



**Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza**



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Mortalidad de especies protegidas por colisión con aerogenerador en Aragón:
lesiones detectadas, valoración del barotrauma como causa de muerte

Mortality of protected species due to collision with wind turbines in Aragón:
injuries detected, assessment of barotrauma as a cause of death

Autor/es

Maitane Bidasoro Barrena

Director/es

Chabier González Esteban
José Ignacio Martí Jiménez

Facultad de Veterinaria

2023

Índice

Resumen.....	1
Abstract	1
Introducción	2
La energía eólica.....	2
Especies protegidas.....	3
Normativa para los parques eólicos.....	5
Daños a la fauna	7
Barotrauma	8
Medidas de mitigación.....	9
Justificación y Objetivos	10
Metodología	11
Material bibliográfico	11
Métodos	11
Base de datos	11
Necropsias.....	12
Resultados y Discusión	13
Especies más afectadas.....	13
Aves	13
Quirópteros	18
Análisis global.....	22
Necropsias.....	24
Quirópteros	24
Paseriformes	29
Análisis global.....	29
Conclusiones	30
Conclusions	30
Valoración personal	31
Bibliografía	32
Anexo	39

Resumen

La energía eólica es un recurso muy interesante para sustituir a las contaminantes energías fósiles. Aun así, el proceso de producción no está libre de impactos negativos. Con los años se ha ido viendo el gran daño que producen a la fauna, ya que muchísimas aves y quirópteros colisionan contra los aerogeneradores instalados en todo el mundo. La siniestralidad de los murciélagos es especialmente alta, lo que ha llevado a barajar la hipótesis de la muerte por cambios de presión que producen los aerogeneradores, conocido como barotrauma. Ante esto, por un lado se ha analizado la siniestralidad de aves y murciélagos en la comunidad de Aragón, mientras que por el otro, mediante las necropsias realizadas a murciélagos y paseriformes, se ha estudiado la presencia del barotrauma. Los resultados obtenidos demuestran que las rapaces son el grupo más vulnerable dentro de las aves con un 59,4% de incidencia. No obstante, un esfuerzo de muestreo insuficiente infravalora considerablemente el alcance real de la mortalidad, sobre todo en el caso de aves de pequeño tamaño y quirópteros, por lo que un correcto muestreo podría cambiar considerablemente los resultados. En cuanto al barotrauma, se ha podido deducir que, en el caso de que realmente pueda ser una causa de muerte, es mucho menos frecuente que la colisión.

Abstract

Wind energy is a very interesting resource to replace polluting fossil fuels. Even so, the production process is not free of negative impacts. Over the years, the great damage caused to wildlife has become apparent, as many birds and bats collide with wind turbines installed all over the world. The accident rate of bats is particularly high, which has led to the hypothesis of death due to changes in pressure produced by wind turbines, known as barotrauma. In view of this, on the one hand, it has been analysed the accident rate of birds and bats in the community of Aragon, while on the other hand, by necropsies carried out on bats and passerines, the presence of barotrauma has been studied. The results obtained show that birds of prey are the most vulnerable group of birds, with an incidence rate of 59.4%. However, insufficient sampling effort considerably underestimates the real extent of mortality, especially in the case of small birds and chiroptera, so that correct sampling could considerably change the results. As far as barotrauma is concerned, it could be deduced that if it is indeed the cause of death, it is much less frequent than collision.

Introducción

La energía eólica

Desde que se descubrió la existencia del cambio climático, se ha hablado mucho de la necesidad de dejar el uso de combustibles fósiles, lo que ha llevado al desarrollo de las energías renovables (De Lucas, 2007; Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018), apoyado económicamente por la Unión Europea (Alcalde, 2016). A partir de aquí, a nivel nacional, se crearon planes como el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima PNIEC 2021-2030 con el objetivo de llegar a una producción renovable de un 74% (Camiña et al., 2022). En el caso de España las dos fuentes de energía renovable más importante son la solar y la eólica, pero la eólica, por su gran rendimiento, es la que se ha puesto en cabeza, al igual que en otros países (Alcalde, 2016; Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Asociación Empresarial Eólica (AEE), 2022).

España es uno de los países que más energía eólica Onshore (parques eólicos terrestres) produce en Europa. De hecho, en el año 2021 fue el segundo mayor productor de energía eólica de Europa, detrás de Alemania y seguido muy de cerca por Reino Unido y Francia, y quinto en el mundo (Figura 1a)(AEE, 2022; Komusanac et al., 2022). En total, en el año 2021, la producción cubría el 23,3% de toda la demanda de energía del país (AEE, 2022). Según las predicciones, se espera que la producción de energía eólica siga subiendo junto con los demás países productores (Komusanac et al., 2022).

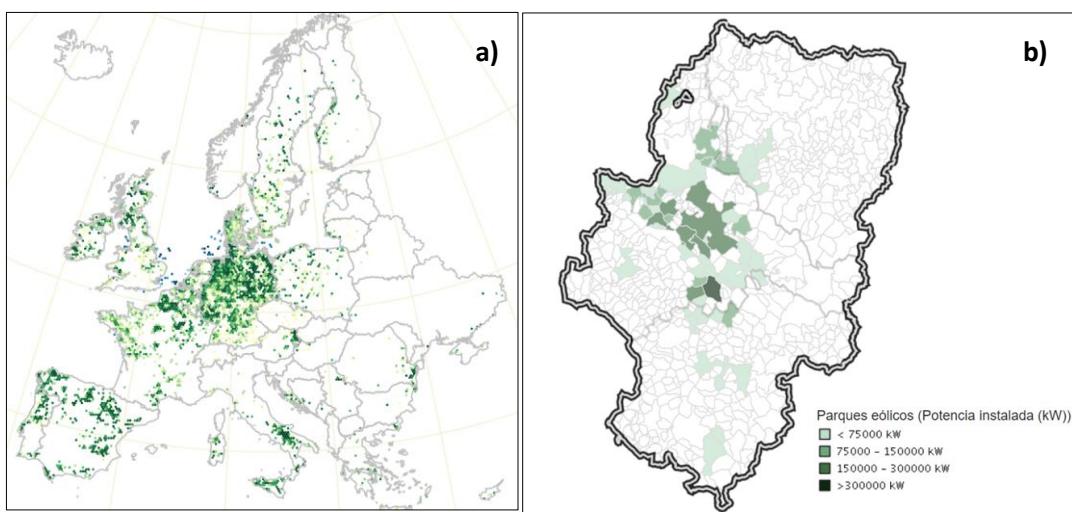


Figura 1. a) Mapa de distribución de los parques eólicos en Europa (WindEurope, 2023) y b) Aragón (IGA, 2019)

Dentro de España, las principales comunidades autónomas en cuanto a producción de energía eólica son Castilla y León, Aragón y Castilla-La Mancha, seguidos de Galicia y Andalucía (Figura 1a) (AEE, 2022). Por último, poniendo el foco en Aragón, Zaragoza es la provincia con más

parques, mientras que Huesca es la que menos tiene (Instituto Geográfico de Aragón (IGA), 2019; AEE, 2022). En la Figura 1b se puede observar el mapa de distribución del año 2019.

El avance tecnológico de la producción de energía eólica ha avanzado de forma vertiginosa, pasando de torres que median 40 metros con aspas de 20, a los enormes aerogeneradores de hoy en día que superan los 80 metros y aspas de más de 30 (Alcalde, 2016).

Aunque los inicios de la energía eólica fueran muy alentadores, porque se había creado una energía limpia e inagotable e iba a ser un gran aliado en la lucha contra el cambio climático, pronto se vio que no era inocua para el medio ambiente, ya que aparte de la alteración del hábitat y afección paisajística, se descubrió que afectaba considerablemente a la fauna (De Lucas, 2007; Alcalde, 2016; Perold, Ralston-Paton y Ryan, 2020; Camiña et al., 2022).

Especies protegidas

Junto con el cambio climático, el ser humano está siendo responsable de una gran pérdida de biodiversidad, por la cual se plantea la idea de si nos encontramos ante la “sexta extinción masiva” (Glaubrecht, 2023). Ante esta pérdida de especies se vio la necesidad de empezar a trabajar en su conservación. En el año 1948 se fundó la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)(UICN, 2023). Más tarde, en el año 1964, esta entidad creó la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Este listado, en evolución constante, se ha convertido en la fuente de información más exhaustiva del mundo en cuanto al estado de conservación global de especies animales, hongos y plantas (IUCN, 2023).

El objetivo de esta lista es proporcionar una clasificación lo más amplia posible de especies según su riesgo de extinción. Para ello,

se crean unas categorías y, más importante, unos criterios para que las especies se puedan clasificar dentro de estas categorías. En total se crean 9 categorías (Figura 2): extinto (EX), extinto en estado silvestre (EW), en peligro critico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazado (NT), preocupación menor (LC), datos insuficientes (DD), no evaluado (NE)

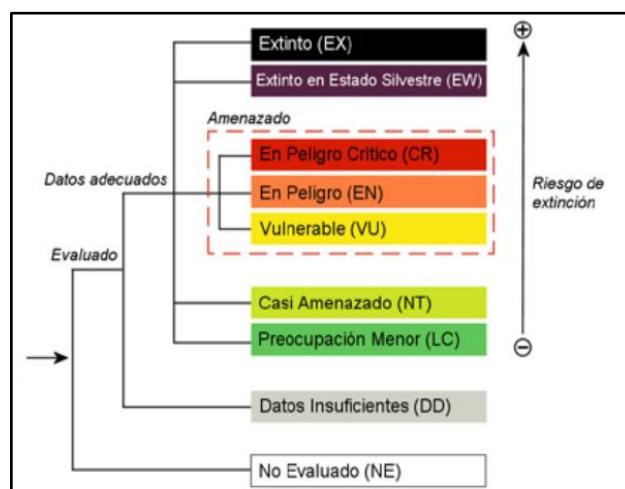


Figura 2: Estructura de las categorías (IUCN, 2012)

(Figura 2) (Mace et al., 2008; UICN, 2012). Cada categoría tiene las siglas del inglés, los cuales son universales. Las especies que se encuentran dentro de las categorías CR, EN y VU, se consideran amenazadas (Mace et al., 2008; UICN, 2012).

Los criterios van de la A a la E, y cada uno de ellos está explicado de forma extendida y con tablas de resumen en el manual de Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN (UICN, 2012). De forma resumida, el criterio A habla sobre la reducción del tamaño poblacional; el B, de la distribución geográfica que presentan sus poblaciones; el C, del tamaño de la población y a qué velocidad ha disminuido; el D, de tamaños de poblaciones muy pequeños; y el E, del análisis cuantitativo de la probabilidad de extinción (Mace et al., 2008; UICN, 2012).

A parte del listado mundial de la UICN, existen leyes y listados europeos, nacionales e incluso autonómicos. A nivel estatal existía la Ley 4/1989, de 27 de marzo, por el cual creó el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, donde diferentes especies se clasificaban en las categorías de “sensible a la alteración de su hábitat” y “de interés especial”. Posteriormente esta ley fue derogada por la ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. En esta nueva ley se menciona la creación de un Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE), en el cual se incluyen todas las especies, subespecies y poblaciones que según su valor científico, ecológico, cultural, singularidad, rareza o grado de amenaza, merecen atención y protección. Además, en el seno de este listado, se establece el Catálogo Español de Especies Amenazadas, donde se incluyen los animales que se consideran “vulnerables” o “en peligro de extinción”, anteriormente categorizados como “sensible a la alteración de su hábitat” y “de interés especial” en el antiguo Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (Decreto 129/2022).

La categoría de “en peligro de extinción” se define como “especie, subespecie o población de una especie cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de su actual situación siguen actuando”. Mientras que la categoría de “vulnerable” se entiende por “especie, subespecie o población de una especie que corre el riesgo de pasar a la categoría anterior en un futuro inmediato si los factores adversos que actúan sobre ella no son corregidos” (Decreto 129/2022, p. 34723).

Ambas categorías suponen la obligación de adoptar unas medidas para la conservación de las especies catalogadas con dichas categorías. En el caso de que un taxón o población sea incluida en la categoría “vulnerable” supone la obligatoriedad de crear un plan de conservación en un plazo máximo de cinco años. En cambio, si un taxón o población es considerada en “peligro de extinción”, la medida a adoptar será más exigente. Se obliga a que

en un plazo máximo de tres años se lleve a cabo un plan de recuperación (Ley 42/2007). Es decir, ya no se tendrán que tomar medidas para que no haya más pérdidas de esa especie, como en el caso de las especies en estado “vulnerable”, sino que también habrá que tomar medidas para aumentar o mejorar sus poblaciones.

Este listado salió a la luz con el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011; Decreto 129/2022). Desde entonces es un listado en constante evaluación y actualización, por el hecho de que las poblaciones de las especies fluctúan constantemente. Algunos de ellos pueden mejorar su categoría o incluso salir del listado y otros muchos empeorar o entrar dentro del listado, gracias a nuevos estudios que se realizan.

La ley de Biodiversidad indica que las Comunidades Autónomas pueden establecer listados propios, siempre teniendo como base la ley nacional (Decreto 129/2022). Dentro de España existen especies que en algunas comunidades existen pero en otras no, o en algunas aparecen en un mayor número que en otros, por lo que las especies o incluso su categoría puede variar mucho en cada Comunidad Autónoma. En el caso de Aragón, aunque ya existía un Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón, este quedó obsoleto con las nuevas categorías recogidas en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre. Por ello, mediante el Decreto 129/2022, de 5 de septiembre, se creó y se reguló el Listado Aragonés de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LAESRPE) y a este se le integra el ya existente Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. Se eliminan las categorías de “sensible a la alteración de su hábitat”, “de interés especial” y también la de “especie extinguida” y ahora pasan a ser “vulnerable” y “en peligro de extinción” (Decreto 129/2022).

Normativa para los parques eólicos

Todo proyecto que pueda suponer un daño o alteración al medio ambiente debe realizar un estudio de impacto, el cual está regulado por Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Esta ley en vigor sobre la evaluación ambiental (Ley 21/2013), especifica qué tipo de proyectos (obras, instalaciones o actividades) deben de pasar una evaluación ambiental para poder ser aceptadas. En la sección 1.^a del capítulo II, del título II de dicha ley, se señala que todos los proyectos incluidos en el Anexo I deben de someterse obligatoriamente a una evaluación de impacto ambiental ordinaria. Mientras tanto, en la sección 2.^a se detalla que todos los

proyectos, que se enumeran en el Anexo II, y también los proyectos no incluidos ni en el Anexo I ni el Anexo II, pero que puedan afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000, deben someterse a la evaluación de impacto ambiental simplificada. En caso de que el órgano ambiental considere que no es suficiente con una evaluación simplificada, se podrá exigir la realización de una ordinaria (Ley 21/2013; Enríquez de Salamanca, 2014). La diferencia entre ambos reside en que la ordinaria es más exhaustiva que la simplificada (Enríquez de Salamanca, 2014).

En el caso de los parques eólicos, los proyectos se encuentran tanto en el Anexo I como en el Anexo II. En el Anexo I existen dos apartados en los que se mencionan estas instalaciones. Por un lado, están todas las instalaciones que tengan cincuenta o más aerogeneradores, que tengan más de 30 MW, o que se encuentren a menos de 2 km de otro parque. En el otro apartado están todos los parques eólicos que se encuentran dentro de espacios protegidos. En cuanto al Anexo II, aquí se agrupan el resto de parques eólicos que no cumplen las características de los dos apartados del Anexo I (Ley 21/2013).

La evaluación de impacto ambiental se compone de varias etapas, donde la primera fase es la entrega del estudio de impacto ambiental previamente realizado por el promotor del proyecto. Este estudio es proporcionado a las partes interesadas, que valorarán si lo estudiado les parece suficiente y adecuado. Teniendo en cuenta todas las partes, se realiza la evaluación técnica por parte de las autoridades competentes (Ley 21/2013; Enríquez de Salamanca, 2014). Finalmente, una vez terminada la evaluación de impacto ambiental, se debe emitir el informe de impacto ambiental donde queda todo el estudio bien detallado y esta resolución se publica en el Boletín Oficial del Estado (BOE) o diario oficial correspondiente (Ley 21/2013).

Tal y como se puede ver en diferentes resoluciones de declaraciones de impacto ambiental (Resolución de 12 de septiembre de 2023; Resolución de 3 de agosto de 2023), uno de los puntos a estudiar es el posible impacto a la fauna, el cual es el apartado que atañe a este trabajo. En este aspecto, para la evaluación del daño se suelen tener en cuenta tanto la avifauna como los quirópteros, y dentro de estos, las especies protegidas. Al mismo tiempo, se puede ver que para conocer la existencia o no de dichas especies en la zona, se usan estudios faunísticos anteriormente realizados e incluso el propio promotor puede realizar nuevos censos, a veces a petición de las partes interesadas (Ley 21/2013; Resolución de 12 de septiembre de 2023). Por último, se anotan todas las medidas correctoras, cambios o medidas compensatorias que se vean necesarias para que el proyecto pueda cumplir con la normativa y sea aceptado (Ley 21/2013).

Una vez construida la instalación es necesario realizar un seguimiento del impacto que produce el proyecto, de forma que la ley 21/2013 señala que dentro de los informes de impacto ambiental es de obligatorio cumplimiento la realización de un Plan de Vigilancia Ambiental (PVA de ahora en adelante). En dicho plan se deben especificar los requisitos de seguimiento y evaluación de los impactos ya en la fase operacional del proyecto, seguimiento y evaluación que, en el caso de Aragón, se llevan a cabo durante 5 años (Camiña et al., 2022). Para el desarrollo de los PVA que se realizan en la comunidad autónoma, existe el protocolo técnico para el seguimiento de la mortandad de fauna en parques eólicos e instalaciones anexas (Resolución de la dirección general de medio natural y gestión forestal; Camiña et al., 2022).

Hoy en día, la detección de muertes de individuos en los aerogeneradores, menos para estudios concretos, se llevan a cabo por consultoras medioambientales contratados por el promotor del parque eólico, para cumplir con el PVA. La técnica de detección de muertes más utilizada hoy en día es la realización de muestreos periódicos en busca de individuos muertos (Camiña et al., 2022). También se ha visto la utilidad de otras técnicas como la detección de colisiones mediante radar o el uso de perros rastreadores, pero ninguno de los dos se usa a nivel práctico en la actualidad (Mathews et al., 2013; Mälzer et al., 2020).

Daños a la fauna

A pesar de la creación de catálogos de especies protegidas y las normativas para reducir los daños que producen los parques eólicos a la fauna, se sigue viendo que la siniestralidad es muy elevada y que además, muchas de las muertes producidas son de especies amenazadas como las grandes rapaces (Lekuona, 2001; Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2019; Camiña et al., 2022). El daño producido a las aves por los parques eólicos es algo que se comprobó hace ya un tiempo, mientras que la afectación de los murciélagos es algo que se descubrió más tarde (Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018).

Con el avance de los estudios, se ha visto que los propios quirópteros padecen mayor siniestralidad que las aves, de forma que se estima que al año mueren 27 murciélagos y 10 aves por cada aerogenerador (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008; Rollins et al., 2012; Camiña et al., 2022). En el caso de las aves se ha detectado una mayor mortalidad de rapaces, muchas de ellas protegidas por la reducción de sus poblaciones (Lekuona y Ursúa, 2007; Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2019; Perold, Ralston-Paton y Ryan, 2020). Mientras tanto, en los quirópteros las especies más afectadas son las migratorias o las que vuelan en

espacios abiertos en busca de insectos (Brownlee y Whidden, 2011; Grodsky et al., 2011; Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Camiña et al., 2022).

Barotrauma

La mayor siniestralidad de los quirópteros respecto a aves es algo sorprendente si tenemos en cuenta que son animales que usan la ecolocalización para detectar objetos; aún más, sabiendo que detectan mejor los objetos en movimiento que los estáticos (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008). Todo esto hace suponer que deberían de detectar correctamente los aerogeneradores y sus aspas en movimiento.

Ante esto se hipotetizaron varias explicaciones posibles. Se planteó que los murciélagos podrían verse atraídos a los aerogeneradores por varías causas como la presencia de insectos o por confundir los aerogeneradores con árboles de gran tamaño, lo cuales usan en la época de apareamiento, aunque ninguna de estas se ha llegado a demostrar (Cryan y Barclay, 2009).

La otra hipótesis que cogió gran fuerza es el del barotrauma (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008; Brownlee y Whidden, 2011; Rollins et al., 2012). El barotrauma es un fenómeno donde un cambio de presión abrupto causa daños en tejidos que contienen aire, produciendo edema, hemorragia, congestión vascular y bullas intersticiales (Rollins et al., 2012). Baerwald, Genevieve y Barclay (2008) realizaron necropsias a murciélagos encontrados muertos en los parques eólicos y vieron que tenían daños compatibles con barotrauma.

Los cambio de presión necesarios para crear este tipo de trauma se dan por el movimiento del aire que producen las aspas de los aerogeneradores (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008; Lawson et al., 2020). Lawson et al. (2020) realizaron un estudio en el cual midieron los cambios de presión que se generaban en los aerogeneradores, y vieron que se genera una zona de bajas presiones encima de las aspas, mientras que debajo de estas se crea un pequeño área de altas presiones (Figura 3).

De todas formas, a día de hoy no existe ningún estudio que haya calculado a qué cambios de presión sufren barotrauma los murciélagos, haciendo que no se pueda confirmar si las mediciones realizadas por Lawson et al. (2020) son suficientes para justificar estas muertes.

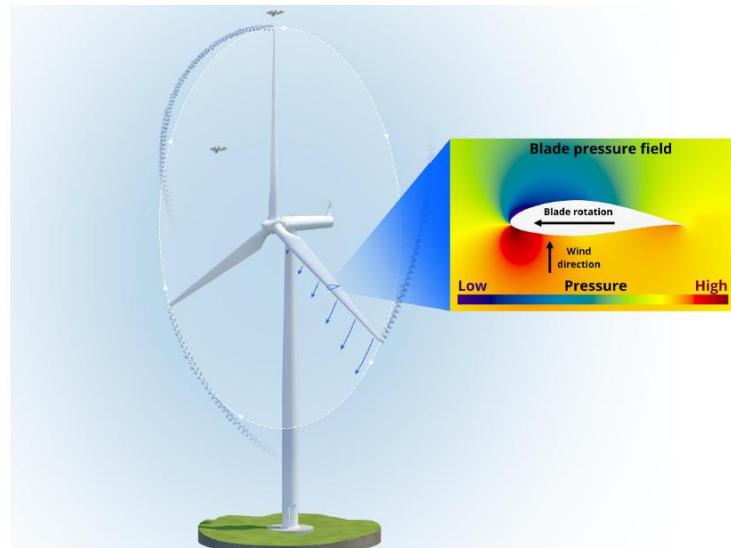


Figura 3. Cambios de presión creados por el movimiento de las aspas de los aerogeneradores (Lawson et al., 2020)

Medidas de mitigación

Crear medidas de mitigación es indispensable para poder minimizar en lo máximo posible la siniestralidad de la fauna silvestre (Rollins et al., 2012; Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Camiña et al., 2022). Sin embargo, para poder crear estas medidas es necesario conocer las especies más afectas, ya que cada especie consta de diferentes comportamientos y ecología, los cuales pueden aumentar o disminuir la probabilidad de colisión (Rollins et al., 2012; Camiña et al., 2022).

Con el tiempo se han ido barajando muchas medidas, de las cuales algunas han demostrado ser bastante efectivas mientras que otras no han sido lo suficientemente estudiadas como para confirmarlas (Sus-Pérez, 2018). Medidas como realizar paradas de los aerogeneradores en momentos de especial riesgo o el aumentar la velocidad a la que el rotor se pone en marcha han resultado muy útiles, mientras que otros como usar cubreposaderos o pintar las palas siguen necesitando realizar estudios a mayor escala (Nelson y Curry, 1995a; McIsaac, 2001; Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Camiña et al., 2022).

La aplicación de medidas de mitigación supone para las empresas del sector eólico la necesidad de realizar cambios y, en algunos casos además, supone gastos extra o disminución de beneficios. Aun así, se ha podido ver que estos cambios suponen pérdidas muy pequeñas (Camiña et al., 2022). Por ello, es totalmente necesario que tanto las administraciones públicas como las empresas se comprometan para llevarlas a cabo.

Justificación y Objetivos

Aunque la producción de la energía eólica fue un avance muy interesante en el camino de abandonar las energías no renovables, con el tiempo se ha comprobado que este tipo de producción no es inocuo y que produce una serie daños en la naturaleza, siendo las aves y los murciélagos los animales más dañados. Esto no quiere decir que haya que abandonar por completo el uso de la energía eólica, pero sí que hace ver la necesidad de investigar en la mitigación de estos daños.

Para poder avanzar en la investigación con la idea de mitigar estos daños, es indispensable conocer el alcance real de las muertes que se producen anualmente. Conocer a qué especies están afectando más y por qué posibles causas; si son migratorios o no, su tipo de vuelo; tipo de hábitat, etc. Al conocer las especies dañadas, podría saberse qué comportamientos pueden ser los causantes de sus muertes y, de esta forma, conocer qué posibles cambios serían los necesarios para evitar, en la mayor medida posible, la muerte de la fauna afectada.

A parte de conocer las especies dañadas, es interesante conocer las causas de muerte. Se ha hipotetizado que los aerogeneradores podían producir muertes por barotrauma en murciélagos. Esta hipótesis generó gran interés y éxito entre la comunidad científica. Pero en poco tiempo, se publicaron diferentes estudios donde se rebatía la idea de que realmente las muertes fuesen por barotrauma. Este fenómeno no se plantea tanto para aves pequeñas, ya que las características de su aparato respiratorio hacen más complicado la presencia del barotrauma. Sin embargo, no se han realizado estudios experimentales sobre el barotrauma en este tipo de animales, por lo que no se puede descartar su existencia.

El Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de la Alfranca (CRFSA) tiene acceso al Banco de Datos de la Biodiversidad de Aragón, donde se registran, entre otras informaciones, los animales muertos que se encuentran en el medio natural, que serán remitidos a dicho centro para la realización de la necropsia y determinación de la causa de su muerte. Este es uno de los trabajos importantes de estos centros, ya que el hecho de conocer dicha causa ayuda a detectar las principales razones que están produciendo muertes en individuos protegidos, y así afrontar mejor cómo disminuir las bajas. A partir de los resultados de las necropsias realizadas en dicho centro sería factible valorar la presencia de muertes por barotrauma y, en caso de que se den, estimar en qué proporción aparecen.

Por tanto, a partir de los datos proporcionados por el CRFSA en este trabajo se han planteado dos objetivos principales. El primer objetivo es conocer las especies, tanto de aves como de

quirópteros, más afectadas en los parques eólicos de la comunidad autónoma de Aragón. El segundo es estudiar el alcance de la presencia de muertes por barotrauma, a partir de las necropsias realizadas en aves pequeñas y murciélagos recogidos en las proximidades de los aerogeneradores.

Metodología

Material bibliográfico

Para realizar la introducción y la discusión de nuestros resultados se ha realizado una revisión bibliográfica mediante el uso de buscadores científicos como Google Scholar y Alcorze. Se han utilizado artículos de revistas científicas, libros especializados, etc. Para comprobar la normativa existente, se ha usado el Boletín Oficial del Estado y el de Aragón. Por último se han usado páginas web especializadas en energía eólica, como WindEurope y la Asociación Empresarial Eólica (Aeolica).

La mayoría de las búsquedas se han realizado en inglés y los términos más usados han sido los siguientes: “barotrauma in bats”, “effects of wind turbines on birds”, “effects of wind turbines on bats”, “most affected species by wind turbines”, “especies más afectadas por aerogeneradores en España” y “mitigation measures for wildlife in wind farms”.

Se ha intentado usar los artículos más actuales (últimos 10 años), excepto en casos de conocimientos básicos que se explicaron ya hace más años.

Métodos

Base de datos

Todas las aves y quirópteros encontrados debajo o alrededor de los aerogeneradores de todo Aragón se anotan en el Banco de Datos de la Biodiversidad de Aragón de la Dirección General de Medio Natural y Gestión Forestal. Se diferencian dos bases de datos diferentes, donde en una se anotan todas las especies protegidas y en la otra las no protegidas. Como este trabajo estudia las especies protegidas, se ha utilizado la primera de ellas.

Utilizando esta base de datos se puede estimar cuáles son las especies más dañadas y también que aerogeneradores o parques eólicos pueden ser los más conflictivos. Para el trabajo se ha puesto el foco en la mortalidad de las especies protegidas, por lo que se ha analizado cuáles son las especies más dañadas.

Para poder conocer el estado de protección de cada especie, a nivel mundial se ha utilizado la Lista Roja de la UICN; para la protección estatal, el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, y para conocer las especies protegidas por la comunidad autónoma de Aragón, el Decreto 129/2022, de 5 de septiembre.

En el presente trabajo se han utilizado los registros del año 2022, por ser el último año completo disponible y por coincidir con el análisis de las necropsias, ya que estos también han sido de ese mismo año. Además, también se han usado los datos de otros años, para poder ver si estos concuerdan entre años. A partir de la base de datos, se ha realizado un resumen de todas las especies encontradas, del número de individuos de cada especie y en qué provincia se han encontrado. Además, se ha establecido el nivel de protección de cada uno de ellos y a qué familia y orden taxonómica pertenecen.

Utilizando los datos de familia y orden, se han podido agrupar las especies en grupos más grandes, facilitando la visualización de qué grupos son los más afectados. Además, en los murciélagos, al ser animales que hibernan, se ha estudiado el número de bajas por mes. Por último, se ha analizado también el número de aves y murciélagos muertos por provincia, para poder observar si hay diferencias en especies dañadas por provincia y si las bajas están relacionadas con la cantidad de parques y aerogeneradores presentes.

Necropsias

Para el trabajo también se han recogido los datos de las necropsias realizadas durante el año 2022, con un total de 766 individuos, tanto quirópteros como paseriformes encontrados debajo de los aerogeneradores de todo Aragón.

Para saber si los datos recogidos en un año eran suficientes como para tener unos resultados significativos, se ha calculado cuál sería el tamaño de muestra. Para conocer este número, se ha utilizado la ecuación establecida para la determinación del tamaño de muestra para la estimación de proporciones. Esta fórmula es utilizada en poblaciones grandes o de número desconocido para conocer las proporciones de la variable que estamos buscando (Israel, 1992; Reyes, Espinosa y Ramón, 2013).

La ecuación es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

En donde:

N = tamaño de muestra

Z = coeficiente del nivel de confianza

nivel de confianza del 90% = 1,645

nivel de confianza del 95% = 1,96

nivel de confianza del 99% = 2,576

p = probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q = $(1 - p)$ = probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e = margen de error estimado

Para este estudio se ha considerado suficiente un nivel de confianza del 95%, por lo que se ha utilizado el coeficiente de 1,96. En cuanto a la probabilidad de que ocurra el evento estudiado, en este caso las muertes por barotrauma, es una variable que se desconoce. En estos casos se asume la máxima variabilidad que supone el 50% ($p = 0,5$; $q = 0,5$). Por último, se suelen aceptar márgenes de error estimado entre el 1 y 5%, y para este estudio se ha aceptado un error del 5%.

Las necropsias fueron realizadas por el co-director de este trabajo y veterinario del CRFSA, Chabier González Esteban. Todos los resultados que se encontraron han sido resumidos y agrupados según los daños que presentaban. De esta forma, se pretende visualizar de manera mucho más fácil y clara la presencia o no del barotrauma.

Resultados y Discusión

Especies más afectadas

Todos los resultados obtenidos, con los que se han elaborado las distintas gráficas y tablas, se presentan de forma detallada en el Anexo.

Aves

Dentro de las aves, el buitre leonado (*Gyps fulvus*) es con diferencia la especie más afectada con 303 cadáveres, ya que del segundo más afectado, que es el milano negro (*Milvus migrans*) se han contabilizado 114 cadáveres (Figura 4).

El gran número de individuos de buitre leonado se puede explicar por varios motivos: i) morfología, maniobrabilidad y tipo de vuelo; ii) grandes desplazamientos diarios, iii) presencia de zonas de alimentación suplementarias; y iv) alta abundancia de la especie.

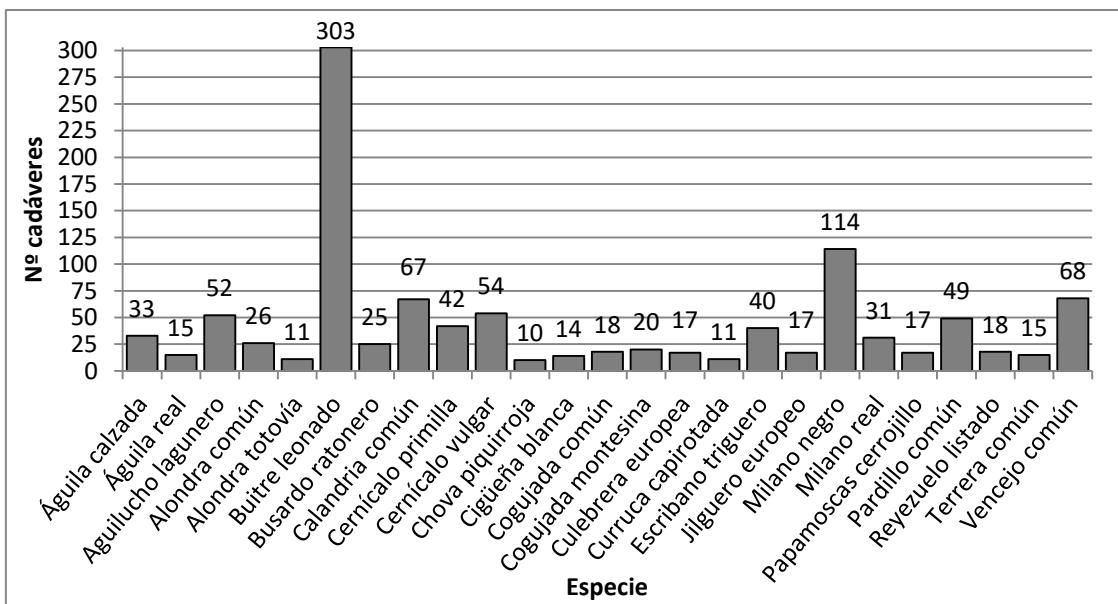


Figura 4. Especies de aves más afectadas por aerogeneradores y el número de cadáveres por especie

Muchas de las aves de mayor tamaño suelen usar corrientes térmicas ascendentes para poder ganar altitud (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021). De esta forma empiezan a moverse en círculos verticalmente, pero horizontalmente se desplazan poco. Si un parque eólico se encuentra en una zona donde se crean corrientes ascendentes y estas especies empiezan a ascender justo debajo de las torres, la probabilidad de colisión es muy elevada. Según un estudio realizado por Janss (2000) variables como el peso, longitud del ala y cola y longitud total también afectan a la probabilidad de sufrir una colisión. Especialmente importante parece ser la relación entre el peso corporal y el área del ala, lo cual se conoce como carga alar. La carga alar de un ave determina su tipo de vuelo y hace que tenga mayor o menor maniobrabilidad haciendo más o menos probable la posibilidad de esquivar una colisión (De Lucas et al., 2008; Herrera-Alsina et al., 2013).

El buitre leonado realiza grandes desplazamientos en busca de alimento (Del Moral y Molina, 2018). Esto hace que la probabilidad de que se encuentre con algún parque eólico se aumente considerablemente, comparando con otras especies (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021). Esto se ve más agravado con la presencia de muladeros o basureros en las cercanías de los parques, ya que estos animales suelen frecuentar estas zonas en grandes grupos (Lekuona y Ursúa, 2007).

Otra de las razones por la que es posible la alta mortalidad de esta especie es su abundancia. La población aragonesa, principalmente en Huesca y Zaragoza, supone el 15,2% del total de España con 5161 parejas reproductoras (Del Moral y Molina, 2018). Se ha visto que no existe una correlación directa entre el tamaño poblacional y número de colisiones, es decir, que por

haber un mayor número de individuos en los alrededores de los parques no hay mayor tasa de colisión. Aun así, algunas especies como el buitre leonado y los milanos sí que parece que existe esta correlación (Lekuona y Ursúa, 2007; De Lucas et al., 2008).

Entre las especies amenazadas, las que más afectadas han sido son el cernícalo primilla (*Falco naumannii*) con 42 individuos y el milano real (*Milvus milvus*) con 31 (Figura 5). El cernícalo primilla se encuentra catalogada como vulnerable en Aragón, mientras que el milano real se encuentra en peligro de extinción tanto en España como en Aragón (Real Decreto 139/2011; Decreto 129/2022).

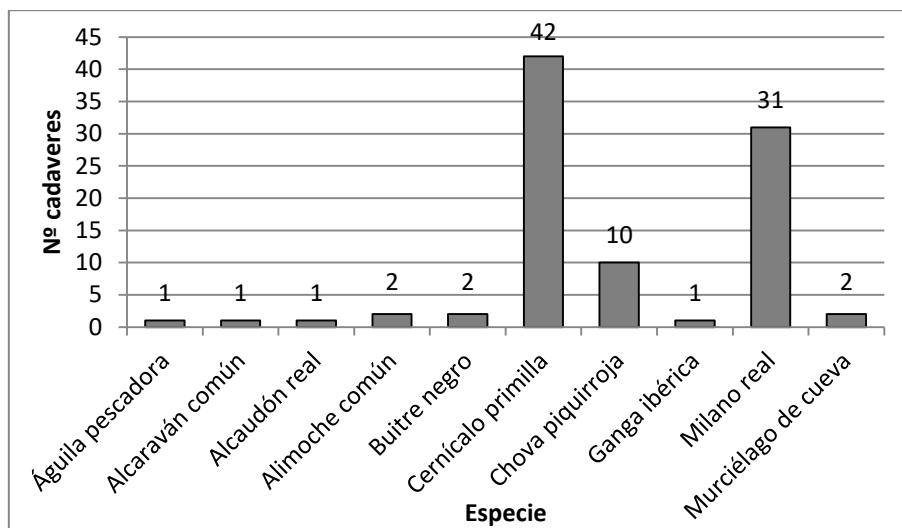


Figura 5. Especies catalogadas como amenazadas y el número de cadáveres encontrados de cada una de ellas

El cernícalo primilla ha sufrido un declive de más del 50% en las tres últimas décadas. Este declive ha sido muy importante en Aragón y sobre todo en Zaragoza. Se estiman unas mil parejas en todo Aragón (Bustamante, Molina y Del Moral, 2022), por lo que la muerte de 42 individuos cada año supone una pérdida muy importante en una especie con tendencias tan negativas. Concretamente según otros conteos, se estima que los números de individuos colisionados con aerogeneradores podrían suponer una reducción de la población aragonesa del 2,5% (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021). Las cifras son aún peores en el milano real. Con los censos realizados en las provincias de Huesca y Zaragoza se encontraron 205 parejas nidificantes (Molina, 2015) y las colisiones podrían suponer una reducción de un 7% (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021).

Agrupando todas estas especies en familias taxonómicas se ha visto que la más afectada es la familia Accipitridae (Figura 6), la cual agrupa algunas de las especies más afectadas como los buitres y los milanos, seguida por las familias Alaudidae y Falconidae (Figura 6).

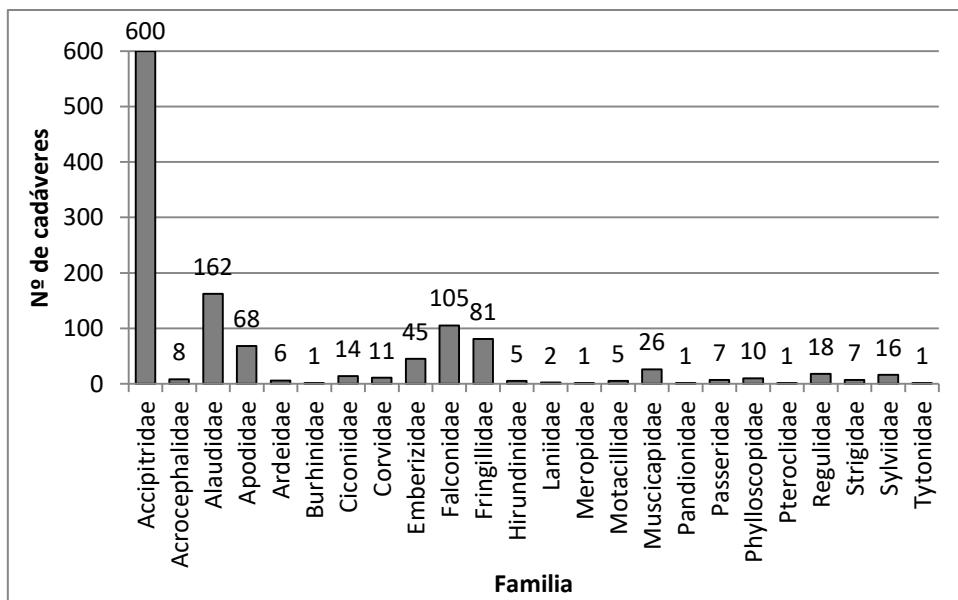


Figura 6. Número de individuos colisionados por familia taxonómica

Aunque, como ya se ha explicado, el tipo de vuelo y el hecho de recorrer grandes áreas de campeo puede ser el causante de la alta tasa de muertes de las familia Accipitridae, otra variable como la altura de vuelo también puede afectar en ello. Gran número de estas especies vuelan a alturas medias (15-75 metros) (Sus-Pérez, 2018), alturas que concuerdan con los aerogeneradores. Sin embargo, se ha visto que muchas especies adoptan comportamientos de evasión, aumentando la altura de vuelo al encontrarse con parques eólicos (De Lucas, 2007). Aun así, otros autores apuntan a que las rapaces tienen el hábito de posarse en las turbinas, lo cual explicaría el gran número de muertes (Hunt, 1994).

Dentro de familia Alaudidae se encuentran especies como la calandria común (*Melanocorypha calandra*), y diferentes especies de alondras y cogujadas, las cuales se ven también bastante afectadas por los aerogeneradores (Figura 6). Estas aves, de pequeño tamaño y de vuelo ágil, tienen características de vuelo totalmente diferentes comparando con las aves más grandes. Por ello, no sería de esperar que tantos individuos de esta familia colisionen con las aspas. Sin embargo, su alta mortalidad se podría explicar por el comportamiento de vuelo en la fase prenupcial de algunas de estas especies. Suelen elevarse a gran altura para posteriormente ir descendiendo de forma escalonada y terminar cayendo de forma abrupta casi hasta el suelo (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021).

En tercer lugar, aparece la familia Falconidae, con el cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) y cernícalo primilla entre las especies más dañadas. Estas especies de tamaño mediano tienen menos carga alar que las especies de la familia Accipitridae y, por ello, son de vuelos más agiles. Esto debería estar relacionado con una menor incidencia, pero no es así. Parece que esto

puede ser por su tipo de vuelo, ya que son especies que se ciernen, es decir, se mantienen en vuelo en un mismo sitio para detectar a sus presas. Por ello, al realizar esto cerca de los aerogeneradores, podría aumentar mucho la posibilidad de colisión (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021).

En cuanto a órdenes taxonómicos, se ha podido ver que el grupo más afectado es el que engloba las rapaces diurnas y nocturnas (Accipitriformes, Falconiformes y Strigiformes), seguido de los paseriformes, en la cual entran gran número de especies, la mayoría de ellas de pequeño tamaño (Figura 7).

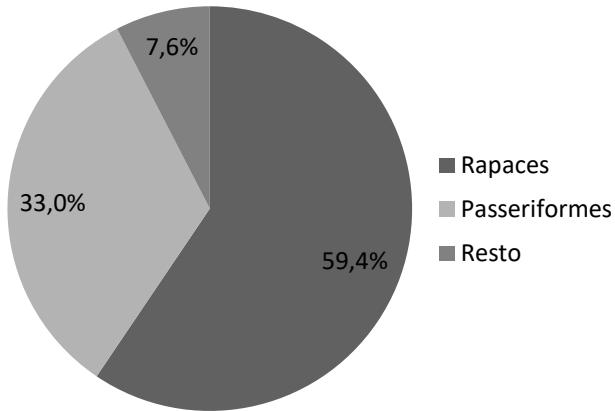


Figura 7. Porcentaje que suponen las principales órdenes del total de muertes (Rapaces: Accipitriformes, Falconiformes, Strigiformes)

Todos los resultados concuerdan con estudios realizados en otras zonas de España (Barrios y Rodríguez, 2004; Lekuona y Ursúa, 2007; Sus-Pérez, 2018; Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2021), siendo la familia Accipitridae y en general las rapaces las más afectadas, seguidas de los paseriformes.

Estos patrones se cumplen también en toda Europa, Estados Unidos y en otros países como Sudáfrica (Perold, Ralston-Paton y Ryan, 2020). Aun así, cabe destacar que aunque los patrones sean iguales, los resultados del porcentaje de muertes en buitres leonados es bastante menor comparando con otros estudios realizados en Aragón y otras comunidades autónomas de España. Las muertes de esta especie por aerogeneradores en el año 2022 suponen el 25% del total de individuos encontrados y analizando los datos de todos los años este porcentaje queda en un 47%.

En cuanto a estudios anteriores, los porcentajes de buitres leonados obtenidos van desde una media del 60% (Barrios y Rodríguez, 2004; Lekuona y Ursúa, 2007) hasta máximos del 82,1% (Sus-Pérez, 2018; Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2019). Para explicar esta gran variabilidad se pueden plantear varias hipótesis. Podría ser que la población de los buitres esté disminuyendo o que estén modificando su conducta ante los aerogeneradores, pero para todo esto habría que realizar estudios más completos. Otra hipótesis que se puede plantear es sobre el esfuerzo de muestreo. Se ve que cuanto mayor es este menor es el porcentaje de los buitres encontrados sobre el total. En el año 2018 se recogieron solamente 55 individuos, de

los cuales 45 eran buitres leonados, dando un porcentaje del 81%. En el año 2019 también hubo un bajo esfuerzo y se obtuvo un porcentaje del 79%. Sin embargo, en el año 2021, al igual que en el 2022, el esfuerzo fue mucho mayor, con 2332 individuos encontrados, y el porcentaje fue de tan solo 19%, parecido al que hemos obtenido en nuestro análisis.

Las diferencias que se producen con el cambio del esfuerzo de muestreo podrían explicarse perfectamente con el sesgo de muestreo. De una forma generalizada, las especies de mayor tamaño han sido las que en mayor número se han encontrado. El tiempo de permanencia de un cadáver en el lugar es proporcional al tamaño del animal y, por lo tanto, cuanto más pequeño es un animal, menos probable será su detección (Barrios y Rodríguez, 2004). Es mucho más fácil que un carroñero como el zorro coja el cadáver de un animal de pequeño tamaño y que se lo lleve, desapareciendo este por completo. En caso de que se deprede sobre un animal de mayor tamaño siempre es más probable que quede algún resto. Además, las rapaces y sobre todo los buitres, por el olor que desprenden por alimentarse de carroña, son mucho menos apetecibles para los depredadores, por lo que su tasa de permanencia es mucho mayor (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2019). Un dato que confirma la presencia de depredación de estos cadáveres es el aumento de las poblaciones de zorros en las inmediaciones de los parques eólicos (Sus-Pérez, Pérez-Collazos y González-Esteban, 2019). Concretamente se ha estimado que el 90% de los paseriformes desaparecen antes de las 24 horas (Lekuona, 2001).

Cuanto mayor es el esfuerzo de muestreo, menos individuos serán depredados, ya que pasará menos tiempo desde que mueren hasta que son encontrados. De esta forma, por un lado, se entendería mejor cual es el alcance real de las muertes en paseriformes y otras especies de pequeño tamaño, ya que podría ser mucho mayor. Esto evidenciaría la necesidad de realizar unos adecuados muestreos para conocer el daño real de los aerogeneradores.

Quirópteros

Pasando a los resultados obtenidos con los quirópteros, la especie más afectada es el murciélago de Cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*) con 197 individuos, seguido del murciélago enano (*Pipistrellus pipistrellus*), murciélago montañero (*Hypsugo savii*) y murciélago de borde claro (*Pipistrellus kuhlii*) con 117, 69 y 49 individuos respectivamente (Figura 8). Los tres restantes han aparecido en números más reducidos (Figura 8). Se puede ver que tres de las siete especies encontradas corresponden al género *Pipistrellus*, suponiendo un 80,8% del total de individuos encontrados. De todas las especies, la única que se encuentra amenaza es el murciélago de cueva (*Miniopterus schreibersii*) (Figura 5), el cual se encuentra catalogado

como vulnerable tanto en Aragón y España como a nivel mundial (Real Decreto 139/2011; Decreto 129/2022).

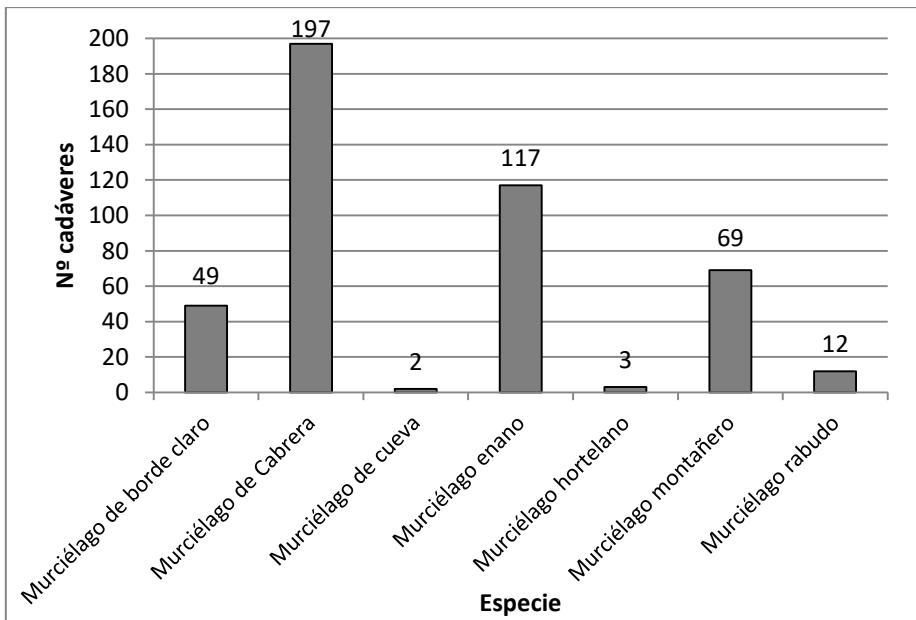


Figura 8. Número de cadáveres de quirópteros encontrados por especie

En el caso de los quirópteros, la identificación de los individuos a nivel de especie es mucho más complicado que en el caso de las aves, ya que muchos tienen características físicas parecidas (Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Camiña et al., 2022). Esto se ve agravado cuando los individuos que se encuentran ya llevan un tiempo muertos en el campo. Por ello, muchas veces sólo se llega a identificar a nivel de género o incluso familia (Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Camiña et al., 2022). No poder identificar correctamente a qué especies está afectando más, dificulta conocer el daño real a las poblaciones, el porqué de la afección a dicha especie y, por tanto, la aplicación de las medidas de mitigación.

A nivel mundial, se observa que el mayor porcentaje de los quirópteros que mueren en los parques eólicos corresponde a cazadores aéreos, de espacios abiertos, con hábitos arborícolas o fisurícolas (Barclay, Baerwald y Gruver, 2007; Rydell et al., 2010; Alcalde, 2016; Zimmerling y Francis, 2016; Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018). Vuelan a la altura de los rotores, haciendo que sean un grupo que se considera de alto riesgo (Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018). Otro comportamiento que se cree que podría afectar a que haya unas especies más afectadas que otras es la migración, ya que en algunos estudios se ha descrito que la mayoría de las especies dañadas eran migratorias (Barclay, Baerwald y Gruver, 2007; Brownlee y Whidden, 2011; Grodsky et al., 2011).

En la mayoría de los estudios realizados han visto que hay una mayor mortalidad de quirópteros que de aves (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008; Camiña et al., 2022; Moreno Zavala, 2022). El porqué de esto es algo que se desconoce. Algunos autores hablan de la presencia del barotrauma en murciélagos (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008), y otros de que estos animales podrían verse atraídos por los aerogeneradores (Cryan y Barclay, 2009; Grodsky et al., 2011; Rydell et al., 2016). Rydell et al. (2016) apuntan a que podrían acercarse para alimentarse de los insectos que se encuentran en la superficie de los aerogeneradores. Otros apuntan a que los murciélagos ni seleccionan ni rehúyen los parques y que su presencia estás muy determinada por el tipo de hábitat (Alcalde, 2016). De esta forma, aseguran que prefieren zonas con arbolado cercano comparando con las arbustivas o herbáceas. Estos datos son de gran interés a la hora de decidir dónde colocar los parques eólicos. Sin embargo, ninguna de estas hipótesis se ha podido estudiar lo suficiente como para confirmarlas.

Cabe destacar que aunque en la mayoría de los estudios se haya observado un mayor número de siniestralidad en murciélagos que en aves, en el nuestro se ha encontrado lo contrario. El número de murciélagos ha supuesto menos de la mitad de las aves. En otro estudio realizado por Camiña et al. (2022), en dos parques eólicos de la provincia de Zaragoza, vieron también que la mortalidad de los murciélagos era mayor que la de las aves. En dicho estudio compararon los resultados según el esfuerzo de muestreo. Concretamente, compararon tanto el esfuerzo de muestreo realizado por la consultora responsable de la PVA y sus resultados, con un estudio propio en el que realizaron un esfuerzo de muestreo mayor. Vieron que había grandes diferencias en el número de individuos hallados, y describieron ciertos sesgos que podrían explicar el porqué de la detección de un menor número de murciélagos, sesgos que, tal y como se hemos indicado previamente, se cumplen también en las aves de pequeño tamaño.

Por un lado está la detectabilidad, la cual se estima que podría estar entorno al 20% (Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018). Sobre este aspecto afectan diferentes variables como la experiencia del observador, la visibilidad (si hay vegetación o no), el tamaño del animal, distancia a la que caen respecto a la base del aerogenerador y la tasa de permanencia (2,3 días) por carroñeo entre otros (Alcalde, 2016; Camiña et al., 2022). A su vez, el principal factor que afecta sobre esta detectabilidad es el esfuerzo de muestreo. Los murciélagos son de reducido tamaño y en muchos casos de un color que se puede mimetizar con el suelo, por lo que su detección podría estar disminuida (Alcalde, 2016). En el estudio citado anteriormente, al realizar un muestreo de esfuerzo superior detectaron una mortalidad cuatro veces mayor que el de la consultora (Camiña et al., 2022).

La inmensa mayoría de los animales que se recogen en el CRFSA provienen de las consultoras contratadas para los PVA (González-Esteban, comunicación personal). Por ello, como los datos con las que hemos trabajado provienen de muestreos insuficientes, se podría estar infravalorando la mortalidad de los murciélagos y esto explicaría los diferentes resultados que hemos obtenido respecto a otros trabajos.

Estacionalmente, se ha podido observar que la aparición de estos animales se da sobre todo de mayo a octubre y que la mayor tasa de muertes ocurre entre agosto y septiembre (Tabla 1). Aunque de enero a abril y noviembre también haya aparecido algún individuo, su número es muy inferior (Tabla 1).

Tabla 1. Número de cadáveres localizados por mes y el porcentaje que supone del total

Mes	Nº individuos	%
Enero	1	0,2
Febrero	1	0,2
Marzo	3	0,7
Abril	16	3,6
Mayo	44	9,8
Junio	61	13,6
Julio	29	6,5
Agosto	114	25,4
Septiembre	144	32,1
Octubre	35	7,8
Noviembre	1	0,2
Total	449	100

La falta o reducida presencia de individuos entre diciembre y marzo se podría explicar por la hibernación, la cual realizan en los meses más fríos (Alcalde, 2016; Camiña et al., 2022). Mientras tanto, el repunte en los meses de agosto y septiembre podría deberse a que en estos meses las hembras independizan a sus crías y van de las zonas de cría a las de apareamiento y los machos también entran en celo. Además, en este periodo se alimentan de forma más voraz para poder acumular la grasa antes de la hibernación (Alcalde, 2016). Al igual que vieron en el estudio de Camiña et al. (2022), nuestro estudio apunta que en julio hay una marcada bajada en la siniestralidad. Aunque en dicho estudio no expliquen el porqué de esta bajada, podría deberse a que julio es momento de los partos para estas especies (Kleiman, 1969) y esto podría reducir sus movimientos.

Análisis global

En total, en el año 2022 se encontraron 77 especies protegidas afectadas por los aerogeneradores, 70 especies de aves y 7 de murciélagos. De ellas, 9 especies de aves y 1 de murciélagos se encuentran amenazadas (Figura 5). En cuanto al número de individuos encontrados, se contabilizaron un total de 1201 aves y 449 murciélagos.

Los resultados de los cadáveres encontrados concuerdan totalmente con la densidad de parques por provincias (Figura 1b, Figura 9), habiendo encontrado muchos más individuos en Zaragoza seguido de Teruel (Figura 9).

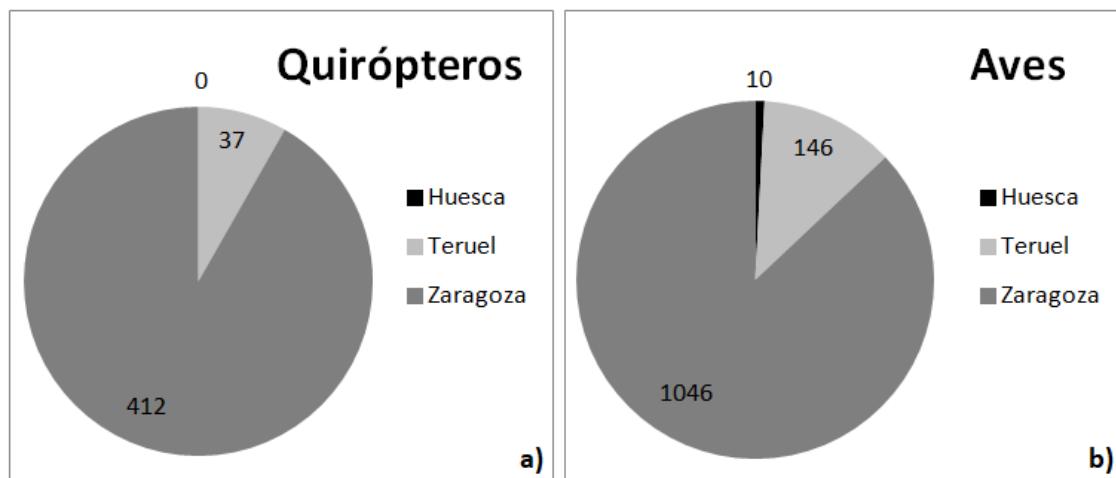


Figura 9. a) número de cadáveres de quirópteros encontrados por provincia. b) número de cadáveres de aves encontrados por provincia

En concreto se ha podido ver que el buitre leonado es con diferencia la especie más afectada (Figura 4). En el año 2022 se encontraron un total de 303 cadáveres de esta especie (Figura 4), lo que supone el 25% del total de aves encontradas. La siguiente especie más abundante fue el murciélago de Cabrera de los cuales se encontraron 197 individuos (Figura 8), suponiendo el 44% de todos los murciélagos encontrados.

Todos los sesgos mencionados anteriormente, tanto de aves como de murciélagos, demuestran que realmente el número de muertes es mucho mayor que la que se detecta y se contabiliza, resaltando la necesidad de aumentar el esfuerzo de muestreo. Esto se traduce en una gran infravaloración del alcance del daño que producen las eólicas a la fauna. Es de vital importancia intentar disminuir estos daños y para ello, es necesario llegar a comprender por completo las razones de las muertes, mejorar los planes de vigilancia ambientales y según los resultados crear medidas de mitigación.

Tal y como se enumeran en el trabajo realizado por Sus-Pérez (2018) se han planteado diversas medidas de mitigación. La mejor medida de mitigación es un correcto estudio de impacto ambiental para poder construir en los lugares donde menos daños se pueden causar a la fauna (Gartman et al., 2016; Camiña et al., 2022). Además, se ha visto, por lo menos en el caso de aves, que grandes pero pocos parques con muchos aerogeneradores podría ser una mejor opción que muchos aerogeneradores dispersos (Sutton y Tomich, 2005). Un lugar grande degradado podría expulsar la fauna en esa zona y reducir así las colisiones.

Dentro de los parques ya construidos, se ha visto la efectividad de varias medidas de mitigación, mientras que otros muchos necesitan estudios más completos (Sus-Pérez, 2018). Dos de esas medidas que han resultado ser muy útiles están relacionados con el movimiento de las aspas. Una, que ha funcionado tanto para aves como murciélagos, es la parada de los aerogeneradores en momentos de especial riesgo (Singh, Baker y Lackner, 2015). La otra medida, que en este caso funciona para murciélagos, es el incremento del viento mínimo a la que empiezan las torres a funcionar (velocidad de arranque) (Arnett et al., 2010). Se ha observado que con aumentar la velocidad de arranque a 6 m/s por las noches se da una pérdida de producción de tan solo 1,20% mientras la siniestralidad baja un 54% (Salguero Pérez, Muñoz Arroyo y Muñoz Gallego, 2018; Camiña et al., 2022).

Existe otro grupo de medidas que está relacionado con las características de los aerogeneradores. Barclay, Baerwald y Gruver (2007) descubrieron que una menor altura de los aerogeneradores ayudaría a reducir la mortalidad de murciélagos, por lo menos la de las especies migratorias, ya que vuelan a alturas de los nuevos grandes aerogeneradores, aunque quedaría por comprobar si reducir la altura podría ser perjudicial para otras especies o no, ya que existen estudios que indican ambas cosas (Johnson et al., 2000; Johnson et al., 2002). También se ha barajado el hecho de pintar las palas o usar cubreposeraderos, para que los animales no se posen en las turbinas, y ambos han mostrado cierta eficacia, aunque es necesario realizar estudios a mayor escala (Nelson y Curry, 1995; McIsaac, 2001; Sus-Pérez, 2018). Incluso una empresa española, llamada Vortex Bladeless, ha diseñado unos aerogeneradores sin aspas. Obviamente esto reduciría drásticamente la problemática de la fauna, pero es algo que todavía necesita desarrollo para poder llegar a competir con los aerogeneradores convencionales, en caso de que lleguen a hacerlo (Boretto, 2019).

Por último, están las medidas de mitigación centradas en técnicas disuasorias, como la generación de ruidos u ondas (Johnson et al., 2007; Sus-Pérez, 2018), u otros que hacen que el hábitat sea menos interesante, como el hecho de labrar la tierra para que haya menor

presencia de presas (Pescador, Gómez Ramírez y Peris, 2019). En este caso también existe un proyecto creado por la empresa española Líquen Consultoría Ambiental, S.L., basada en la detección y posterior prevención de colisiones. Se han creados dos módulos llamados DTBird y DTBat, donde el primero consta de unas cámaras que detectan aves y en caso de acercarse primero ahuyenta con sonidos y si no funciona se paran automáticamente, mientras que el segundo detecta murciélagos mediante ultrasonidos y en caso de detectarlos se para de forma autónoma (Sus-Pérez, 2018).

Necropsias

En cuanto a los resultados obtenidos en las necropsias, estos se agrupan en dos grupos diferentes. Por un lado están los resultados de los murciélagos y por el otro los de los paseriformes. Las aves de gran tamaño no se han tenido en cuenta porque el barotrauma no ha sido planteado como causa de muerte en especies superiores a 100 gramos (González-Estebaran, comunicación personal).

Cabe destacar que aunque los paseriformes comparten las características con los murciélagos en cuanto a tamaño y el hecho de que vuelan, el sistema respiratorio y vascular de las aves es único y muy diferente respecto al de los quirópteros (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008). Como adaptación al vuelo, la barrera alvéolo capilar de los murciélagos es más fina que la de otros mamíferos terrestres, al igual que pasa en las aves (Maina y King, 1984). Esto los hace más susceptibles a sufrir barotrauma (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008). De todas formas, los murciélagos constan de pulmones grandes y flexibles capaces de expandirse ante cambios de presión, mientras que los de las aves son compactos y rígidos (Maina y King, 1984; West, Watson y Fu, 2007; Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008). Además, al igual que los pulmones, los capilares pulmonares de las aves son también más fuertes que en los murciélagos, dificultando su expansión y rotura ante cambios de presión (West, Watson y Fu, 2007; Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008). Todo esto hace que las aves sean menos susceptibles a sufrir barotrauma. Aun así, por el hecho de compartir algunas características, y porque no existen trabajos en los que se haya estudiado el barotrauma en aves, es interesante plantear la hipótesis y estudiar su existencia.

Quirópteros

En total, ingresaron 536 quirópteros, de los cuales 12 se encontraban totalmente reducidos a fragmentos por depredación *post mortem*, 10 estaban totalmente esqueletizados por la labor de himenópteros, y otros 76 mostraban signos de depredación *post mortem* más o menos

acusados. La condición que presentaban todos estos individuos imposibilitaba la detección de fracturas o daños en tejidos blandos. Por ello, el número total de cadáveres utilizados para el estudio ha sido de 428 individuos.

De los 428 estudiados, el 72% ($n = 309$) presentaban fracturas (Tabla 2) que se hallaban en diferentes partes del cuerpo. Había 59 con fracturas de pelvis, 68 de vértebras lumbares, 58 de vértebras torácicas, 41 de esternón, 10 de cráneo, 27 de húmero y 1 de radio (Tabla 2). En el resto ($n = 45$) se observaron fracturas múltiples en el tronco. Por último, el 90% ($n = 385$) de los murciélagos presentaban una deformación similar a un aplastamiento dorso-ventral del tórax, a causa de la deformación de las costillas al ser golpeados por las aspas.

Tabla 2. Número de individuos que presentaban diferentes tipos de daños y el porcentaje que suponen del total de individuos estudiados

Daños observados	Número	%	Total
Hematomas	411	100	411
Heridas cortante-contusas	34	8	411
Hernia abdominal	117	28	411
Fracturas	309	72	428
Pelvis	59	19	309
Vertebras lumbares	68	22	309
Vertebras torácicas	58	19	309
Esterón	41	13	309
Cráneo	10	3	309
Húmero	27	9	309
Radio	1	0,3	309
Múltiples	45	15	309
Deformación del tórax	385	90	428

En cuanto al estudio de daños en tejidos blandos, de los 428 cadáveres, 411 habían llegado al CRFSA frescos, habiendo transcurrido horas desde la muerte en 270 individuos, hasta un día en 113, y alrededor de 2 días en 28. Los 17 restantes mostraban algún grado de descomposición, lo que impedía observar daños en tejidos. En el 100% de los 411 individuos se observaron hematomas muy patentes e intensos (Tabla 2). Además de hematomas, en 8% ($n = 34$) de los ejemplares se detectaron heridas cortante-contusas con vísceras expuestas y el 28% ($n = 117$) presentaban una hernia abdominal (Tabla 2).

Es interesante señalar que todos los ejemplares presentaban excelente estado nutricional con abundante engrasamiento, aún más masivo en los meses de otoño. Dentro de los 411 individuos más frescos, el 92% tenían el estómago distendido por abundante ingesta, lo cual facilita la aparición de la hernia abdominal. Todo esto indica que los murciélagos fallecidos por los aerogeneradores presentaban buena condición física y podían encontrarse en plenitud de sus facultades. Esto descarta la posible idea de que los animales que mueren en los parques

eólicos pueden estar en malas condiciones, y que por esta razón son alcanzados por las aspas. Además, esto se reafirma por el hecho de que lo primero que hace un quiróptero enfermo, desnutrido o afectado por cualquier patología, es dejar de volar (Moreno et al., 2020).

La totalidad de estos resultados indica que las muertes han sido causadas por colisión, es decir, indica que los animales han sido golpeados por las aspas de los aerogeneradores. Estos resultados no concuerdan con los de Baerwald, Genevieve y Barclay (2008), quienes aseguraban que una gran proporción de los murciélagos mueren por el barotrauma y no tanto por el contacto directo con las aspas. En el caso de muertes por este primer fenómeno, las lesiones esperables serían exclusivamente internas: hemorragias internas, sin hematomas ni fracturas. Sin embargo, ningún individuo de nuestro estudio presentaba este tipo de lesiones.

Podría ser lógico pensar que en algunos individuos las fracturas pueden ser causadas por la caída desde la altura una vez sufrido el daño por el cambio de presión. Grodsky et al. (2011) realizaron un experimento para comprobar este hecho, pero comprobaron que los daños por dicha causa no eran significativos.

Baerwald, Genevieve y Barclay (2008) trataron de encontrar alguna explicación al gran número de muertes de murciélagos respecto a las aves. Plantearon la hipótesis de que los murciélagos no solo sufren colisiones sino también barotrauma, ya que este fenómeno supondría una causa adicional de muerte que no afectaría tan significativamente a las aves y que podría justificar esa diferencia entre ambos grupos. Aclaraban que los murciélagos ecolocalizan mejor los objetos en movimiento que los estáticos, lo que supondría la detección de las aspas evitando colisiones con ellas. Todos estos argumentos resultaban válidos y fueron apoyados por necropsias en las que se observaban daños compatibles con barotrauma.

Después de que este trabajo saliera a la luz, la hipótesis tuvo gran éxito (Rollins et al., 2012) y con la idea de confirmar o desmentirla se realizaron nuevos trabajos (Brownlee y Whidden, 2011; Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012; Lawson et al., 2020). Brownlee y Whidden (2011) realizaron necropsias a un mayor número de individuos ($n = 146$) y vieron que el 37% de ellos tenían signos compatibles con barotrauma sin daños externos y otro 30% mostraba dichos signos al igual que daños por colisión, por lo que apoyaban dicha hipótesis con un número importante de casos. Sin embargo, posteriormente aparecieron cierto número de artículos que ponían en duda la presencia del barotrauma o por lo menos que fuera el causante de gran número de muertes (Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012; Lawson et al., 2020).

Anatómicamente, el barotrauma suele producir daños como edema, hemorragias, bullas intersticiales y congestión vascular en pulmones, y hemorragias en el oído medio (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008; Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012). En las necropsias y posterior histopatología realizadas por Baerwald, Genevieve y Barclay (2008), vieron estos daños y concluyeron la presencia de barotrauma. Sin embargo no tuvieron en cuenta las posibles alteraciones cadavéricas producidas por la descomposición (Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012).

Tanto Grodsky et al. (2011) como Rollins et al. (2012) estudiaron los efectos de la descomposición y compararon los resultados con los daños producidos por el barotrauma. Los individuos recogidos en el campo suelen llegar muertos, con más o menos grado de descomposición e incluso en algunos casos se congelan para futuros estudios, haciendo que todos estos individuos hayan padecido alteraciones (Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012). Para ver en qué momento empiezan a aparecer los cambios *post mortem* de los pulmones con la descomposición, Rollins et al. (2012) realizaron experimentos con ratones eutanasiados, viendo que a las 2 horas *post mortem* aparecía congestión vascular, a las 24 horas el edema y la extravasación de los eritrocitos aparecía en 72 horas.

Tal y como apunta Rollins et al. (2012), el edema pulmonar, uno de los signos del barotrauma, se entiende por una acumulación de material eosinofílico seroproteínoso en espacios aéreos, el cual sale a dicho espacio por daño celular del endotelio y/o el epitelio del septo alveolar. Tanto la congelación como la descomposición produce estos daños a la integridad celular, empezando a producirse a las pocas horas *post mortem*. Esto hace que no se pueda saber si el edema es *ante mortem* a no ser que la necropsia se haya realizado inmediatamente después de la muerte.

La hemorragia pulmonar, otro de los signos más comunes en el barotrauma, se da por la extravasación de los eritrocitos a los tejidos y, al igual que el edema pulmonar, las hemorragias se pueden dar *post mortem*, por la pérdida de integridad de la pared endotelial; incluso, daños en las vías respiratorias *ante mortem* pueden resultar en la aspiración de la sangre dando la apariencia de hemorragia pulmonar (Rollins et al., 2012). El hemotórax también se explica como posible causa del barotrauma, pero es frecuente también en individuos que han sufrido un traumatismo contundente, ya que se pueden producir contusiones y laceraciones pulmonares por la fractura de una costilla (Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012). En nuestras necropsias se ha observado deformación del tórax en el 90% de los individuos por lo

que sería muy probable que un golpe tan grande como para producir esa deformación produzca algún daño interno en el tórax.

El barotrauma también puede generar enfisema o bullas pulmonares, pero este gas puede aparecer por más causas (Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012). Por un lado, puede ser por una disnea agónica *ante mortem* (Grodsky et al., 2011) o también podría ser gas procedente de la putrefacción que se acumula en el intersticio (Rollins et al., 2012). Por último, los daños que puede producir el cambio de presión en el oído medio se pueden explicar también por un golpe fuerte en la cabeza (Grodsky et al., 2011), por lo que tampoco asegura el barotrauma.

La mayoría de estos daños es difícil observar mediante un examen macroscópico y tanto Grodsky et al. (2011) como Rollins et al. (2012) recomiendan realizar estudios histológicos. Aunque en los estudios realizados por ambos grupos encontrasen signos compatibles con barotrauma, no se puede confirmar que realmente sea por este fenómeno, ya que podría ser simplemente resultado de la descomposición, y aseguran que los pulmones de los animales recogidos de los parques eólicos no deberían usarse para el estudio de la existencia del barotrauma (Rollins et al., 2012).

En cuanto a la exploración externa, en todos los trabajos se observa que la mayor parte de los individuos muestra alguna fractura o daño externo (Brownlee y Whidden, 2011; Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012). Estos porcentajes se ven aumentados si se realizan radiografías. Hasta un 33% de las fracturas existentes pueden pasar desapercibidos sin la realización de dichas radiografías (Grodsky et al., 2011). Esto evidencia que los daños que se producen por una colisión son mayores de los que se muestran en los trabajos donde no se han radiografiado los individuos. De esta forma, al igual que con nuestros resultados, se evidencia que la colisión aparece como causa primaria en un número mucho mayor que el barotrauma, en el caso de que este exista. También se plantea la opción de que muchos individuos mueran por las dos causas a la vez (Grodsky et al., 2011)

Aparte de los resultados de las necropsias, Baerwald, Genevieve y Barclay (2008) aseguraban que los cambios de presión que producían los aerogeneradores era suficiente para producir barotrauma en los murciélagos. Más tarde, Lawson et al. (2020) quisieron confirmar si esto era realmente cierto. Para ello, estudiaron en profundidad los cambios de presión que producían las aspas. A día de hoy no existe ningún estudio que haya medido a qué cambios de presiones empieza a aparecer barotrauma en los murciélagos (Baerwald, Genevieve y Barclay, 2008; Lawson et al., 2020); por esta razón, utilizaron los valores de rata, mamífero más parecido al murciélagos del cual existen datos (Lawson et al., 2020).

Los resultados obtenidos muestran que las zonas donde se da cambio de presión son muy pequeñas, cercanas a las aspas (Figura 3), y que los murciélagos deberían de realizar vuelos muy específicos (que son improbables) para que sufran ese cambio de presión sin que sean golpeados. Además, los cambios de presiones parecen ser 8 veces inferiores a los que producen barotrauma en ratas (Lawson et al., 2020). Por ello, en caso de que los cambios de presiones capaces de soportar los murciélagos fueran parecidos a las de las ratas, sería muy poco probable la existencia de muertes por barotrauma. Incluso, si realmente aguantaran cambios más pequeños, deberían volar muy cerca de las aspas. Esto último, apuntaría a la posibilidad de que los murciélagos sufran tanto la colisión como el barotrauma y ambas a la vez sean la causa de muerte.

Paseriformes

En el año 2022 llegaron 458 paseriformes, de los que 120 se hallaban reducidos a plumas y algunos fragmentos óseos resultado de la depredación *post mortem*. Por ello, se les practicó la necropsia a 338 ejemplares, de los que 332 (98%) mostraban fracturas múltiples en tronco, 77 de los cuales presentaron además fracturas múltiples en cráneo. En los 6 ejemplares restantes se observaron hematomas intensos. Es importante destacar que todos los individuos presentaban hemorragia interna generalizada.

Los resultados obtenidos con los paseriformes se asemejan a los de los quirópteros. Se han podido ver hemorragias en todos los individuos, los cuales, al igual que se ha comentado con los murciélagos, son daños que se producen tanto por barotrauma, traumatismos contusos o la propia descomposición (Grodsky et al., 2011; Rollins et al., 2012), haciendo que no se pueda confirmar su causa. De esta forma, ya que todos mostraron fracturas o hematomas intensos y ninguno reveló hemorragias sin presencia de fracturas o hematomas, se descarta la presencia del barotrauma como única causa.

Al igual que ocurre en los quirópteros, podría ocurrir que se de barotrauma y la colisión a la vez. Aun así, siendo animales cuyas características físicas dificultan más la posibilidad de padecer este tipo de trauma, la probabilidad de que estos individuos estudiados hayan padecido barotrauma es mucho menos probable.

Análisis global

En total se realizaron las necropsias de 766 individuos, 428 quirópteros y 338 paseriformes y ninguno de ellos ha mostrado signos de haber muerto por barotrauma. Todos ellos han presentado fracturas, hematomas, heridas o incluso todo ello a la vez.

El tamaño de muestra obtenido para el intervalo de confianza de 95% es de 385 individuos. Esto significa que los resultados de los quirópteros se basan en una muestra lo suficientemente grande como para considerarlos significativos. Todos los estudios realizados hasta el momento han trabajado con tamaños de muestra mucho más reducidos. En el caso de Baerwald, Genevieve y Barclay (2008) realizaron la exploración a un total de 188, pero solo en 75 de ellos, que estaban frescos, miraron signos de barotrauma. Brownlee y Whidden (2011) practicaron la necropsia a 146, Grodsky et al. (2011) utilizaron un total de 39 individuos y Rollins et al. (2012) realizaron las necropsias a 66 murciélagos. En cuanto a los paseriformes, con el 95% de intervalo de confianza, solo se ha podido estudiar el 88% del tamaño de muestra. Esto hace que los resultados no sean significativos para este intervalo. Si se bajara ligeramente a un intervalo de confianza de 90%, con el que se necesitaría un tamaño de muestra de 271 individuos, sí que se podría decir que los resultados son significativos.

Por todo, no se puede decir que realmente en el primer estudio de Baerwald, Genevieve y Barclay (2008) no vieran signos de barotrauma o que no haya casos de muertes por esta causa, pero con los datos analizados y apoyados en la bibliografía existente, se puede confirmar que por lo menos no es la causa principal.

Conclusiones

- 1.- Dentro de las aves, las rapaces son el grupo más damnificado seguidos de los paseriformes.
- 2.- La baja siniestralidad observada en quirópteros, al igual que en aves de pequeño tamaño, puede deberse a un reducido esfuerzo de muestreo que la infravaloraría en gran medida.
- 3.- Es imprescindible realizar muestreos exhaustivos y concluyentes de las especies afectadas por los aerogeneradores para poder aplicar correctamente los mecanismos para su mitigación.
- 4.- Según los datos analizados, la colisión con las aspas de los aerogeneradores es la principal causa de muerte.

Conclusions

- 1.- Among birds, raptors are the most affected group, followed by passerines.
- 2.- The low casualty rate observed in chiroptera, as well as in small birds, may be due to a reduced sampling effort that would underestimate it to a large extent.

3.- It is essential to carry out exhaustive and conclusive sampling of the species affected by wind turbines in order to be able to correctly apply the mechanisms for their mitigation.

4.- According to the data analysed, collision with wind turbine blades is the main cause of death..

Valoración personal

Mi interés de ser veterinaria de fauna salvaje me llevó a contactar con el CRFSA en busca de un TFG. Entre las opciones planteadas me interesó mucho el tema de los aerogeneradores, ya que han salido proyectos para instalar aerogeneradores en la zona donde yo vivo. Ya conocía que los aerogeneradores producían daños a la fauna, pero no me había informado mucho, por lo que quise profundizar.

El trabajo me ha dado la opción de conocer el problema real que supone esta producción de energía verde para los animales. Pero no solo eso, me ha ayudado a conocer algo más sobre el estado de conservación de las especies, la normativa respecto a la protección de la fauna silvestre, el funcionamiento de la gestión de estos animales y diferentes proyectos, etc. Siempre me ha interesado la gestión de la fauna, por lo que este trabajo me ha ayudado a completar más mis conocimientos en la materia. Además, y aunque no haya sido posible estar presente en las necropsias, me ha sido de gran interés profundizar en el conocimiento sobre la anatomía patológica de la fauna silvestre.

Me gustaría agradecer a mis dos tutores por toda la ayuda prestada, ya que sin ella no habría sido posible sacar adelante el trabajo. A José Ignacio Martí por ayudarme a dar forma al trabajo y a Chabier González por aclararme todas las dudas que me han ido surgiendo. También agradecer a Francisco Canto la ayuda con los cálculos muestrales. Y, por último, y no menos importante, agradecer a mi pareja y familia por apoyarme en la loca idea de realizar un segundo grado y a mi querida compañera de piso, Carla Aste, por aguantarme y empujarme adelante todos estos años.

Bibliografía

- Alcalde, J.T. (2016). "Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos". *Temas*, pp. 3-6. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/296486867> [Consultado 19-11-2023].
- Arnett, E.B., Huso, M.M.P., Schirmacher, M.R. y Hayes, J.P. (2010). "Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(4), pp.209–214. DOI: <https://doi.org/10.1890/100103>
- Asociación Empresarial Eólica (AEE) (2022). Sobre la eólica. Disponible en: <https://aeeolica.org/la-asociacion-empresarial-eolica-lanza-el-anuario-eolico-2021-un-analisis-de-la-situacion-actual-de-la-eolica-en-espana-y-en-el-mundo/> [Consultado 16-11-2023].
- Baerwald, E.F., Genevieve, H. y Barclay, R.M.R. (2008). "Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines". *Current Biology*, 18(16), pp.695–696. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.029>
- Barclay, R.M.R., Baerwald, E.F. y Gruver, J.C. (2007). "Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height". *Canadian Journal of Zoology*, 85, pp.381–387. DOI: <https://doi.org/10.1139/Z07-011>
- Barrios, L. y Rodríguez, A. (2004). "Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines". *Journal of Applied Ecology*, 41(1), pp.72–81. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2004.00876.X>
- Boretto, M. (2019). *Bladeless wind energy conversion*. Trabajo de Tesis. Politecnico de Torino.
- Brownlee, S.A. y Whidden, H.P. (2011). "Additional Evidence for Barotrauma as a Cause of Bat Mortality at Wind Farms". *Journal of the Pennsylvania Academy of Science*, 85(4), pp.147–150. DOI: <https://doi.org/10.5325/jpennacadscie.85.4.0147>
- Bustamante, J., Molina, B. y Del Moral, J.C. (2022). "Cernícalo primilla *Falco naumanni*". En, B. Molina, A. Nebreda, A. R. Muñoz, J. Seoane, R. Real, J. Bustamante y J. C. del Moral: *III Atlas de las aves en época de reproducción en España*. Madrid. <https://atlasaves.seo.org/ave/cernicalo-primilla/>

Camiña, Á., Pinzolas, J.A., Ibañez, M.I., Vicente, N. y García-Albi, H. (2022). "Impacto en los quirópteros de dos parques eólicos en el Valle del Ebro (Zaragoza) y propuesta de mitigación". *Journal of Bat Research & Conservation*, 15(1), pp.22–35. DOI: <https://doi.org/10.14709/barbj.15.1.2022.03>

Cryan, P.M. y Barclay, R.M.R. (2009). "Causes of bat fatalities at wind turbines: Hypotheses and predictions". *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp.1330–1340. DOI: <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-076R1.1>

Decreto 129/2022, de 5 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se crea el Listado Aragonés de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. *Boletín Oficial de Aragón*, n. 179, 14 de septiembre de 2022.

De Lucas, M. (2007). *Aves y parques eólicos: efectos e interacciones*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

De Lucas, M., Janss, G.F.E., Whitfield, D.P. y Ferrer, M. (2008). "Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance". *Journal of Applied Ecology*, 45(6), pp.1695–1703. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.X>

Del Moral, J.C. y Molina, B. (2018). *El buitre leonado en España, población reproductora en 2018 y método de censo*. Disponible en: <https://atlasaves.seo.org/ave/buitre-leonado/> [Consultado 07-11-2023].

Enríquez de Salamanca, Á. (2014). "Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental". *Forestal*, 60, pp.82–87. Disponible en: <https://www.forestales.net/Canales/Ficha.aspx?IdMenu=b6947309-987f-4bff-808d-4e7e974ccaf8&Cod=b6e531d3-68fe-4c87-8508-d56a2c1a6e6e&Idioma=es-ES> [Consultado 24-10-2023].

Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geißler, G. y Köppel, J. (2016). "Mitigation measures for wildlife in wind energy development, consolidating the state of knowledge - Part 1: Planning and siting, construction". *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(3). DOI: <https://doi.org/10.1142/S1464333216500137>

Glaubrecht, M. (2023). "On the end of evolution – Humankind and the annihilation of species". *Zoologica Scripta*, 52(3), pp.215–225. DOI: <https://doi.org/10.1111/ZSC.12592>

Grodsky, S.M., Behr, M.J., Gendler, A., Drake, D., Dieterle, B.D., Rudd, R.J. y Walrath, N.L. (2011). "Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities". *Journal of Mammalogy*, 92(5), pp.917–925. DOI: <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-404.1>

Herrera-Alsina, L., Villegas-Patraca, R., Eguiarte, L.E. y Arita, H.T. (2013). "Bird communities and wind farms: A phylogenetic and morphological approach". *Biodiversity and Conservation*, 22(12), pp.2821–2836. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10531-013-0557-6/TABLES/3>

Hunt, W.G., R.E. Jackman, T.L. Hunt,.D.E. Driscoll y L. Culp. (1998). "A population study of golden eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: population trend analysis 1997". Report to National Renewable Energy laboratory, Subcontract XAT-6-16459-01. Predatory Bird Research Group, University of California, Santa Cruz.

Instituto Geográfico de Aragón (2019). Parques eólicos. ATLAS DE ARAGÓN (IDEARAGON). Disponible en: https://idearagon.aragon.es/atlas_new/Aragon/info/actividades-economicas/industria--energia-y-minas/parques-eolicos [Consultado 01-11-2023].

Israel, G. D. (1992). Determining Sample Size. *University of Florida*, Fact Sheet PEOD-6.

IUCN (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>

Janss, G.F.E. (2000). "Avian mortality from power lines: A morphologic approach of a species-specific mortality". *Biological Conservation*, 95(3), pp. 353–359. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00021-5)

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F. y Shepherd, D.A. (2000). "Avian monitoring studies at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota: Results of a 4-year study". Minneapolis. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/267256947> [Consultado 16-11-2023].

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A. y Sarappo, S.A. (2002). "Collision Mortality of Local and Migrant Birds at a Large-Scale Wind-Power Development on Buffalo Ridge, Minnesota". *Wildlife Society Bulletin*, 30(3), pp.879–887. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3784243> [Consultado 16-11-2023].

Johnson, G.D., Strickland, M.D., Erickson, W.P. y Young JR, D.P. (2007). "Use of data to develop mitigation measures for wind power development impacts to birds". En Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation. *Quercus*, pp.241–258.

Kleiman, D.G. (1969). "Maternal care, growth rate, and development in the noctule (*Nyctalus noctula*), pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*), and serotine (*Eptesicus serotinus*) bats". *Journal of Zoology*, 157(2), pp.187–211. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1469-7998.1969.TB01697.X>

Komusanac, I., Brindley, G., Fraile, D. y Ramirez, L. (2022). *Wind energy in Europe. 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026*. WindEurope.

Lawson, M., Jenneid, D., Thresherid, R., Houckid, D., Wimsatt, J. y Strawid, B. (2020). "An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats". *PLOS ONE*, 15(12). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>

Lekuona, J.M. (2001). "Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de navarra durante un ciclo anual". *Dirección General de Medio Ambiente, Gobierno de Navarra*, Pamplona.

Lekuona, J.M. y Ursúa, C. (2007). "Avian mortality in wind power plants of Navarra (Northern Spain)". En: Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, M. D. Lucas, G. Janss y M. Ferrer (eds.). *Quercus*.

Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, n. 296, de 11 de diciembre de 2013.

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. *Boletín Oficial del Estado*, n. 299, de 14 de diciembre de 2007.

Mace, G.M., Collar, N.J., Gaston, K.J., Hilton-taylor, C., Resit Akçakaya, H., Leader-williams, N., Milner-gulland, E. y Stuart, S.N. (2008). "Quantification of Extinction Risk: IUCN's System for Classifying Threatened Species". *Conservation Biology*, 22(6), pp.1424–1442. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01044.x>

Maina, J.N. y King, A.S. (1984). "Correlations between structure and function in the design of the bat lung: a morphometric study". *Journal of Experimental Biology*, 111(1), pp.43–61. DOI: <https://doi.org/10.1242/JEB.111.1.43>

Mälzer, M., Zadeh, A.T., Beck, S., Moll, J. y Krozer, V. (2020). "Towards radar barriers for animal fatality detection at wind turbines: numerical and preliminary experimental results". *The Institution of Engineering and Technology, 14(11)*, pp.1767–1772. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2020.0226>

Mathews, F., Swindells, M., Goodhead, R., August, T.A., Hardman, P., Linton, D.M. y Hosken, D.J. (2013). Effectiveness of search dogs compared with human observers in locating bat carcasses at wind-turbine sites: A blinded randomized trial. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1), pp.34–40. DOI: <https://doi.org/10.1002/wsb.256>

McIsaac, H.P. (2001). “Raptor acuity and wind turbine blade conspicuity” *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting IV*. Carmel, 16-17 mayo 2000. Washington D.C.: Resolve, Inc., pp.59–87.

Molina, B. (2015). El milano real en España. III Censo Nacional. Población invernante y reproductora en 2014 y método de censo. SEO/BirdLife, Madrid.

Moreno, K., Weinberg, M., Harten, L., Salinas Ramos, V., Herrera M., L.G., Czirják, G. y Yovel, Y. (2020). “Sick Bats Stay Home Alone: Social distancing during the acute phase response in Egyptian fruit bats (*Rousettus aegyptiacus*)”. *bioRxiv*. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.07.06.189357>

Moreno Zavala, V.A. (2022). *Retos y oportunidades en el desarrollo de la energía eólica y vertebrados voladores en el noreste de México*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nueva León.

Nelson, H.K. y Curry, R.C. (1995). “Assessing avian interaction with windplant development and operation”. En: *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference. Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 60, pp.266–287.

Perold, V., Ralston-Paton, S. y Ryan, P. (2020). On a collision course? The large diversity of birds killed by wind turbines in South Africa. *Ostrich*, 91(3), pp.228–239. DOI: <https://doi.org/10.2989/00306525.2020.1770889>

Pescador, M., Gómez Ramírez, J.I. y Peris, S.J. (2019). Effectiveness of a mitigation measure for the lesser kestrel (*Falco naumannii*) in wind farms in Spain. *Journal of Environmental Management*, 231, pp.919–925. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.094>

Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. *Boletín Oficial del Estado*, n. 46, de 23 de febrero de 2011.

Resolución de 12 de septiembre de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parques eólicos «Aes, Aelo, Calasi, Aequitas, Arvales, Augur, Albuena, Anteo, Arete, Ax. *Boletín Oficial del Estado*, n. 237, de 4 de octubre de 2023.

Resolución de 3 de agosto de 2023, del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, por la que se formula la declaración de impacto ambiental del proyecto de Parque Eólico ‘Espartal Eólico 3’, de 10 MW, SET ‘La Corona Mudéjar’, y Línea Aéreo Subterránea de SET “La Corona Mudéjar” a SET “P.I. Fuentes”, en el término municipal de Fuentes de Ebro (Zaragoza). *Boletín Oficial de Aragón*, n. 204, de 23 de octubre de 2023.

Resolución de la dirección general de medio natural y gestión forestal por la que se aprueba el protocolo técnico para el seguimiento de la mortandad de fauna en parques eólicos e instalaciones anexas. *Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA)*.

Reyes, O., Espinosa, R. y Ramón, O. (2013). “Criterios para determinar el Tamaño de Muestra en Estudios Descriptivos”. *Congreso Internacional de Investigación*. Celaya, 6-8 noviembre 2013. Academia Journals Celaya, 5(3), pp.2919–2924.

Rollins, K.E., Meyerholz, D.K., Johnson, G.D., Capparella, A.P. y Loew, S.S. (2012). “A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury?” *Veterinary Pathology*, 49(2), pp. 362–371. DOI: <https://doi.org/10.1177/0300985812436745>

Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.J., Green, M., Rodrigues, L. y Hedenström, A. (2010). “Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe”. *Acta Chiropterologica*, 12(2), pp.261–274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.01.005>

Rydell, J., Bogdanowicz, W., Boonman, A., Pettersson, S., Suchecka, E. y Pomorski, J.J. (2016). “Bats may eat diurnal flies that rest on wind turbines”. *Mammalian Biology*, 81(3), pp.331–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.01.005>

Salguero Pérez, M. del M., Muñoz Arroyo, G. y Muñoz Gallego, A.R. (2018). "Incidencias de los parques eólicos sobre las poblaciones de quirópteros en el Campo de Gibraltar". *Almoraima: Revista de Estudios Campogibraltareños*, 49, pp.159–169. Disponible en: <https://institutoecg.es/wp-content/uploads/2019/03/Almoraima49-159-170.pdf> [Consultado 19-11-2023].

Singh, K., Baker, E.D. y Lackner, M.A. (2015). "Curtailing wind turbine operations to reduce avian mortality". *Renewable Energy*, 78, pp.351–356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.064>

Sus-Pérez, R. (2018). *AEROGENERADORES: puntos negros en Aragón, especies de aves más afectadas y análisis de diferentes variables relacionadas con las colisiones de la avifauna*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.

Sus-Pérez, R., Pérez-Collazos, E. y González-Esteban, C. (2019). "Aerogeneradores y avifauna en Aragón". *Lucas Mallada: revista de ciencias*, 21, pp.267–284. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8091994> [Consultado 6-11-2023].

Sutton, V. y Tomich, N. (2005). "Harnessing Wind Is Not (by Nature) Environmentally Friendly". *Pace Environmental Law Review*, 22(1), pp.91–121. DOI: <https://doi.org/10.58948/0738-6206.1137>

IUCN (2012). *Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: Versión 3.1. (2º ed.)*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN.

IUCN (2023). Acerca de la UICN. Disponible en: <https://www.iucn.org/es/acerca-de-la-uicn> [Consultado 19-10-2023].

West, J.B., Watson, R.R. y Fu, Z. (2007). "Major differences in the pulmonary circulation between birds and mammals". *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 157(2–3), pp.382–390. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.RESP.2006.12.005>

WindEurope (2023). Interactive data & maps. Disponible en: <https://windeurope.org/intelligence-platform/interactive-data-and-maps/> [Consultado 03-11-2023].

Zimmerling, J.R. y Francis, C.M. (2016). "Bat mortality due to wind turbines in Canada". *Journal of Wildlife Management*, 80(8), pp.1360–1369. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21128>

Anexo

AVES							
Nombre común	Nombre científico	Familia	Orden	Protección			Número de individuos
				España	Aragón	IUCN	
Abejaruco	<i>Merops apiaster</i>	Meropidae	Coraciiformes	LESRPE	-	LC	1
Abejero europeo	<i>Pernis apivorus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	2
Águila calzada	<i>Hieraetus pennatus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	33
Águila pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	Pandionidae	Accipitriformes	Vulnerable	-	LC	1
Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	15
Aguilucho lagunero	<i>Circus aeruginosus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	52
Alcaraván común	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Burhinidae	Charadriiformes	Vulnerable	-	LC	1
Alcaudón común	<i>Lanius senator</i>	Laniidae	Passeriformes	LESRPE	-	NT	1
Alcaudón real	<i>Lanius meridionalis</i>	Laniidae	Passeriformes	LESRPE	-	VU	1
Alcotán europeo	<i>Falco subbuteo</i>	Falconidae	Falconiformes	LESRPE	-	LC	3
Alimoche común	<i>Neophron percnopterus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	Vulnerable	Vulnerable	EN	2
Alondra común	<i>Alauda arvensis</i>	Alaudidae	Passeriformes	-	LAESRPE	LC	26
Alondra totovía	<i>Lullula arborea</i>	Alaudidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	11
Avión común	<i>Delichon urbicum</i>	Hirundinidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	4
Azor común	<i>Accipiter gentilis</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	3
Bisbita campestre	<i>Anthus campestris</i>	Motacillidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	2
Bisbita pratense	<i>Anthus pratensis</i>	Motacillidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	2
Búho campestre	<i>Asio flammeus</i>	Strigidae	Strigiformes	LESRPE	-	LC	2
Búho chico	<i>Asio otus</i>	Strigidae	Strigiformes	LESRPE	-	LC	2
Búho real	<i>Bubo bubo</i>	Strigidae	Strigiformes	LESRPE	-	LC	3
Buitre leonado	<i>Gyps fulvus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	303
Buitre negro	<i>Aegypius monachus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	Vulnerable	-	NT	2
Busardo ratonero	<i>Buteo buteo</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	25
Calandria común	<i>Melanocorypha calandra</i>	Alaudidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	67
Carricero común	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Acrocephalidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	3
Cernícalo primilla	<i>Falco naumanni</i>	Falconidae	Falconiformes	LESRPE	Vulnerable	LC	42
Cernícalo vulgar	<i>Falco tinnunculus</i>	Falconidae	Falconiformes	LESRPE	-	LC	54
Chova piquirroja	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	Corvidae	Passeriformes	LESRPE	Vulnerable	LC	10
Cigüeña blanca	<i>Ciconia ciconia</i>	Ciconiidae	Ciconiiforme	LESRPE	LAESRPE	LC	14
Cogujada común	<i>Galerida cristata</i>	Alaudidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	18
Cogujada montesina	<i>Galerida theklae</i>	Alaudidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	20
Colirrojo tizón	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Muscicapidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Collalba gris	<i>Oenanthe oenanthe</i>	Muscicapidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	2
Cuervo grande	<i>Corvus corax</i>	Corvidae	Passeriformes	-	LAESRPE	LC	1
Culebrera europea	<i>Circaetus gallicus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	17
Curruca cabecinegra	<i>Curruca melanocephala</i>	Sylviidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Curruca capirotada	<i>Sylvia atricapilla</i>	Sylviidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	11
Curruca carrasqueña	<i>Curruca cantillans</i>	Sylviidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Curruca mirlona	<i>Curruca hortensis</i>	Sylviidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Curruca tomillera	<i>Curruca conspicillata</i>	Sylviidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	2
Escribano cerillo	<i>Emberiza citrinella</i>	Emberizidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Escribano soteño	<i>Emberiza cirrus</i>	Emberizidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	4
Escribano triguero	<i>Emberiza calandra</i>	Emberizidae	Passeriformes	-	LAESRPE	LC	40
Esmerejón	<i>Falco columbarius</i>	Falconidae	Falconiformes	LESRPE	-	LC	2
Ganga ibérica	<i>Pterocles alchata</i>	Pteroclidae	Pterocliformes	Vulnerable	Vulnerable	LC	1
Garcilla bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidae	Pelecaniformes	LESRPE	-	LC	5
Garza real	<i>Ardea cinerea</i>	Ardeidae	Pelecaniformes	LESRPE	-	LC	1
Gavilán común	<i>Accipiter nisus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	1
Golondrina común	<i>Hirundo rustica</i>	Hirundinidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Gorrón chillón	<i>Petronia petronia</i>	Passeridae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	7
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	Falconidae	Falconiformes	LESRPE	-	LC	4
Jilguero europeo	<i>Carduelis carduelis</i>	Fringillidae	Passeriformes	-	LAESRPE	LC	17
Lavandera blanca	<i>Motacilla alba</i>	Motacillidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Lechuza común	<i>Tyto alba</i>	Tytonidae	Strigiformes	LESRPE	-	LC	1
Milano negro	<i>Milvus migrans</i>	Accipitridae	Accipitriformes	LESRPE	-	LC	114
Milano real	<i>Milvus milvus</i>	Accipitridae	Accipitriformes	En peligro de extinción	En peligro de extinción	LC	31
Mosquitero común	<i>Phylloscopus collybita</i>	Phylloscopidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	4

AVES							
Nombre común	Nombre científico	Familia	Orden	Protección			Número de individuos
				España	Aragón	IUCN	
Mosquitero musical	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Phylloscopidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	6
Papamoscas cerrojillo	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Muscicapidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	17
Pardillo común	<i>Linaria cannabina</i>	Fringillidae	Passeriformes	-	LAESRPE	LC	49
Petirrojo europeo	<i>Erythacus rubecula</i>	Muscicapidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	4
Pinzón vulgar	<i>Fringilla coelebs</i>	Fringillidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	9
Reyezuelo listado	<i>Regulus ignicapilla</i>	Regulidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	18
Ruisenor común	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Muscicapidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Serín verdecillo	<i>Serinus serinus</i>	Fringillidae	Passeriformes	-	LAESRPE	LC	6
Tarabilla europea	<i>Saxicola rubicola</i>	Muscicapidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	1
Terrera común	<i>Calandrella brachydactyla</i>	Alaudidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	15
Terrera marismeña	<i>Alaudala rufescens</i>	Alaudidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	5
Vencejo común	<i>Apus apus</i>	Apodidae	Apodiformes	LESRPE	-	LC	68
Zarcero políglota	<i>Hippolais polyglotta</i>	Acrocephalidae	Passeriformes	LESRPE	-	LC	5
				Total	1201		
QUIRÓPTEROS							
Nombre común	Nombre científico	Familia	Orden	Protección			Número de individuos
				España	Aragón	IUCN	
Murciélagos de borde claro	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Vespertilionidae	Chiroptera	LESRPE	-	LC	49
Murciélagos de Cabrera	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Vespertilionidae	Chiroptera	LESRPE	-	LC	197
Murciélagos de cueva	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Vespertilionidae	Chiroptera	Vulnerable	Vulnerable	VU	2
Murciélagos enano	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Vespertilionidae	Chiroptera	LESRPE	-	LC	117
Murciélagos hortelanos	<i>Eptesicus serotinus</i>	Vespertilionidae	Chiroptera	LESRPE	-	LC	3
Murciélagos montañeros	<i>Hypsugo savii</i>	Vespertilionidae	Chiroptera	LESRPE	-	LC	69
Murciélagos rabudos	<i>Tadarida teniotis</i>	Molossidae	Chiroptera	LESRPE	-	LC	12
				Total	449		