de 11 en junio (en correlación con las horas de luz disponibles). Registraron la hora de partida de los primeros buitres en dejar la colonia y, por la tarde, la de llegada de los últimos. La hora de partida con respecto a la salida del sol se retrasaba 2:50 horas en primavera y verano, mientras que en otoño-invierno los primeros buitres salían en torno a 1:30 horas después del amanecer (ver figura 14). Por la tarde, en primavera-verano, los últimos buitres entraban a las colonias en torno a 20 minutos antes del ocaso, adelantándose algo en otoño-invierno (40 minutos antes de la puesta de sol).



**Figura 14.** Extraída de Hiraldó & Donázar (1990, p. 129): Media mensual de la diferencia (en horas) entre la salida del primer buitre y el amanecer; así como entre la llegada del último buitre y el ocaso.

Los autores de este estudio comentan (Hiraldó & Donázar, 1990, p. 131, traducido): *“En verano, la duración de los días, la casi continua formación de térmicas, y la probable mayor disponibilidad de comida, permite una estrategia de minimización de los costes energéticos, de forma que los vuelos se inician más tarde, cuando las condiciones son más favorables. La llegada de buitres a la colonia ocurre más tarde en verano, probablemente porque las altas temperaturas posibilitan la existencia de elevación térmica hasta últimas horas del día”*.

Comparando las dos colonias (Sierra Morena y Sistema Central), Hiraldó & Donázar (1990, p.130, traducido) encontraron que: *“la disponibilidad de elevación de ladera en el Sistema Central (donde se producen frecuentemente vientos de esta naturaleza), provocaba que los buitres de esta colonia pudieran salir antes y llegar ligeramente después que los de Sierra Morena, que dependían casi enteramente de las térmicas. Sin embargo, los del Sistema Central buscaban su alimento en las llanuras circundantes, por lo que, después de abandonar la colonia, no podían continuar volando hasta que no hubiera térmicas disponibles. Por eso, solo usaban estos vientos de ladera para ganar altitud y volar alrededor de la vecindad de la colonia, antes de hacer un planeo hacia la zona de alimentación, donde permanecían posados hasta que podían iniciar los vuelos de alimentación (de la misma forma que hacía un grupo de buitres leonados que tenía dormitorio en la misma zona)”*. Por lo que los autores del estudio concluyeron que, en realidad, la existencia de vientos

de ladera no modificaba sustancialmente la disponibilidad de tiempo de búsqueda de alimento (aunque sí que permitía a los buitres del Sistema Central salir antes de la colonia y regresar un poco más tarde).

**Conclusiones:**

En general la actividad de vuelo de estos buitres (y por lo tanto la probabilidad de encontrarse con ellos en el aire durante el vuelo recreativo), se maximiza en las horas centrales del día (EGAST, 2017), ya que las térmicas se forman sobre todo a partir de ese momento. En Iruelas (en el periodo junio-agosto) salían masivamente de la colonia entre las 11 y las 12 (hora oficial), es decir, aproximadamente unas 4 ó 5 horas después del orto. Sin embargo los buitres utilizan también el vuelo de ladera y por lo tanto se puede coincidir con ellos en el aire con cierta probabilidad desde 1,5 a 3 horas después del amanecer (dependiendo del momento del año, ver figura 14; Hiraldo & Donázar, 1990).

Por la tarde, la llegada a la colonia es más escalonada: para el Valle de Iruelas (junio-agosto), estaban entrando en la colonia desde tan pronto como las 16 horas, con un pico de entrada a las 19 horas (unas 2,5-3 horas antes del ocaso en esa época del año) (Soto-Largo *et al.* 2013); y como se ha visto, según Hiraldo & Donázar (1990), seguirían entrando hasta 20 minutos antes del ocaso en primavera-verano (40 minutos en otoño-invierno).

## 6. Conclusiones y propuesta de Zonas Sensibles al Sobrevuelo

- La Ley 30/2014 considera como actividad incompatible el sobrevuelo a menos de 3.000 metros de altura sobre la vertical del terreno de los Parques Nacionales, pero en su disposición final primera dice: *“Dada la singularidad de la ubicación geográfica del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, y con carácter excepcional respecto de lo establecido para el conjunto de los Parques Nacionales, la prohibición general de sobrevuelo a menos de 3.000 metros..., queda reducida a 500 metros para las aeronaves comerciales y de Estado.*  
*Las actividades de vuelos de aeronaves no impulsadas a motor, serán objeto de estudio en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama a fin de determinar las cotas, periodos y zonas donde tal actividad no resulte incompatible con la conservación de los recursos del parque».*
- Hay ejemplos de espacios protegidos donde no se permite la actividad y otros donde sí está autorizada (aunque cuando se permite, suele ser en la periferia de los parques y de forma acotada y regulada). En España, se considera compatible en varios parques naturales (no en los nacionales), donde por lo general se regula estableciendo áreas no sobrevolables, periodos de sensibilidad y/o cotas mínimas (aunque hay dudas sobre la utilidad de alguna de estas medidas). Para justificar esta regulación es frecuente la consideración de efectos negativos sobre la reproducción de las aves rapaces.
- En Guadarrama, existe normativa anterior a la declaración del Parque Nacional que ya limitaba el *vuelo sin motor* (estableciendo las zonas donde no se permite aterrizar, las alturas mínimas y máximas, etc). Por un lado hay espacios naturales protegidos ya declarados y por otro existen restricciones derivadas de la cercanía de la terminal de Barajas y de aeródromos militares (que afectan en mayor medida a la vertiente madrileña).
- Se debe distinguir entre *vuelo libre* y *vuelo a vela* por sus diferentes características. Las modalidades de parapente y ala-delta parecen tener efectos similares, por lo que, en lo que se refiere al posible impacto del sobrevuelo, pueden considerarse conjuntamente. Sin embargo, el uso de medios mecánicos para el transporte de los equipos hasta las áreas de despegue (necesario para el ala-delta) está limitado en la Sierra por regulaciones previas.
- No obstante, en la Sierra de Guadarrama hay puntos utilizados como despegue para el *vuelo libre* que están fuera del *Parque Nacional* y de su *Zona Periférica de Protección*.
- Hay certidumbre científica acerca de los efectos de las actividades recreativas (en general) sobre el comportamiento de la fauna, sus niveles de estrés, el éxito reproductor, la abundancia y/o la presencia de las especies, etc.
- Hay certidumbre científica acerca del impacto negativo del sobrevuelo con parapente y ala-delta sobre algunas especies de ungulados no presentes en el Parque (rebeco, íbice). También es generalmente aceptada la necesidad de restringir el vuelo libre en las proximidades de territorios de águila real (que sí está presente en la Sierra) y de otras aves.
- En general se considera que la tolerancia al *vuelo a vela* por parte de la fauna es mayor, aunque al parecer, las colisiones con aves rapaces afectan con mayor frecuencia a esta modalidad que a las de *vuelo libre*.

- El *vuelo sin motor* tiene algunas características que lo diferencian de otras actividades humanas en el medio natural:
  - La aparición de las aeronaves es menos predecible que otras perturbaciones que están más limitadas por el trazado de caminos y sendas.
  - Pueden operar sobre zonas a las que no llegan otras actividades.
  - Las aeronaves son silenciosas y pueden aparecer de forma repentina, sin previo aviso.
  - Suelen aparecer en cotas superiores a la posición de los animales.
  - Pueden girar fácilmente y pasar cerca de laderas montañosas, volando lentamente y realizando, en ocasiones, pasadas reiteradas sobre una misma zona.
  - Pueden acercarse a puntos que los animales consideran seguros (cortados, copas de árboles).
  - Dada su movilidad, una única aeronave puede afectar a gran cantidad de animales.
- Para establecer qué zonas del Parque podrían ser más sensibles al sobrevuelo, se ha elegido al ***buitre negro como especie indicadora de sensibilidad***, por la importancia de las colonias de Guadarrama, su estatus de conservación y porque presenta características que lo hacen susceptible de ser sensible: cría en zonas altas y sus nidos pueden estar en árboles dominantes y expuestos, selecciona para nidificar zonas alejadas de la influencia humana, es una especie grande, con gran agudeza visual, poco críptica, que realiza una inversión parental grande, con periodo de cría muy largo, con edad de 1ª reproducción tardía, etc.
- Se han considerado unas ***zonas de sensibilidad*** en torno a las zonas de cría de buitre negro, águila real y águila imperial. Tomando una postura conservadora, se han tenido en cuenta los radios de seguridad máximos contemplados en la bibliografía (500 m para el buitre y 1000 m para las águilas). También se calculó la visibilidad desde otras zonas sensibles (como zonas de alimentación o reposo).
- Se han recopilado de la bibliografía unos ***periodos de mayor sensibilidad*** en torno a los nidos (sin embargo, los pollos permanecen en las proximidades del nido varias semanas después de su primer vuelo, siendo al principio todavía bastante dependientes y torpes; por ello, los periodos siguientes podrían alargarse 1 ó 2 semanas para mayor seguridad):
  - *Buitre negro*: 1 febrero - 30 septiembre.
  - *Águila imperial*: 1 febrero - 15 agosto.
  - *Águila real*: 1 febrero - 1 agosto.
- Se ha tenido en cuenta también el ***hábitat potencial del buitre negro*** con la intención de no comprometer la posibilidad de colonización futura de zonas apropiadas. Para ello se ha reproducido en la vertiente segoviana un estudio realizado con anterioridad en la Comunidad de Madrid.
- Dado que las grandes rapaces y los practicantes de *vuelo sin motor* usan las mismas técnicas de vuelo, es bastante probable que se den encuentros en el aire entre unos y otros. En estos casos podría preocupar la posibilidad de interacciones agresivas, que al parecer es más probable que impliquen a águilas y veleros; así como las posibles interferencias que podrían producirse sobre el uso que hacen los buitres del espacio aéreo.
- La propuesta de ***Zonas Sensibles al Sobrevuelo*** (Anexo 3) se ha construido a partir de la suma de: a) *zonas de sensibilidad alrededor de las áreas de cría (de buitre negro, águila imperial y águila real) y de zonas de descanso y alimentación conocidas + b) modelo de hábitat potencial de reproducción del buitre negro al 70% de probabilidad.*

## 7. Referencias bibliográficas utilizadas

- Alcañiz, M. 2015. *Los espacios aéreos y su reglamentación aplicada al vuelo libre*. Accesible en: <http://nomadair.com/wp-content/uploads/flipbook/2/files/basic-html/> [19/8/18].
- Arroyo, B. & M. Razín. 2006. "Effect of human activities on bearded vulture behaviour and breeding success in the French Pyrenees". *Biological Conservation* 128: 276-284.
- Avery, M., Humphrey, J.S., Daugherty, T.S., Fischer, J.W. & M.P. Milleson. 2011. "Vulture flight behavior and implications for aircraft safety". *USDA National wildlife research center-staff publications*, 1010: 1581-1587.
- Bautista, L.M., García, J.T., Calmaestra, R.G., Palacín, C., Martín, C.A., Morales, M.B., Bonal, R. & J. Viñuela. 2003. "Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors". *Conservation Biology*, 18 (3): 726-732.
- Beyer, H.L. 2012. *Geospatial Modelling Environment (GME). Versión 0.7.3.0*. (software). URL: <http://www.spataleecology.com/gme/> [Último acceso: 20/9/18].
- Blumstein, D.T. 2006. "Developing an evolutionary ecology of fear: how life history and natural history traits affect disturbance tolerance in birds". *Animal Behaviour*, 71: 389-399.
- Blumstein, D.T., Fernández-Juricic, E., Zollner, P. A. & S.C. Garity. 2005. "Inter-specific variation in avian responses to human disturbance". *Journal of Applied Ecology*, 42: 943-953.
- Boeker, E. & T.D. Ray. 1971. "Golden eagle population studies in the Southwest". *Condor*, 73: 463-467.
- Bögel, R. & G. Härer. 2002. "Reactions of chamois to human disturbance in Berchtesgaden National Park". *Pirineos*, 157: 65-80.
- Boldt, A. & P. Ingold. 2005. "Effects of air traffic, snow cover and weather on altitudinal short-term and medium-term movement of female Alpine chamois *Rupicapra rupicapra* in winter". *Wildl. Biol.* 11: 351-362.
- Bruderer, B. & S. Komenda-Zehnder. 2005. *Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna – Schlussbericht mit Empfehlungen*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 376. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Berna. 100 pp.
- Cea D'Ancona, M.A. 2016. *Cuadernos Metodológicos: 54. Análisis discriminante*. Centro de Investigaciones Sociológicas. Madrid,
- CIAIAC. 2004. *Informe técnico A-001/2004. Accidente ocurrido el día 2 de enero de 2004, a la aeronave Glaser Dirks DG-600, matrícula EC-FIZ, en el término municipal de Otero de Herreros (Segovia)*. Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil. Ministerio de Fomento. Descargable en: [https://www.fomento.gob.es/recursos\\_mfom/2004\\_001\\_a.pdf](https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/2004_001_a.pdf)
- Crespo, A. & F.J. Díez. 2016. *Silvilidar. Aplicación informática para la diagnosis selvícola utilizando Lidar*. Dos documentos, "Manual" y "Artículo" descargables en [acceso: 19/9/18]:

[https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100Detalle/1246988359553/\\_/1284711271182/Comunicacion?plantillaObligatoria=PlantillaContenidoNoticiaHome](https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100Detalle/1246988359553/_/1284711271182/Comunicacion?plantillaObligatoria=PlantillaContenidoNoticiaHome)

- Cuevas, J.A. & J. de la Puente. 2005. *Hábitat potencial del buitre negro (Aegypius monachus) en la sierra de Guadarrama (Madrid)*. Serie de Documentos del CIAM (Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid "Fernando González Bernáldez").  
Descargable: [https://www.researchgate.net/publication/269332479\\_Habitat\\_potencial\\_del\\_buitre\\_negro\\_Aegypius\\_monachus\\_en\\_la\\_Sierra\\_de\\_Guadarrama\\_Madrid](https://www.researchgate.net/publication/269332479_Habitat_potencial_del_buitre_negro_Aegypius_monachus_en_la_Sierra_de_Guadarrama_Madrid) [18/9/18].
- De la Puente, J., Moreno-Opo, R. & J.C. del Moral. 2007. *El buitre negro en España. Censo Nacional (2006)*. SEO/BirdLife. Madrid.
- De la Puente, J. 2011. *Biología y conservación del buitre negro. Quince años de estudio y seguimiento en la ZEPA Alto Lozoya*. Comunidad de Madrid. Pendiente de publicación.
- De la Puente, J., Bermejo, A., Del Moral, J.C. & A. Ruiz. 2011. "Dispersión juvenil, periodo de dependencia, filopatía y edad de maduración reproductora en el buitre negro" En: Zuberogoitia, I. & J.E. Martínez (Eds.). *Ecology and conservation of european forest-dwelling raptors*. Diputación Foral de Bizkaia.
- Donazar, J.A., Hiraldo, F. & J. Bustamante. 1993. "Factors influencing nest site selection, breeding density and breeding success in the Bearded Vulture (*Gypaetus barbatus*)". *Journal of Applied Ecology*, 30(3): 504-514.
- Doval, G. 2018. *Informe de posibles afecciones de las actividades del parapente y ala delta sobre las poblaciones de aves rapaces en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, y propuesta de desarrollo de la actividad deportiva*. Asociación de Vuelo Libre Española.
- EGAST. 2017. *Impacto con aves, un riesgo común con particularidades locales*. Folleto para la promoción de la seguridad para pilotos de aviación general. Grupo Europeo para la seguridad en la aviación (EGAST), componente de la Iniciativa Europea de Seguridad Estratégica (ESSI). Primera edición para España, por cortesía de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. 2011. "A statistical explanation of MaxEnt for ecologists". *Diversity and Distributions*, 17: 43-57.
- Ellis, D.H. & C.H. Ellis. 1991. "Raptor Responses to Low-level Jet Aircraft and Sonic Booms". *Environmental Pollution*, 74: 53-83.
- Enggist-Düblin, P. & P. Ingold. 2003. "Modelling the impact of different forms of wildlife harassment, exemplified by a quantitative comparison of the effects of hikers and paragliders on feeding and space use of chamois *Rupicapra rupicapra*". *Wildl. Biol.* 9: 37-45.
- ESRI 2010. *ArcGIS Desktop 10.2*. Redlands, CA. Environmental Systems Research Institute.
- Fernández-Juricic, E. 2000. "Local and regional effects of pedestrian on forest birds in fragmented landscape". *The Condor* 102: 247-255.

- Fernández-Juricic, E. & J.L. Tellería. 2000. "Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of Blackbird *Turdus merula* in urban parks in Madrid, Spain". *Bird Study*, 47: 13-21.
- Fernández-Juricic, E., Jiménez, M.D. & E. Lucas. 2001. "Alert distance as an alternative measure of bird tolerance to human disturbance: implications for park design". *Environmental Conservation* 28 (3): 263-269.
- Fernández-Juricic, E. 2002. "Can human disturbance promote nestedness?. A case study with breeding birds in urban habitat fragments." *Oecologia*, 131: 269-278.
- Fernández-Juricic, E. & N. Schroeder. 2003. "Do variations in scanning behavior affect tolerance to human disturbance?". *Applied Animal Behaviour Science* 84: 219-234.
- Fernández-Juricic, E., Venier, M.P., Renison, D. & D T. Blumstein. 2005. "Sensitivity of wildlife to spatial patterns of recreationist behavior: A critical assessment of minimum approaching distances and buffer areas for grassland birds". *Biological Conservation*, 125: 225-235.
- Ferrer, M., García, L. & R. Cadenas. 1990. "Long-term changes in nest defence intensity of the spanish imperial Eagle, *Aquila adalberti*". *Ardea* 78: 395-398.
- Gładalski, M., Bańbura, M., Kaliński, A., Markowski, M., Skwarska, J., Wawrzyniak, J., Zieliński, P., Cyżewska, I., Mańkowska, D. & J. Bańbura. 2016. "Effects of human-related disturbance on breeding success of urban and non-urban blue tits (*Cyanistes caeruleus*)". *Urban Ecosyst.* 19: 1325-1334.
- González, L.M. & A. Margalida (Eds.) 2008. *Biología de la conservación del águila imperial ibérica (Aquila adalberti)*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural. Madrid. 604 pp.
- González, L.M., Arroyo, B., Margalida, A., Sánchez, R. & J. Oria. 2006. "Effect of human activities on the behaviour of breeding Spanish imperial eagles (*Aquila adalberti*): management implications for the conservation of a threatened species". *Animal conservation*, 9: 85-93.
- Hiraldo, F. & A. Donazar. 1990. "Foraging time in the Cinereus Vulture *Aegypius monachus*: seasonal and local variations and influence of weather". *Bird Study*, 37(2): 128-132.
- IBM. 2017. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0*. Armonk, NY. IBM Corp.
- Jenny, D. 2010. "Collisions between Golden Eagles *Aquila chrysaetos* and aircraft in the Alps". *Ornithol. Beob.* 107: 101-110.
- Jiménez, F.J., Gordo, F.J. & A. González. 2006. *Manual sobre criterios de gestión forestal compatibles con la conservación de las especies de aves y quirópteros asociados a hábitats forestales*. Junta de Castilla y León.
- Knight, R.L. & D. Cole. 1995. "Wildlife Responses to Recreationists". En Knight, R.L. & K.J. Gutzwiller. (Eds.) *Wildlife and Recreationists. Coexistence through management and research*: 51-69. Island Press. Covelo, California.



- Knight, R.L. & K.J. Gutzwiller. (Eds.) 1995. *Wildlife and Recreationists. Coexistence through management and research*. Island Press. Covelo, California. 372 pp.
- Komenda-Zehnder, S. & B. Bruderer. 2002. *Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna – Literaturstudie*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 344. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Berna. 100 pp.
- Krofel, M., Luštrik, R., Stergar, M. & K. Jerina. 2013. *Habitat use of Alpine chamois (Rupicapra rupicapra) in Triglav National Park*. Technical Report. Accesible en [último acceso: 19/9/18]: [https://www.researchgate.net/publication/297689519\\_Habitat\\_use\\_of\\_Alpine\\_chamois\\_Rupicapra\\_rupicapra\\_in\\_Triglav\\_National\\_Park](https://www.researchgate.net/publication/297689519_Habitat_use_of_Alpine_chamois_Rupicapra_rupicapra_in_Triglav_National_Park).
- Lima, S.L., Blackwell, B.F., DeVault, T.L. & E. Fernández-Juricic. 2015. “Animal reactions to oncoming vehicles: a conceptual review”. *Biol. Rev.* 90: 60–76.
- Lunney, D., Munn, A. & W. Meikle (Eds.) 2008. *Too close for comfort. Contentious issues in human-wildlife encounters*. Royal Zoological Society of New South Wales, Mosman, Australia. 211 pp.
- Margalida, A., González, L.M., Sánchez, R., Oria, J., Prada, L., Caldera, J., Aranda, A., Caballero, J. & J.I. Molina. 2008. “Estudio de la biología reproductora del Águila Imperial Ibérica”. En: González, L.M. & A. Margalida (Eds.) *Biología de la conservación del águila imperial ibérica (Aquila adalberti)*: 259-284. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural. Madrid.
- Marzano, M & N. Dandy. 2012. *Recreational use of forests and disturbance of wildlife – a literature review*. Forestry Commission Research Report. Edinburgh.
- McGaughey, R.J. 2018. *FUSION/LDV: Software for LIDAR data analysis and visualization. FUSION versión 3.80*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, University of Washington, Seattle, WA. Programa y Manual descargables en: <http://forsys.sefs.uw.edu/fusion/fusionlatest.html> [Último acceso: 20/8/18].
- Moreno-Opo, R., Guil, F. (Coord.). 2007. *Manual de gestión del hábitat y de las poblaciones de buitre negro en España*. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Moreno-Opo, R., Arredondo, A. & F. Guil. 2010. “Foraging range and diet of cinereous vulture *Aegypius monachus* using livestock resources in central Spain”. *Ardeola*, 57(1): 111-119.
- Moreno-Opo, R. Fernández-Olalla, M., Margalida, A., Arredondo, A. & F. Guil. 2012. “Effect of metodological and ecological approaches on heterogeneity of nest-site selection of a long-lived vulture”. *PLoS ONE* 7(3): e33469.
- Parc National du Mercantour. 2016a. *Arrêté n°2016-01 réglementant le survol à moins de 1000 mètres du sol dans coeur du Parc national par des aéronefs non motorisés de vol à voile*. Accesible en: <http://www.mercantour-parcnational.fr/fr/le-parc-national-du-mercantour/la-reglementation> [Acceso: 21/9/18].

- Parc National du Mercantour. 2016b. *Arrêté n°2016-02 réglementant les activités dites de vol libre dans le coeur du Parc national du Mercantour*. Accesible en: <http://www.mercantour-parcnational.fr/fr/le-parc-national-du-mercantour/la-reglementation> [Acceso: 21/9/18].
- Pennycuik, C.J. 1971. "Gliding flight of the White-backed vulture *Gyps africanus*". *J. Exp. Biol.*: 55, 13-38.
- Phillips, S.J. 2017. *A Brief Tutorial on Maxent*. Descargable en [último acceso: 19/9/18]: [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)
- Phillips, S.J., Dudík, M. & R.E. Schapire. [Internet] *Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1)*. Descargable en [último acceso: 19/9/18]: [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)
- Poirazidis, K. Goutner, V. Skatsi, T. & G. Stamou. 2004. "Modeling nesting habitat as a conservation tool for the Eurasian black vulture (*Aegypius monachus*) in Dadia Nature Reserve, northeastern Greece". *Biological conservation*, 118: 235-248.
- Price, M. 2008. "The impact of human disturbance on birds: a selective review". En: Lunney, D., Munn, A. & W. Meikle (Eds.) *Too close for confort. Contentious issues in human-wildlife encounters*. Royal Zoological Society of New South Wales, Mosman, Australia: 163-196.
- R Core Team. 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/> [Acceso: 12/9/18].
- Remacha, C. 2010. *Ecología del ocio. Efectos del uso recreativo de los espacios naturales sobre las aves reproductoras*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 167 pp.
- Richardson, C.T. & C.K. Miller. 1997. "Recommendations for protecting raptors from human disturbance: a review" *Wildlife Society Bulletin*, 25(3): 634-638.
- Rösner, S., Mussard-Forster, E., Lorenc, T. & J. Müller. 2013. "Recreation shapes a 'landscape of fear' for a threatened forest bird species in Central Europe". *Landscape Ecol.* DOI 10.1007/s10980-013-9964-z
- Roubault, E., Delanoë, O. & B. Montmollin. 2003. *Parc national du Mercantour. Programme d'aménagement. Evaluation de l'impact d'activités humaines sul le milieu naturel et les espèces*. Informe técnico elaborado a petición del Parque Nacional de Mercantour por INEA. Sommières. 42 pp.
- Ruddock, M. & D.P. Whitfield. 2007. *A review of disturbance distances in selected birds species*. Informe de Natural Research (Projects) Ltd para Scottish Natural Heritage. Accesible en: <http://www.anev.org/wp-content/uploads/2012/06/AREVIE1.pdf> [Acceso: 21/9/18]
- Saiz, E. 2016. *Elaboración de modelos de biomasa forestal a partir de datos LiDAR*. Trabajo de final de Grado en Geomática y Topografía. Universitat Politècnica de València.
- Satheesan, S.M. & M. Satheesan. 2000. "Serious vulture-hits to aircraft over the world". *International Bird Strike Committee*. Amsterdam. 17-21 Abril de 2000. Accesible en [12/8/18]: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.739.1151&rep=rep1&type=pdf>

- Schnidrig-Petrig R. & P. Ingold. 2001. "Effects of paragliding on alpine chamois *Rupicapra rupicapra*". *Wid. Iol.* 7: 285-294.
- Smith, D.G., D.H. Ellis, and T.H. Johnson. 1988. "Raptors and aircraft". Pp. 360-367 in R.L. Glinski, B.G. Pendleton, M.B. Moss, M.N. Le Franc, Jr., B.A. Millsap, and S.W. Hoffman (eds.), *Proceedings of the Southwest Raptor Management Symposium and Workshop*. National Wildlife Federation Scientific and Technical Series.
- Soto-Largo, E., Prada, C., Arroyo, B., García, J.M., Blanco, E., Durán, J.A. & M. García. 2013. *Estudio de viabilidad ambiental sobre la práctica de parapente y ala delta en la reserva del Valle de Iruelas*. Informe de OIKOS para la Diputación de Ávila.
- Storch, I. & C. Leidenberger. 2003. "Tourism, mountain huts and distribution of corvids in the Bavarian Alps, Germany". *Wildl. Biol.* 9: 301-308.
- Szemkus, B., Ingold, P. & U. Pfister. 1998. "Behaviour of Alpine ibex (*Capra ibex ibex*) under the influence of paragliders and other air traffic". *Z. Säugetierkunde*, 63: 84-89.
- Thiel, D.K. 2007. *Behavioral and physiological effects in Capercaillie (Tetrao urogallus) caused by human disturbance*. Tesis doctoral. Universidad de Zurich. 115 pp.
- Thiel, D., Ménoni, E., Brenot, J.F. & L. Jenni. 2007. "Effects of recreation and hunting on flushing distance of capercaillie". *Journal of Wildlife Management*, 71(6): 1784-1792.
- Torrado-Fonseca, M. y V. Berlanga-Silvente. 2013. "Análisis Discriminante mediante SPSS". (2013) *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 6 (2): 150-166. Accesible en: <http://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/5893> [Último acceso: 10/9/18].
- Treep, J., Bohrer, G., Shamoun-Baranes, J., Duriez, O., Prata, R. & W. Bouten. 2016. "Using high-resolution gps tracking data of bird flight for meteorological observations". *American Meteorological Society, BAMS, junio 2016*: 952-961.
- Van Oers, K., Drent, P.J., De Goede, P. & J. Van Noordwijk. 2003. "Realized heritability and repeatability of risk-taking behavior in relation to avian personalities". *Proc. R. Soc. Lond. B*, 271: 65-73.
- Weber, D. & R. Schnidrig-Petrig. 1997. *Guide pratique. Vol libre – Fauna sauvage – Forêt. Guide pour identifier, évaluer et résoudre les conflits*. Office federal de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). Berna.
- Zwijacz-Kozika, T., Selva, N., Barja, I., Silván, G., Martínez-Fernández, L., Illera, J.C & M. Jodlowski. 2013. "Concentration of fecal cortisol metabolites in chamois in relation to tourist pressure in Tatra National Park (South Poland)". *Acta Theriol.* 58: 215-222.

## **Anexos**

### **Anexo 1. Cartografía de normativa previa**

- 1.1. PORN Sierra de Guadarrama en Castilla y León, PORN Sierra de Guadarrama en Madrid.
- 1.2. PRUG Parque Natural de Peñalara, PRUG Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.
- 1.3. Regulación Parapente y Ala-delta: alturas mínimas sobre el terreno y zonas donde no está permitido el aterrizaje.
- 1.4. Normativa previa. Regulación Vuelo a vela: alturas mínimas sobre el terreno.

### **Anexo 2. Espacio de vuelo disponible para vuelo sin motor según normativa previa**

- 2.1. Espacio de vuelo disponible: Parapente y Ala-delta.
- 2.2. Espacio de vuelo disponible: Veleros.

### **Anexo 3. Cartografía de Áreas Sensibles al Sobrevuelo**

### **Anexo 4. Informes sobre accidentes de aviación producidos en la sierra**

### **Anexo 5. Variables utilizadas en los modelos de hábitat potencial**

### **Anexo 6. Modelo de Maxent alternativo**

### **Anexo 7. Densidades kernel de localizaciones de los buitres marcados**