

CONAMA 2022

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

I+D CAPITAL ENERGY

Investigación e innovación de medidas de protección para la fauna en parques eólicos y plantas solares fotovoltaicas



Autor Principal: Miguel Ferrer (Fundación MIGRES)

Otros autores: Rosa Gómez Alonso (Capital Energy), Cristina Arcocha (Basoinsa); Lino Sánchez-Marmol (Basoinsa); Carles Escrivá (Basoinsa);

INDICE

INDICE.....	0
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	6
METODOLOGÍA.....	7
Descripción del parque eólico “Las Tadeas”	7
Características del dispositivo automático de detección, disuasión y parada instalado.....	9
Características del Dron biomimético	10
Diseño del experimento	10
RESULTADOS PRELIMINARES	14
BIBLIOGRAFIA	15

RESUMEN

Capital Energy está desarrollando el proyecto I+D “PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA LA FAUNA EN PARQUES EÓLICOS Y PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS” orientado a desarrollar mecanismos que disminuyan la siniestralidad y favorezcan la conservación de los recursos faunísticos de los emplazamientos de los parques eólicos y plantas solares proyectadas o en explotación de la Compañía.

En el proyecto de I+D participan, entre otros, un equipo de investigadores expertos, integrantes del **CSIC y de la Fundación Migres**, referentes a nivel mundial en el estudio y seguimiento científico, tanto de la migración como del cambio global, así como en la búsqueda de soluciones que mitiguen el impacto de la energía eólica y fotovoltaica. También colaboran otras organizaciones, entre las que cabe destacar a **GREFA**, organización no gubernamental sin ánimo de lucro, que nace en 1981 como asociación para el estudio y conservación de la naturaleza. Coordina el proyecto **Basoinsa, S.L.**, empresa de consultoría y servicios medioambientales con más de 35 años de experiencia, especializada en diversas áreas del medio ambiente natural, industrial y urbano.

El proyecto, consta de una fase inicial de recopilación del “estado del arte”, que se ha desarrollado tanto a nivel interno, como en colaboración con las Comunidades Autónomas, en la que se obtuvo conocimiento sobre los distintos sistemas disponibles en el mercado y/o ensayados en diferentes países, para disponer de una foto inicial del marco de partida, **concerniente a los conocimientos científicos que se encuentran publicados de la materia de estudio.** Fruto de este trabajo se han elaborado tres documentos, el primero de los cuales se refiere a las afecciones que los parques eólicos suponen para la avifauna, el segundo recopila el conocimiento científico sobre las que se producen por la instalación y funcionamiento de las plantas solares fotovoltaicas y el tercero de ellos se centra en el papel que juega la iluminación en la atracción de insectos, quirópteros y especies nocturnas.

Paralelamente, se ha recopilado la información de avifauna y quiropterofauna de los numerosos estudios de ciclo anual de los que dispone la Compañía y la información externa que han proporcionado las Comunidades Autónomas. A partir del cruce de la información anterior, se han propuesto una serie de medidas novedosas para ensayar en nuestros parques eólicos y plantas solares. **Para el caso de los parques eólicos, se ha diseñado una batería de 19 medidas y para las plantas solares fotovoltaicas, 18.**

Derivado de la documentación publicada revisada, aquella tecnología sobre la que se tiene un mayor conocimiento y estudios más robustos es sobre la energía eólica. Por ello, de la batería de 19 medidas para parques eólicos se ha comenzado los ensayos por aquellos proyectos más novedosos y prometedores.

Los seleccionados han sido dos proyectos piloto, “Sistemas de disuasión mediante dron con apariencia de predador” y “Barreras visuales”, que han iniciado la fase de pruebas, ambos con resultados muy prometedores. En la presente comunicación se describe el diseño del experimento relativo al dron con apariencia de predador.

INTRODUCCIÓN

Desde **Capital Energy** se está desarrollando un proyecto de I+D (**PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA LA FAUNA EN PARQUES EÓLICOS Y PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS**) orientado a desarrollar y validar diferentes mecanismos que disminuyan la siniestrabilidad de los emplazamientos y favorezcan la conservación de los recursos faunísticos de los parques eólicos y plantas solares proyectadas.

SE HA DISEÑADO UNA CARTERA DE 19 MEDIDAS PARA PARQUES EÓLICOS Y 18 MEDIDAS PARA PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS, TODAS INNOVADORAS Y MUY PROMETEDORAS.

Para el caso de los parques eólicos, la **batería de 19 medidas se agrupa en las siguientes 9 clases generales:**

- **Sistema de puesta en marcha bajo demanda:** sistemas tendentes a minimización del riesgo de colisión de los quirópteros, en épocas de actividad de éstos, mediante la modificación del régimen de funcionamiento del parque eólico
- Sistema de **activación de avisos acústicos y/o lumínicos:** sistemas basados en drones biomiméticos, con apariencia de predador, que emiten señales acústicas y/o lumínicas para disuadir a quirópteros y/o aves.
- **Acciones en palas y/o rotores,** tendentes a favorecer la visibilidad de éstos
- **Barreras visuales diurnas y nocturnas:** mediante haces de luces (no visibles para el ojo humano, pero sí para las aves) alrededor de las alineaciones, que establezcan un muro lumínico que eviten el acercamiento de las aves al parque eólico.
- Colocación de **nidos y señuelos artificiales** de diferentes especies que eviten el acercamiento de otros ejemplares territoriales.
- Sistemas para el **aumento de la visibilidad del fuste de los aerogeneradores**
- **Balizamientos:** pruebas de sistemas de balizamientos de turbinas y testado de la incidencia de diferentes tipos de iluminación en la atracción de insectos y, en consecuencia, de quirópteros.
- **BACI:** estudio para evaluar las afecciones de parques eólicos mediante el método BACI (Before-After-Control-Impact).
- **Medidas de acompañamiento** de las anteriores como medidas de gestión del hábitat, creación de puntos de alimentación suplementaria o marcaje de ejemplares.

En lo que se refiere a las **plantas solares fotovoltaicas la batería de 18 medidas se agrupa en las siguientes 6 clases generales:**

- **BACI:** estudio para evaluar las afecciones de plantas solares mediante el método BACI (Before-After-Control-Impact).
- **Línea blanca en la superficie de las placas fotovoltaicas** para mitigar la posible colisión de aves acuáticas.
- Análisis de distintos tipos de sistemas que hagan **más visible el cerramiento perimetral de las plantas**

- Gestión de la planta para **fomento de la biodiversidad**
- Establecimiento de **cultivos compatibles con la explotación de las plantas solares**
- **Gestión eficiente del ciclo del agua**

La medida concreta a implantar, de entre las anteriores, **se ha consensuado con el órgano ambiental de las diferentes administraciones** para determinar cuál puede ser de más interés.

El proyecto, consta de una fase inicial de recopilación del **“estado del arte”**, que se ha desarrollado tanto a nivel interno, como en colaboración con las Comunidades Autónomas, en la que se pretendía obtener conocimiento sobre los distintos sistemas disponibles en el mercado y/o ensayados en diferentes países, y obtener así una foto inicial del marco de partida, concerniente a los conocimientos científicos que se encuentran publicados de la materia de estudio. **Fruto de este trabajo se han elaborado tres documentos, el primero de los cuales se refiere a las afecciones que los parques eólicos suponen para la avifauna, el segundo recopila el conocimiento científico sobre las que se producen por la instalación y funcionamiento de las plantas solares fotovoltaicas y el tercero de ellos se centra en el papel que juega la iluminación en la atracción de insectos, quirópteros y especies nocturnas.**

Paralelamente, se procedió a la **recopilación de información de avifauna y quiropterofauna**, procedente de los muy numerosos estudios de ciclo anual de los que dispone la Compañía y de la información externa que han proporcionado las Comunidades Autónomas. **Con todo ello, a partir del cruce de la información anterior, se han propuesto una serie de medidas novedosas para ensayar en nuestros parques eólicos y plantas solares, en la segunda fase del Proyecto I+D.**

Cartera de medidas preventivas preliminares: PPEE

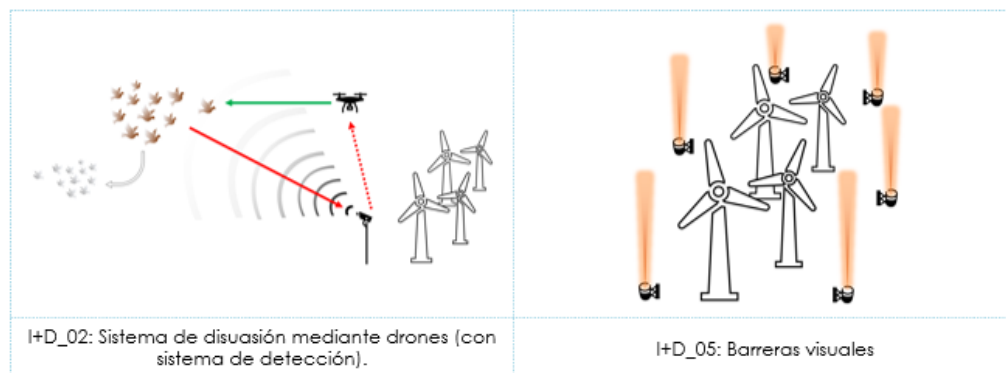
PARQUES EÓLICOS

CARTERA DE 19 MEDIDAS

Consenso con las CCAA

MEDIDAS PROPUESTAS POR PARQUE EÓLICO

TADEAS	
LOMA DE LOS PINOS	I+D_02. Sistema de disuasión mediante dron de vuelo programado. I+D_05. Barrera de haces de luz no visible
BUSECO	I+D_04. Pintado de palas con pintura oscura o ultravioleta. I+D_08. Prueba con balizamientos.
EL BARROSO	I+D_06. Nido y señuelo. I+D_08. Prueba con balizamientos.
AYAMONTE	I+D_08. Prueba con balizamientos.



I+D_02: Sistema de disuasión mediante drones (con sistema de detección).

I+D_05: Barreras visuales

CÓDIGO	MEDIDA
I+D_01	Modificación del régimen de funcionamiento de las turbinas
I+D_01_01	Arranque con vientos superiores a 5-6 m/s en áreas con presencia significativa de quirópteros
I+D_02	Sistema de disuasión mediante drones
I+D_02_01	Drones emisores de señales disuasorias acústicas
I+D_02_02	Drones emisores de señales disuasorias lumínicas
I+D_02_03	Drones con apariencia de depredador
I+D_03	Disuasión mediante señales acústicas o lumínicas
I+D_03_01	Dispositivos de disuasión acústica fuera del PE
I+D_03_02	Dispositivos de disuasión lumínico fuera del PE
I+D_04	Aumento de la visibilidad de las palas y/o rotores
I+D_04_01	Pintado de palas con pintura ultravioleta
I+D_04_02	Pintado de palas con pinturas oscuras
I+D_04_03	Pintado del rotor
I+D_04_04	Proyección de siluetas lumínicas sobre las palas de un aerogenerador
I+D_05	Barreras visuales diurnas y/o nocturnas
I+D_05_01	Haces de luz fuera del espectro visible para el ojo humano, pero dentro del espectro de algunas aves, alrededor de la alineación de aerogeneradores.
I+D_06	Nido y señuelo en el entorno del PE
I+D_06_01	Colocación de un señuelo de resina con sistema de anclaje imitando un ejemplar nidificante de una especie de interés presente en el área.
I+D_07	Aumento de la visibilidad del fuste para aves esteparias
I+D_07_01	Elementos giratorios
I+D_07_02	Vinilos o Murales artísticos
I+D_08	Balizamientos
I+D_08_01	Pruebas de sistemas de encendidos y apagados de balizas con luces de diferentes colores, previo acuerdo con AESA, para mitigar la atracción de insectos y en consecuencia de quirópteros.
I+D_09	BACI
I+D_09_01	Estudios "Before After Control Impact" en los que se realiza un seguimiento de la evolución de una parcela control y del área de implantación del proyecto, ambas zonas con características similares, para comprobar el efecto del Parque Eólico sobre la biodiversidad de su entorno.
I+D_10	Medidas de acompañamiento
I+D_10_01	Gestión del hábitat
I+D_10_02	Creación de puntos de alimentación suplementaria
I+D_10_03	Marcaje

Figura 1. Cartera de medidas preventivas preliminares para parques eólicos.

Cartera de medidas preventivas preliminares: PSFV

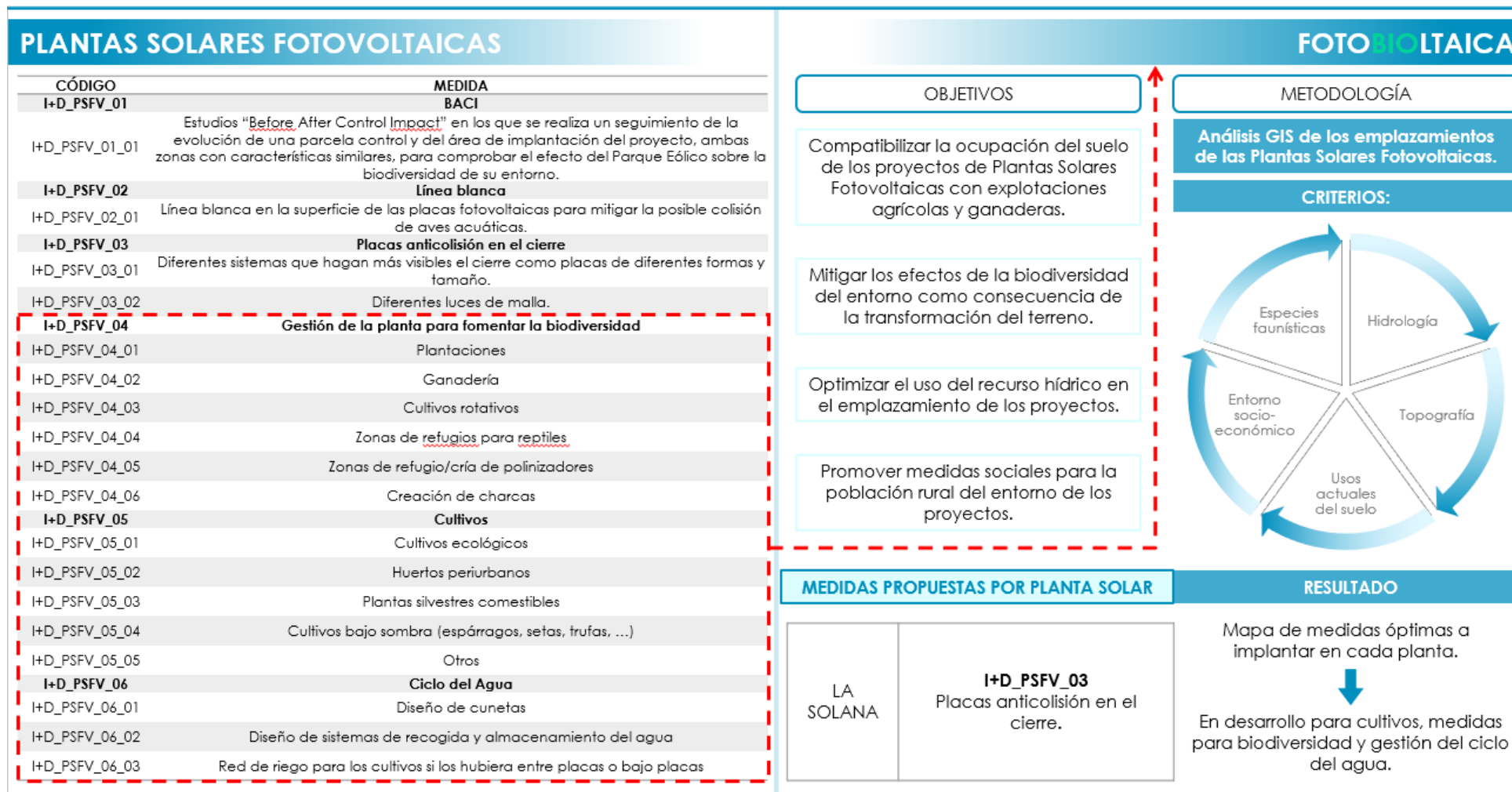


Figura 2. Cartera de medidas preventivas preliminares para plantas fotovoltaicas.

En esta segunda fase del I+D (Fase II) se han comenzado los ensayos por los dos pilotos más novedosos y prometedores, más concretamente:

- Sistema de **activación de avisos acústicos y/o lumínicos**: sistemas basados en drones biomiméticos, con apariencia de predador, que emiten señales acústicas y/o lumínicas para disuadir a quirópteros o aves.
- **Barreras visuales diurnas y nocturnas**: mediante haces de luces (no visibles para el ojo humano, pero sí para las aves) alrededor de las alineaciones, que establezcan un muro lumínico que eviten el acercamiento de las aves al parque eólico.

El piloto referido a las barreras visuales, se está desarrollando en las instalaciones del Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su hábitat (GREFA), que dispone de distintas instalaciones (voladero oval, internas, voladero convencional e instalaciones de observación), todas con sistemas de cámaras, que permiten hacer el seguimiento sin interferir o causar molestias a las aves con las que se realiza el proyecto Piloto.

En este ensayo se están realizando una serie de pruebas a distintas especies de aves, con el objetivo de ver la reacción ante distintos espectros de luz ultravioleta e infrarroja, (visibles para las aves, pero invisibles para el ojo humano), para posteriormente (si es positivo el ensayo) incorporar estas luminarias en los aerogeneradores como dispositivo de disuasión de aves y evitar de esta forma la colisión de aves.

En el caso del piloto del dron biomimético, se han iniciado las pruebas en campo, en uno de los parques eólicos que tiene la Compañía en explotación y se describe a continuación el experimento y los resultados preliminares del mismo.

OBJETIVOS

El piloto “Sistemas de disuasión mediante dron con apariencia de predador” ha iniciado la fase de pruebas en el parque eólico “Las Tadeas”, propiedad de la Compañía, previo acuerdo con el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia.

Actualmente el PE “Las Tadeas” cuenta con **un sistema automático de detección, disuasión y parada instalado en sus 11 aerogeneradores**, en cumplimiento de la ODEN FYM/727/2018, de 20 de junio de 2018 de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente, publicada en el BOCyL nº 127 de fecha 3 de julio de 2018, por la que se dicta la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) sobre el proyecto de parque eólico Las Tadeas y línea 30 kv soterrada hasta set del parque 30/132 kv, en los términos municipales de Paredes de Nava y Cardeñosa de Volpejera (Palencia), promovido por Parque Eólico Las Tadeas, S.L.”

El dispositivo automático de detección, disuasión y parada instalado en el **parque genera un gran número de falsos positivos, que afectan al funcionamiento normal del mismo y, además, no evitan por completo el riesgo de colisión.**

Debido a lo anterior, se ha propuesto **identificar y ensayar medidas novedosas que consigan el doble objetivo de reducir al mínimo las colisiones, a la par que se reduce también la interferencia de este sistema con el funcionamiento de la instalación.** Este alto porcentaje de paradas, con su correspondiente arranque, supone disminuir enormemente la vida útil de cada

uno de los aerogeneradores, dado que los mismos no están diseñados para estar continuamente parando y arrancando.

Desde el punto de vista de la efectividad del sistema automático de detección, disuasión y parada instalado, y, dado que los únicos datos disponibles a este respecto son los publicados por la compañía comercializadora, **se desconoce la eficacia real de este sistema anticolidión.**

En consecuencia, **el experimento que se está desarrollando testa, por un lado, la eficacia del dispositivo automático de detección, disuasión y parada, y, por otro, el sistema de disuasión mediante dron con apariencia de predador y señales acústicas**, que se inspira en el uso de halcones u otras rapaces en los entornos aeroportuarios para disuadir a las aves del uso del espacio aéreo.

El objetivo del proyecto piloto es triple y se resume en los siguientes aspectos:

- Testar si el dron biomimético **sirve para disuadir a las especies de que se acercan a la zona de riesgo del parque eólico, mediante la ejecución de vuelos reactivos.**
- Testar si el dron biomimético sirve para **disuadir a las especies de que se acercan a la zona de riesgo del parque eólico, mediante la ejecución de vuelos preventivos.**
- **Testar la eficacia del sistema dispositivo automático de detección, disuasión y parada.**

METODOLOGÍA

El piloto se basa en ahuyentar a las aves presentes en el entorno del parque eólico mediante un dron biomimético, con forma de halcón-azor, que emite reclamos de águila, milano, etc., para maximizar el efecto disuasor del mismo. **Su silueta, junto con la emisión de sonidos se espera que contribuya a alejar las aves de la zona de los aerogeneradores (vuelos reactivos) y a generar un entorno alrededor del parque eólico en el que las aves no se sientan seguras y eviten su uso (vuelos preventivos).**

El desarrollo del dron biomimético se ha basado, no solo en su aspecto, sino en que los movimientos que este realiza en el aire sean los de un ave rapaz en disposición de ataque.

Descripción del parque eólico “Las Tadeas”

Descripción de la instalación

Los principales elementos del parque eólico “Las Tadeas” son:

- Consta de **11 aerogeneradores** del modelo Gamesa G132 de 3.550 kW de potencia unitaria, 101,5 m de altura de buje y 132 m de diámetro de pala.
- La potencia total instalada en el parque eólico es de **39,05 MW.**
- La energía se evacúa mediante línea soterrada de 30 kV hasta la SET del parque eólico 30/132 kV.

- La infraestructura eléctrica de evacuación desde la SET del parque eólico hasta la SET colectora es objeto de otro expediente. **Las 11 máquinas están dispuestas en tres alineaciones**

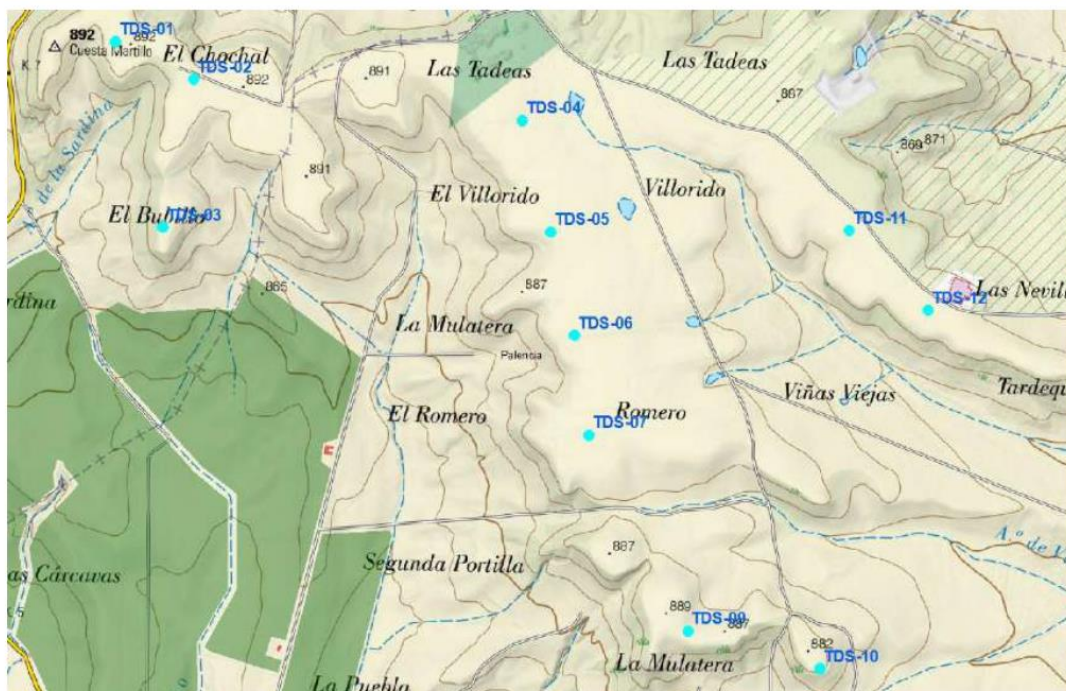


Figura 3. Aerogeneradores (puntos azules) sobre Topográfico.

Descripción del medio físico y biológico

Los terrenos en los que se ubica el parque eólico son **mayoritariamente llanos** y están constituidos por una sucesión de lomas y valles que se desarrollan en cotas entre los 780 y los 900 m.s.n.m. **La vegetación existente en el entorno próximo presenta las características generales de un medio natural altamente humanizado. La mayor parte del ámbito de estudio se encuentra cultivado (75%),** casi siempre coincidiendo con las zonas de menor pendiente.

Los cultivos predominantes son los herbáceos de secano, girasol, remolacha, alfalfa y eriales que ya no se cultivan. Un 10% del área de estudio son carrascales de porte variado y sin sotobosque. Otro 10% lo constituyen pinares mixtos de repoblación, aún de escaso porte. El 5% restante del entorno próximo corresponde a pastizal/erial/tomillar. Los arbustos de mayor tamaño observado son *Rosa canina*, *R. pimpinellifolia*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Lonicera spp.* y *Pyrus bourgaeana*.

El parque eólico en cuestión, así como su entorno próximo **no están ubicados sobre espacios naturales protegidos** de acuerdo con la Ley de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres (Ley 4/1989) y la ley de Espacios Naturales Protegidos de Castilla y León (Ley 8/1991), **ni perteneciente a la Red Natura 2000.**

Como resultado de la vigilancia en funcionamiento realizada durante el año 2021 (enero a diciembre de 2021) se detectan **45 especies** con un total de 939 ejemplares. **Las especies más frecuentemente avistadas han sido la alondra común (*Alauda arvensis*) con el 16% de los registros, la corneja negra (*Corvus corone*) con el 8% y el pardillo común (*Carduelis cannabina*) con el 7%**. Según las observaciones, las especies más abundantes son el pardillo común con 222 ejemplares y la alondra con 13 ejemplares. **Los vuelos registrados durante el periodo 2021 han sido mayoritariamente sin riesgo (83 %) o de riesgo moderado (15,5 %) y únicamente se observan el 1,5 % de las aves en comportamiento considerado de riesgo alto.**

Desde el inicio de la puesta en servicio del parque eólico (septiembre 2020), se han registrado un total de 8 siniestros, detectados entre los meses de febrero y octubre. Todas las colisiones detectadas se comunicaron inmediatamente al Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia y a los Agentes medioambientales de la zona, que procedieron a la retirada de los mismos. Durante el mismo periodo no se han detectado siniestros de quirópteros.

Características del dispositivo automático de detección, disuasión y parada instalado

Se ha instalado un sistema automático de detección con módulos de disuasión y parada automática. Para cada aerogenerador el sistema automático dispone de los siguientes elementos:

- 4 cámaras de video HD sobre la torre del aerogenerador (cada 90º), a unos 6 m de altura por encima de la puerta de entrada
- Dos anillos compuestos por 4 altavoces disuasorios (cada 90º) sobre la torre del aerogenerador. Un anillo se sitúa a unos 26 m de altura y el otro a unos 76 m.

El sistema está activado desde octubre del año 2020.

Los objetivos de la instalación son los siguientes:

- **Monitoreo de aves.**
- **Mitigación en la mortalidad de aves.** Las especies objetivo del sistema automático de detección, disuasión y parada son: *Otis tarda* (Avutarda común), *Tetrax tetrax* (Sisón común), *Circus pygargus* (Aguilucho cenizo), *Milvus milvus* (Milano real), *Milvus migrans* (Milano negro), *Botaurus stellaris* (Avetoro común), *Buteo buteo* (Busardo ratonero), *Falco tinnunculus* (Cernícalo vulgar), *Circaetus gallicus* (Águila culebrera), *Ardea cinerea* (Garza real), *Circaetus gallicus* (Águila Culebrera) y *Pterocles orientalis* (Ganga ortega).

El parque ha registrado un total de 17.606 paradas por el dispositivo automático de detección, disuasión y parada así como un total de 8 colisiones.

En los 13 meses de registros contemplados, **de media al día se producen 2,77 paradas/aerogenerador. Sin embargo, si se compara mayo de 2021 con mayo 2022 la diferencia es notable y se pasa de 1,14 paradas/aerogenerador/día a 7,42 paradas/aerogenerador/día.**

Características del Dron biomimético

El dron dispone de un sistema de audio embarcado programable y configurable desde la estación de tierra, con el cual puede reproducir sonidos de alerta o cualquier otro diseñado para tales fines. De esta forma, se refuerza la efectividad en ciertos momentos puntuales durante el vuelo del dron. Las características técnicas del dron son las siguientes:

Cuadro 1. Características técnicas del dron biomimético.

Especificaciones Técnicas	Fuselaje	FOBOS GAVIZOR
	Envergadura	1800 mm
	Longitud	720 mm
	Peso máximo MTOW	2.200 gr
	Velocidad Crucero	40 – 50 km/h
	Velocidad Máxima	100 km/h
	Viento máx. de operación vuelo seguro	40 km/h
	Autonomía	15 a 30 min (según condiciones y tipo de vuelo)
	Radio de Acción	5 km (con visual directa)
	Failsafes Programables	Geofence, pérdida de voltaje, pérdida de radio
Sistemas y Equipos Embarcados	Controladora UAV	Piloto automático Pixhawk XRacer + GPS uBlox M8n
	Sistema de control	Air Unit, con sistema de transmisión de vídeo HD, telemetría y control RC
	Sistema ADS-B	Receptor uAvionix PingRX Pro ADS-B, con sistema de anticolidión automático
	Electrónica de Potencia	Sistema de regulación Ubec dual redundante para alimentación de la controladora UAV
	Sistema Audio	Sistema de audio con sonidos disuasorios
	Sistema FPV	Equipo FPV integrado en ala con transmisión digital y visualización en la estación de tierra portátil All in One
	Alimentación	Baterías Lipo intercambiables 4000 mAh 4S, Graphenne Long Life (+900 ciclos de carga)
Motor	TGY GliderDrive SK3 Competition Series 960 kV	
Sistemas de Control y Estación Base	Sistema de control	Estación de tierra portátil All in One, con sistema de vídeo HD, telemetría y control RC, operado bajo sistema Android
	Software GCS	Mission Planner / QGround Control

Diseño del experimento

Selección de la zona de pruebas

Se ha elegido como zona de pruebas la próxima a los aerogeneradores A05, A06 y A07, dado que se ha considerado que es la configuración idónea para este fin, puesto que se trata de una zona de fácil acceso y zona propicia para despegue. Esta zona y alineación de aerogeneradores permitirá experimentar con los dos tipos de vuelos previstos. El primero de ellos es el preventivo, donde se espera que la presencia regular del dron aleje a otras aves del uso de esta franja de territorio. El segundo es el reactivo, donde ante la presencia de aves objetivo, el dron volará por encima de ellas mostrando autoridad y dominancia, espesando que abandonen la zona de riesgo.



Figura 4. Prueba del dron ante la Administración en el PE "Las Tadeas" el pasado mes de marzo

El vuelo del dron se está realizando sobre 3 aerogeneradores, **para lo cual se ha contratado un operador de drones a jornada completa, que se encarga tanto del vuelo del mismo, como de la toma de los datos necesarios para validar el experimento.**

Se continuará con el sistema dispositivo automático de detección, disuasión y parada en funcionamiento obtener resultados concluyentes de la efectividad del proyecto I+D.

Selección de la distribución horaria

El seguimiento se realiza **2 veces al día y se registran las incidencias de colisión, tanto positivas como negativas.** Se debe tener presente que cada vista genera un registro. Así mismo, las nulas localizaciones quedan registradas.

Las franjas horarias de uso o vuelo del dron se han escogido de acuerdo con los datos aportados por el **dispositivo automático de detección, disuasión y parada**, seleccionando las franjas en las que se produce un mayor uso de este territorio por parte de las aves objetivo, es decir, **entre las 11.00 h y las 19.00 h.**

La jornada laboral se distribuye de la siguiente forma:

- **Trabajo mortalidad primera hora de la mañana: revisión matinal de 1:30 horas en dos aerogeneradores, cambiando cada día de aerogeneradores hasta completar el seguimiento de todos los del parque.** Se dedican 20 minutos a cada aerogenerador.
- **Vuelo Dron media mañana-tarde: 5 horas totales para el control de los tres aerogeneradores**
- **Trabajo mortalidad última hora de la tarde: revisión de 1:30 horas en los mismos dos aerogeneradores de la mañana.** Se dedican 20 minutos a cada aerogenerador.

El seguimiento intensivo de colisiones diario permite que, si se detectan incidentes, se pueda estudiar un rediseño inmediato.

Selección de la duración del experimento

A los 6 meses, y según resultados, se estudiará rotar las medidas en los aerogeneradores.

Protocolo de seguimiento de la eficacia del piloto

La metodología se basa en la búsqueda intensiva de cadáveres o cualquier resto de aves y quirópteros que se encuentren alrededor del aerogenerador y cuya presencia se asocie a una colisión por parte de un observador experto.

Para ello se han establecido las siguientes consideraciones:

- **La unidad de muestreo es el aerogenerador.**
- **Cada aerogenerador se muestrearán semanalmente**, haciendo una búsqueda intensiva de individuos accidentados en dos fases del día: primera y última hora del día. Cada aerogenerador se revisará con una cadencia de 4 días-6 días.
- **Se trabaja en una superficie circular en la base del aerogenerador que se prospecta a velocidad baja y constante, mediante transectos concéntricos y paralelos entre sí.** La separación entre transectos deberá ser como máximo de 5 metros. Se tendrá que dividir idealmente la búsqueda en cada área en cuatro sectores radiales a fin de poder expresar la proporción del área prospectada en el caso de que no pudiera batirse todo el círculo previamente designado.

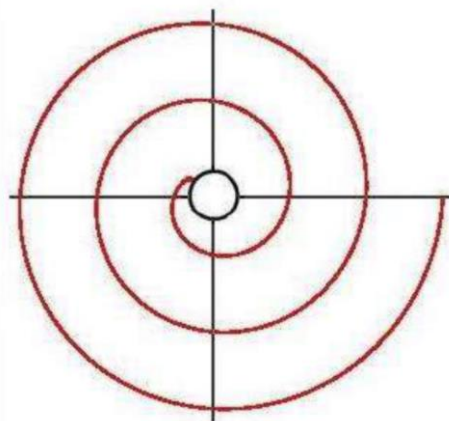


Figura 5. Búsqueda circular. El círculo del centro indica la posición del aerogenerador

- Se prospectará cuidadosamente a pie **un área de 150 metros de radio** alrededor de cada aerogenerador, con centro en la base de la torre.
- En cada aerogenerador se deberá dedicar mínimo **20 minutos**.
- Se indicará en cualquier caso **el porcentaje de superficie no batida por inaccesibilidad física del observador o visual (cobertura vegetal)**. En cualquier caso, se procurará suplirlo con los puntos elevados de búsqueda.
- El cansancio del observador disminuye la capacidad de detección de los cadáveres, por tanto, **no se debe prospectar más de 10 aerogeneradores por persona y jornada (1 día)**. En el caso que nos ocupa se prospectaran 2 aerogeneradores por día.

- Las incidencias detectadas fuera de los momentos de búsqueda se registran y se consideran por separado.

A continuación, se muestra un plan de trabajo tipo:

Cuadro 2. Ejemplo de plan de trabajo.

AERO	lunes 25	martes 26	miércoles 27	jueves 28	viernes 29	lunes 1	martes 2	miércoles 3	jueves 4	viernes 5	lunes 8	martes 9
A-01	x				x				x			
A-02		x				x				x		
A-03			x				x				x	
A-04				x				x				x
A-05	x				x				x			
A-06		x				x				x		
A-07			x				x				x	
A-09	x				x				x			
A-10		x				x				x		
A-11			x				x				x	
A-12				x				x				x

x → Sin sistema automático
x → Con sistema automático
x → Con Dron

Como se puede ver en el ejemplo de trabajo se combinan tres escenarios: aerogeneradores sin ningún tipo de sistema automático, aerogeneradores con sistema automático y aerogeneradores aplicando la propuesta de I+D presentada. Este plan de trabajo podrá modificarse y adaptarse por razones de seguridad laboral ya que el plan de seguridad del parque indica que no se puede hacer ninguna labor en el radio de acción de las palas, mientras las máquinas estén en funcionamiento, por riesgo de caída de piezas. Así, los recorridos se realizarán siempre que el aerogenerador esté parado y nunca cuando esté en movimiento.

Factores de corrección

Se han tenido en cuenta en el experimento **factores de corrección que permiten precisar la eficacia de búsqueda del técnico y la actividad de los depredadores de la zona**. Para ello se realizan tests de detectabilidad y de permanencia de cadáveres, o carroñeo.

El test de detectabilidad tiene por objeto corregir los valores de mortandad obtenidos a partir de los restos encontrados, considerando la fracción de cadáveres que no son detectados debido a la capacidad visual del observador y a las condiciones físicas del terreno (relieve, vegetación). **Este test se realiza de forma trimestral**, comenzando en octubre de 2022.

El objeto del test de permanencia de cadáveres es conocer el grado de desaparición de víctimas en el terreno a lo largo del tiempo, debido a diversos factores, como la retirada por parte de carroñeros, depredación o modificaciones del terreno debidas p.ej. a labores agrícolas, entre otras posibles. **Este test también se realiza trimestralmente**; comenzando en septiembre de 2022.

RESULTADOS PRELIMINARES

El piloto se lleva probando en campo un mes, a fecha de cierre de la presente comunicación, por lo que aún no se pueden aportar conclusiones concluyentes.

Bien es cierto que las primeras impresiones denotan que se están cumpliendo con lo esperado y ya observado en el uso de drones para ahuyentar avifauna en otros sectores, como el pesquero. La presencia del dron en los aerogeneradores seleccionados para el piloto está evitando que las aves se acerquen a los mismos, buscando otras zonas de paso. Será, tras el primer año de estudio cuando se puedan extraer conclusiones robustas que podrán presentarse en el CONAMA 2023.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ackermann T., Der L.S. 2002. An overview of wind energy status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6 (1–2): 67-127
- [2] Anderson R., Morrison M., Sinclair K. and Strickland D. 1999. *Studying Wind Energy/Bird Interactions: A Guidance Document*. National Wind Coordinating Committee (NWCC), Washington.
- [3] Anderson, R., Tom, J., Neumann, N., Erickson, et al. (2005). Avian monitoring and risk assessment at the San Geronio Wind Resource Area. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- [4] Armstrong, A., J. Waldron, J. Whitaker, and N.J. Ostle. 2014. Wind farm and solar park effects on plant–soil carbon cycling: uncertain impacts of changes in ground-level microclimate. *Global Change Biology* DOI: 10.1111/gcb.12437.
- [5] Arnett, E.B., Brown, W.K., Erickson, W.P., Fiedler, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T.H., Jain, A., Johnson, G.D., Kerns, J., Koford, R.R., Nicholson, C.P., O'Connell, T.J., Piorkowski, M.D. & Tankersley, R.D. (2008). Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J. Wildl. Manage.* 72, 61–78.
- [6] Arnett, E.B., Huso, M.M., Schirmacher, M.R., Hayes JP (2011) Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Front Ecol Environ* 9(4), 209– 214.
- [7] Asociación Empresarial Eólica, 2008Asociación Empresarial Eólica (Spanish Wind Energy Association), Nota de prensa (Press release) 17 de enero de 2008. <
http://www.aeeolica.org/doc/NP_080117_Espana_supera_los_15000_MW_eolicos.pdf)
- [8] Baerwald E.F., Barclay R.M.R. 2009. Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities *J. Mammal.*, 90 : 1341-1349
- [9] Band, W., Madders, M. & Whitfield, D.P. 2005. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In De Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (Eds) *Birds and Wind Power*. Barcelona, Spain: Lynx Edicions, in press.
- [10] Barclay, R. M., & Harder, L. D. (2003). Life histories of bats: life in the slow lane. *Bat ecology*, 209, 253.
- [11] Barclay, R. M., Baerwald, E. F., & 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(3), 381-387.
- [12] Barrios, L., & Rodriguez, A. (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of applied ecology*, 41(1), 72-81.
- [13] Battin, J. (2004). When good animals love bad habitats: ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology*, 18, 1482– 1491.
- [14] Beston, J. A., Diffendorfer, J. E., Loss, S. R., & Johnson, D. H. (2016). Prioritizing avian

species for their risk of population-level consequences from wind energy development. *PLoS one*, 11(3), Article e0150813.

- [15] Bevanger, K., F. Berntsen, S. Clausen, E. L. et al. (2010). Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (BirdWind). Report on findings 2007–2010. Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim, Norway
- [16] Bishop, J., McKay, H., Parrott, D., & Allan, J. (2003). Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives. Food and Rural Affairs, London, 1-53.
- [17] Blaydes, H., Potts, S. G., Whyatt, J. D., & Armstrong, A. (2021). Opportunities to enhance pollinator biodiversity in solar parks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111065.
- [18] Boycott TJ, Mullis SM, Jackson BE, Swaddle JP (2021) Field testing an “acoustic lighthouse”: Combined acoustic and visual cues provide a multimodal solution that reduces avian collision risk with tall human-made structures. *PLoS ONE* 16(4): e0249826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249826>.
- [19] BRE (2014) Biodiversity Guidance for Solar Developers. Eds G E Parker and L Greene.
- [20] Bright, J. A., Langston, R., & Anthony, S. (2009). Mapped and written guidance in relation to birds and onshore wind energy development in England. Sandy: RSPB.
- [21] Camina, Á. (2012) Bat fatalities at wind farms in northern Spain-lessons to be learned. *Acta Chiropterologica*, 14(1), 205–212.
- [22] Carrete, M., Sánchez-Zapata, J. A., Benítez, J. R., Lobón, M., & Donázar, J. A. (2009). Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. *Biological Conservation*, 142(12), 2954-2961.
- [23] Carrete, M., J. A. Sánchez-Zapata, J. R. Benítez, M. Lobón, F. Montoya, J. A. Donázar 2012. Mortality at wind-farms is positively related to large-scale distribution and aggregation in griffon vultures. *Biological Conservation*: 145:102–108
- [24] Chamberlain, D., Freeman, S., Rehfisch, M., Fox, T., & Desholm, M. (2005). Appraisal of Scottish Natural Heritage's wind farm collision risk model and its application. BTO research report, 401.
- [25] Cook, A. S. C. P., Ross-Smith, V. H., Roos, S., Burton, et al. (2011). Identifying a range of options to prevent or reduce avian collision with offshore wind farms using a UK-based case study. BTO Research Report, 580.
- [26] Cordeiro, A., Mascarenhas, M., & Costa, H. (2013, February). Long term survey of wind farms impacts on Common Kestrel's populations and definition of an appropriate mitigation plan. Poster session presentation at the Conference in Wind Power and Environmental Impacts. Book of Abstracts. VIINDVAL. Report (Vol. 6546).
- [27] Cyan, P.M. (2011). Wind turbines as landscape impediments to the migratory connectivity

of bats, *Environmental Law*, 41, 355-370.

- [28] Dahl, E. L., May, R., Hoel, P. L., Bevanger, K., Pedersen, H. C., Røskoft, E., & Stokke, B. G. (2013). White-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) at the Smøla wind-power plant, Central Norway, lack behavioral flight responses to wind turbines. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1), 66-74.
- [29] De Lucas, M. (2007) *Aves Y Parques Eólicos: Efectos E Interacciones*. PhD Thesis. Universidad Autónoma of Madrid, Spain.
- [30] De Lucas, M., Janss, G. & M. Ferrer (2004). The effects of a wind farm on birds in a migration point: The Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13: 395- 407.
- [31] De Lucas, M., Janss, G. F., & Ferrer, M. (2005). A bird and small mammal BACI and IG design studies in a wind farm in Malpica (Spain). *Biodiversity & Conservation*, 14(13), 3289-3303.
- [32] De Lucas, M., Janss, G. F., Whitfield, D. P., & Ferrer, M. (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of applied ecology*, 45(6), 1695-1703.
- [33] De Lucas, M., Ferrer, M., Bechard, M. J., & Muñoz, A. R. (2012a). Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation*, 147(1), 184-189.
- [34] De Lucas, M., Ferrer, M., & Janss, G.F.E. (2012b). Using Wind Tunnels to Predict Bird Mortality in Wind Farms: The Case of Griffon Vultures. *Plos One* 7 (11): e48092.
- [35] DECC (2013) *UK Solar PV Strategy Part 1: Roadmap to a Brighter Future*.
- [36] DeVault, T.L., T.W. Seamans, J.A. Schmidt, J.L. Belant, B.F. Blackwell, N. Mooers, L.A. Tyson, and L. Van Pelt. 2014. Bird use of solar photovoltaic installations at US airports: Implications for aviation safety. *Landscape and Urban Planning* 122: 122-128.
- [37] Dirksen S., Winden J.V.D. and Spaans A.L. 1998. Nocturnal collision risks of birds with wind turbines in tidal and semi-offshore areas. In: Ratto C.F. and Solari G. (eds), *Wind Energy and Landscape*. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 99–107.
- [38] Dohm, R., Jennelle, C. S., Garvin, J. C., & Drake, D. (2019). A long-term assessment of raptor displacement at a wind farm. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(8), 433-438.
- [39] Doyle, J.M., Katzner, T.E., Bloom, P.H., Ji, Y., Wijayawardena, B.K., Dewoody, J.A. (2014). The genome sequence of a widespread apex predator, the golden eagle (*Aquila chrysaetos*). *PLoS ONE* 9, Article e95599.
- [40] Drewitt, A. L., & Langston, R. H. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148, 29-42.
- [41] Duerr, A. E., Miller, T. A., Lanzone, M., et al. (2012). Testing an emerging paradigm in migration ecology shows surprising differences in efficiency between flight modes. *PLoS*

One, 7(4), Article e35548.

- [42] European Communities, 2008 Commission of the European Communities, Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brussels, 23.01.2008. COM(2008). version 15.4
- [43] Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young, D.P., Jr Sernja, K.J. & Good, R.E. (2001). Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document.
- [44] Erickson, W., Johnson, G., Young, D., Strickland, D., Good, R., Bourassa, M., Bay, K., 2002. Synthesis and Comparison of Baseline Avian and Bat Use, Raptor Nesting and Mortality Information from Proposed and Existing Wind Developments. WEST, Inc., Report. Bonneville Power Administration, Portland, Oregon.
http://www.bpa.gov/power/pgc/wind/Avian_and_Bat_Study_12-2002.pdf
- [45] EUROBATS, 2011. Report of the IWG on wind turbines and bat populations: 16th Meeting of the Advisory Committee, Tbilisi, Georgia.
- [46] Everaert J., Stienen E.W.M. (2006) Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). In Hawksworth D.L., Bull A.T. (Eds), Biodiversity and Conservation in Europe, vol 7. Springer, Dordrecht.
- [47] Farfán, M.A., Vargas, J.M., Duarte, J. and Real, R. (2009). What is the impact of wind farms on birds? A case study in southern Spain. *Biodiversity and Conservation* 18: 3743-3758.
- [48] Feltwell, J. (2013) A Comparative Biodiversity Study of a Working Solar Farm and a Wheat Field in West Sussex, July- November 2013. (Unpublished Report, dated 7 December 2013).
- [49] Feltwell, J (2013) Observations on the effects of photovoltaic solar panels on invertebrates at Ebbsfleet Farm, Sandwich, Kent 2010-2012.
- [50] Feltwell, J (2013) Are photovoltaic solar arrays an influencing factor in avian mortality? *Newsletter of the Kent Field Club* 77: 18-27.
- [51] Ferrer, M., De La Riva, M., & J. Castroviejo (1991). Electrocutation of raptors on power lines in southwestern Spain. *Journal of Field Ornithology* 62(2): 181-190.
- [52] Ferrer, M., & Hiraldo, F. (1991). Evaluation of management techniques for the Spanish imperial eagle. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 19(4), 436-442
- [53] Ferrer, M., de Lucas, M., Janss, G. F., Casado, E., Munoz, A. R., Bechard, M. J., & Calabuig, C. P. (2012). Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 49(1), 38-46.
- [54] Fijn, R. C., Krijgsveld, K. L., Poot, M. J., & Dirksen, S. (2015). Bird movements at rotor heights measured continuously with vertical radar at a Dutch offshore wind farm. *Ibis*, 157(3), 558-566.

- [55] Fleishman E., Blair R.B. and Murphy D.D. 2001. Empirical validation of a method for umbrella species selection. *Ecological Applications* 11: 1489–1501.
- [56] Fleming P. D., Probert S. D. 1984. The evolution of wind-turbines: an historical review *Appl Energy*, 18: 163-177.
- [57] Fox, A. D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T. K., & Krag Petersen, I. B. (2006). Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds. *Ibis*, 148, 129-144.
- [58] Frick, W. F., Baerwald, E. F., Pollock, J. F., et al. (2017). Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209, 172-177.
- [59] Frid, A., & Dill, L. (2002). Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation ecology*, 6(1).
- [60] García-Ripollés C., and P López-López. 2011. Integrating effects of supplementary feeding, poisoning, pollutant ingestion and wind farms of two vulture species in Spain using a population viability analysis. *Journal of Ornithology* 152:879- 888.
- [61] Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geißler, G., & Köppel, J. (2016). Mitigation Measures for Wildlife in Wind Energy Development, Consolidating the State of Knowledge — Part 2: Operation, Decommissioning. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(03), Article 1650014.
- [62] Garvin, J. C., Jennelle, C. S., Drake, D., & Grodsky, S. M. (2011). Response of raptors to a windfarm. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 199-209.
- [63] German Renewable Energies Agency (2010) Solar Parks – Opportunities for Biodiversity, A report on biodiversity in and around ground-mounted photovoltaic plants. Unpublished report.
- [64] Gilbert et al. (1998) Bird Monitoring Methods – A Manual of Techniques for Key UK Species. RSPB, Bedfordshire.
- [65] Greif, S & B. M. Siemers (2010) Innate Recognition of Water Bodies in Echolocating Bats. *Nature Communications* 1. Article 107
- [66] Grünkorn T. et al. (2017) A Large-Scale, Multispecies Assessment of Avian Mortality Rates at Land-Based Wind Turbines in Northern Germany. In Köppel J. (Eds.) *Wind Energy and Wildlife Interactions*. Springer, Cham.
- [67] Guillemette M., Larsen J.K. and Clausager I. 1998. Impact Assessment of an Off-shore Wind Park on Sea Ducks. National Environmental Research Institute, Report number 227.
- [68] Guillemette M. and Larsen J.K. 2002. Postdevelopment experiments to detect anthropogenic disturbance: the case of Sea Ducks and Wind Park. *Ecol. Appl.* 12(3): 868–877.
- [69] Güler Ö 2009. Wind energy status in electrical energy production of Turkey *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 473-478.

- [70] Gunerhan, H., A. Hepbasli, and U. Giresunli. 2009. Environmental impacts from the solar Energy systems. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 31: 131-138.
- [71] Hanley N, Nevin C 1999. Appraising renewable energy developments in remote communities: the case of the North Assynt Estate, *Scotland Energy Policy*, 27: 527-547.
- [72] Hanssen, F., May, R., & Nygård, T. (2020). High-resolution modeling of uplift landscapes can inform micro-siting of wind turbines for soaring raptors. *Environmental Management*, 66(3), 319-332.
- [73] Hart, N.S., Hunt, D.M., 2007. Avian visual pigments: characteristics, spectral tuning,
- [74] Harvey and Associates. 2014. California Valley Solar Ranch Project avian and bat protection plan: Quarterly post-construction fatality report, 16 November 2013 - 15 February 2014. Unpublished report to HPR II, PLC, California Valley Solar Ranch, San Luis Obispo.
- [75] Harvey and Associates. 2015. Ivanpah solar electric generating system avian and bat protection plan: 2013-2014 annual report. Unpublished report to HPR II, PLC, Ivanpah Solar Energy, Fresno.
- [76] Hayes, M. A. (2013). Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities. *BioScience*, 63(12), 975-979.
- [77] Hernández-Pliego, J., de Lucas, M., Muñoz, A. R., & Ferrer, M. (2015). Effects of wind farms on Montagu's harrier (*Circus pygargus*) in southern Spain. *Biological Conservation*, 191, 452-458.
- [78] Hernandez, R.R., S.B. Easter, M.L. Murphy-Mariscal, E.T. Maestre, M. Tavassoli, E.B. Allen, C.W. Barrows, J. Belnap, R. Ochoa-Hueso, S. Ravi, and M.F. Allen. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 29: 766-779.
- [79] Herrera-Alsina, L., Villegas-Patraca, R., Eguiarte, L. E., & Arita, H. T. (2013). Bird communities and wind farms: a phylogenetic and morphological approach. *Biodiversity and conservation*, 22(12), 2821-2836.
- [80] Higgins K.F., Osborn R.G., Dieter C.D. and Usgaard R.E. 1996. Monitoring of Seasonal Bird Activity and Mortality at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota, 1994–1995. South Dakota Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, National Biological Service, Brookings, South Dakota.
- [81] Hodos, W. (2003). Minimization of motion smear: reducing avian collisions with wind turbines. Report NREL/SR-500-33249. Washington, DC: National Renewable Energy Laboratory.
- [82] Hoover, S. L., & Morrison, M. L. (2005). Behavior of red-tailed hawks in a wind turbine development. *The Journal of wildlife management*, 69(1), 150-159.

- [83] Horváth, G., G. Kriska, P. Malik, and B. Robertson. 2009. Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 317-325.
- [84] Horváth, G., M. Blahó, A. Egri, G. Kriska, I. Seres, and B. Robertson. 2010. Reducing the Maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology* 24: 1644-1653.
- [85] Hötker, H., Thomsen, K. M., & Köster, H. (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut in NABU, Bergenhusen, 65.
- [86] Howell, J.A., 1997. Avian Use and Mortality at the Sacramento Municipal Utility District Wind Energy Development Site, Montezuma Hills, Solano County, California. Sacramento Municipal Utility District, California.
- [87] Janss G.F.E. and Ferrer M. 1998. Rate of bird collision with power lines: effects of conductor-marking and static wire-marking. *Journal of Field Ornithology* 69: 8–17.
- [88] Janss G.F.E. 1999. Avian electrocution on power poles: European experiences. In: Ferrer M. and Janss G.F.E. (eds), *Birds and Power Lines: Collision, Electrocution and Breeding*. Quercus, Madrid, Spain, pp. 155–174.
- [89] Janss, G.F.E. (2000) Avian mortality from power lines: a morphological approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95, 353–359.
- [90] Janss, G., De Lucas M., Whitfield P., Lazo A., & Ferrer M. (2010). The precautionary principle and wind-farm planning in Andalucía. *Biological Conservation* 143: 1827–1828.
- [91] JNCC (2013) UK Biodiversity Indicators in your Pocket
- [92] Johnson, G. D., W. P. Erickson, M. D. Strickland, M. F. Shepherd, D. A. Shepherd, and S. A. Sarappo. 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large scale wind power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 30: 879-887.
- [93] Johnston, N. N., Bradley, J. E., & Otter, K. A. (2014). Increased flight altitudes among migrating Golden Eagles suggest turbine avoidance at a Rocky Mountain wind installation. *PLoS one*, 9(3), Article e93030.
- [94] Josimović, B., Cvjetić, A., & Furundžić, D. (2021). Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms– European experience in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, Article 110459.
- [95] Katzner, T. E., Brandes, D., Miller, T., et al. (2012). Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: Implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology*, 49, 1178–1186.
- [96] Katzner, T. E., Turk, P. J., Duerr, A. E., et al. (2015). Use of multiple modes of flight subsidy by a soaring terrestrial bird, the golden eagle *Aquila chrysaetos*, when on migration. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(112), Article 20150530.

- [97] Kerns, J., Kerlinger, P., 2004. A study of bird and bat collision fatalities at the mountaineer wind energy center, Tucker County, West Virginia. Annual Report for 2003, Curry and Kerlinger, LLC, McLean, Virginia, USA.
- [98] Kikuchi, R. (2008) Adverse impacts of wind power generation on collision behaviour of birds and anti-predator behaviour of squirrels. *Journal for Nature Conservation*, 16, 44–55.
- [99] Kingsley, A. & Whittam, B. (2005) *Wind Turbines and Birds. A Background Review for Environmental Assessment Bird Studies Canada Report*. Canadian Wildlife Service, Quebec, Canada.
- [100] Kitano, M., & Shiraki, S. (2013). Estimation of bird fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1), 41–48.
- [101] Krijgsveld, K. L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F., & Dirksen, S. (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. *Ardea*, 97(3), 357-366.
- [102] Kunz, T. H., Arnett, E. B., Erickson, W. P., et al. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6), 315-324.
- [103] Lanzone MJ, Miller TA, Turk P, Brandes D, Halverson C, et al. (2012) Flight responses by a migratory soaring raptor to changing meteorological conditions. *Biology Letters* 8, 710–713.
- [104] Leddy K.L., Higgins K.F. and Naugle D.E. 1999. Effects of wind turbine on upland nesting birds in conservation reserve program grasslands. *Wilson Bull.* 111(1): 100– 104.
- [105] Lehnert, L.S., Kramer-Schadt, S., Schönborn, S., Lindecke, O., Niermann, I., Voigt, C.C. (2014). Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. *PLoS One* 9, Article e103106.
- [106] Lekuona, J. M. 2001. *Uso del Espacio por La Avifauna y Control de La Mortalidad de les Aves y Murcielagos en los Parques Eolicos de Navarra Durante un Ciclo Annual (Use of Space by Avifauna and Monitoring of Bird and Bat Mortality in Navarre's Wind Parks during an Annual Cycle. (Doctoral thesis), University of Navarra, Pamplona.*
- [107] Leung, D. Y., & Yang, Y. (2012). Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 1031- 1039.
- [108] Loew, S.S., Rollins, K.E., Meyerholz, D.K., Capparella, A.P., 2013. Re-evaluation of collision risk at wind farms. *Biological Conservation* 157: 432.
- [109] Lovich, J.E. and J.R. Ennen. 2011. Wildlife conservation and solar energy development in the Desert southwest, United States. *BioScience* 61: 982-992.
- [110] McCrary, M.D., R.L. McKernan, R.W. Schreiber, W.D. Wagner, and T.C. Sciarrotta. 1982. Avian Mortality at a solar energy power plant. *Journal of Field Ornithology* 57: 135- 141.
- [111] Madders, M., & Whitfield, D. P. (2006). Upland raptors and the assessment of wind

farm impacts. *Ibis*, 148, 43-56.

- [112] Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., et al. (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40-52.
- [113] Marques, A. T., Santos, C. D., Hanssen, F., et al. (2020). Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 93- 103.
- [114] Martín, B. Perez-Bacalu, C. Onrubia, A. De Lucas & M. Ferrer, M. (2018). Impact of wind farms on soaring bird populations at a migratory bottleneck. *European Journal of Wildlife Research* 64:1-10
Martin, G. R. (2011). Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis*, 153(2), 239-254.
- [115] Martin, G. R. (2017). *The sensory ecology of birds*. Oxford University Press.
- [116] Martin, G. R., Portugal, S. J., & Murn, C. (2012). Visual fields, foraging and collision vulnerability in Gyps vultures. *Ibis*, 154(3), 626–631
- [117] Martinez-Abraín, A., G. Tavecchia, H. M. Regan, J. Jimenez, M. Surroca and D. Oro 2012. Effects of wind farms and food scarcity on a large scavenging bird species following an epidemic of bovine spongiform encephalopathy *Journal of Applied Ecology* 49:109–117.
- [118] Masden, E. mcA., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R., & Haydon, D. T. (2010). Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: Developing a conceptual framework. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1), 1- 7.
- [119] May, R. F. (2015). A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines. *Biological Conservation*, 190, 179-187.
- [120] May, R. F., Hamre, Ø., Vang, R., & Nygård, T. (2012). Evaluation of the DTBird videosystem at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. NINA rapport.
- [121] May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø., & Stokke, B. G. (2020). Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology and evolution*, 10(16), 8927-8935.
- [122] McClure, C. J., Martinson, L., & Allison, T. D. (2018). Automated monitoring for birds in flight: Proof of concept with eagles at a wind power facility. *Biological Conservation*, 224, 26-33.
- [123] Mitkus, M., Potier, S., Martin, G. R., Duriez, O., & Kelber, A. (2018). Raptor vision. In *Oxford Research Encyclopedia of Neuroscience*.
- [124] Montoya, F. G., Aguilera, M. J., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Renewable energy production in Spain: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 509-531.
- [125] Morrison M.L. and Sinclair K. 1998. *Avian Risk and Fatality Protocol*. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado

- [126] Musters, C.J.M., Noordervliet, M.A.W., Terkeus, W.J., 1996. Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary. *Bird Study* 43, 124–126.
- [127] Munns WR Jr. (2006). Assessing risks to wildlife populations from multiple stressors: overview of the problem and research needs. *Ecol Soc* 11(1).
- [128] National Solar Centre (2013) National Planning Guidance – Biodiversity. BRE National Solar Centre, Cornwall, UK
- [129] Natural England (2011) Solar Parks: Maximising Environmental Benefits. Technical Information Note 101.
- [130] Nazir, M. S., Bilal, M., Sohail, H. M., Liu, B., Chen, W., & Iqbal, H. M. (2020). Impacts of renewable energy atlas: Reaping the benefits of renewables and biodiversity threats. *International Journal of Hydrogen Energy*. 45(41), 22113-22124.
- [131] Nelson H.K. and Curry R.C. 1995. Assessing Avian Interactions with Windplant Development and Operation. *Translations 60th North American Wildlife and Nature Resource Conferences*, pp. 266–277.
- [132] New, L., Bjerre, E., Millsap, B., Otto, M. C., & Runge, M. C. (2015). A collision risk model to predict avian fatalities at wind facilities: an example using golden eagles, *Aquila chrysaetos*. *PloS one*, 10(7), Article e0130978.
- [133] Newton, I. (2008). *Migration ecology of birds*. London, UK: Academic Press.
- [134] Orloff, S., & Flannery, A. (1992). *Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use, and Mortality in Altamont Pass and Solano Country Wind Resource Areas: 1989-1991; Final Report*. Biosystems Analysis.
- [135] Osborn, R. G., Dieter, C. D., Higgins, K. F., & Usgaard, R. E. (1998). Bird flight characteristics near wind turbines in Minnesota. *The American midland naturalist*, 139(1), 29-38.
- [136] Osborn, R.G., Higgins, K.F., Usgaard, E.R., Dieter, C.D., Neiger, R.D., 2000. Bird mortality associated with wind turbines at the buffalo ridge wind resource area, Minnesota. *Am. Midland Nat.* 143, 41–52.
- [137] Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(3), 1513-1524.
- [138] Parker G and McQueen C (2013) Can Solar Farms Deliver Measurable Benefits for Biodiversity? Wychwood Biodiversity and Rowsell & McQueen
- [139] Parker, G.E. and C. McQueen. 2013. Can solar farms deliver significant benefits for biodiversity? Preliminary Study July-August 2013. Unpublished report to Rowsell & McQueen, Bishop.
- [140] Paula, A., Santos, J., Cordeiro, A., Costa, H. M., Mascarenhas, M., & Reis, C. (2011). Managing habitat for prey recovery-an off-site mitigation tool for wind farms' impacts on

top avian predators.

- [141] Pennycuik, C. J. (1975). Mechanics of flight. *Avian biology*, 5, 1-73.
- [142] Perrow, M. (2017). *Wildlife and Wind Farms-Conflicts and Solutions: Onshore: Potential Effects*. Pelagic Publishing Ltd.
- [143] Pescador, M., Ramírez, J. I. G., & Peris, S. J. (2019). Effectiveness of a mitigation measure for the lesser kestrel (*Falco naumanni*) in wind farms in Spain. *Journal of environmental management*, 231, 919-925.
- [144] Peschel, T. 2010. *Solar parks – Opportunities for biodiversity: A report on biodiversity in and Around ground-mounted photovoltaic plants*. German Renewable Energies Agency, Berlin.
- [145] Percival, S.M. (2000). Birds and wind turbines in Britain. *British Wildlife* 12: 8-15
- [146] Phillips, J. 2013. Determining the sustainability of large-scale photovoltaic solar power plants. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 27: 435-444.
- [147] Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M. J., Green M., Rodrigues L., Hedenström A. 2010. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe *Acta Chiropterol.*, 12: 261–274
- [148] Saidur, R., Rahim, N. A., Islam, M. R., & Solangi, K. H. (2011). Environmental impact of wind energy. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(5), 2423-2430.
- [149] Sánchez-Zapata, J. A., Clavero, M., Carrete, M., et al. (2016). Effects of renewable energy production and infrastructure on wildlife. *Current Trends in Wildlife Research*, 97-123.
- [150] Schaub, M. (2012). Spatial distribution of wind turbines is crucial for the survival of red kite populations. *Biological Conservation*, 155, 111-118.
- [151] Smallwood, K. S. (2013). Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1), 19-33.
- [152] Smallwood, K. S., & Thelander, C. G. (2005). *Bird Mortality at the Altamont Pass Wind Resource Area: March 1998--September 2001*. National Renewable Energy Lab. Golden, CO (United States).
- [153] Smallwood, K.S., Thelander, C.G., Morrison, M.L., Ruge, L.M., 2007. Burrowing owl mortality in the Altamont pass wind resource area. *J. Wildl. Manage.* 71, 1513–1524.
- [154] *Solar Photovoltaic Deployment in the UK*. September 2015. Department of Energy and Climate Change.
- [155] *Solar Parks: Maximising Environmental Benefits*. TIN101. September 2011. Natural England
- [156] *Solar Trade Association (2013) 10 Commitments: Principles of Best Practice*.

- [157] Sovacool, B.K. 2009. Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat Fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity. *Energy Policy* 37: 2241–2248.
- [158] Stewart-Oaten A. 1986. The Before-After/Control-Impact-Pairs Design for Environmental Impact Assessment. Marine Review Committee, California.
- [159] Stewart, G.B., Pullin, A.S. & Coles, C.F. (2004) Effects of Wind Turbines on Bird Abundance. Systematic Review no. 4. Centre for Evidence-Based Conservation, Birmingham, U.K.
- [160] Strickland, M.D., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Johnson, D.H., Johnson, G.D., Morrison, M.L., Shaffer, J.A., Warren-Hicks, W., 2011. Comprehensive Guide to Studying Wind Energy/Wildlife Interactions. Prepared for the National Wind Coordinating Collaborative, Washington, DC, USA.
- [161] Suter, W., Graf R.F. and Hess R. 2002. Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and avian biodiversity: testing the umbrella-species concept. *Conservation Biology* 16: 778–788.
- [162] Tapia, L., Dominguez, J. and Rodriguez L. 2009. Using probability of occurrence to assess potential interaction between wind farms and a residual population of golden eagle *Aquila chrysaetos* in NW Spain. *Biodiversity Conservation* 18:2033–2041
- [163] Taylor R (2014) Potential Ecological Impacts of Ground-Mounted Photovoltaic Solar Panels in the UK. An Introduction and Literature Review. BSG Ecology
- [164] Telleria, J.L. 2009a. Wind power plants and the conservation of birds and bats in Spain: a geographical assessment. *Biodiversity Conservation* 18:1781–1791
- [165] Telleria, J.L. 2009b. Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. *Bird Conservation International* 19:131–136.
- [166] Telleria, J.L. 2009c. Overlap between wind power plants and Griffon Vultures *Gyps fulvus* in Spain. *Bird Study* 56: 268–271.
- [167] Thelander, C. G., Smallwood, K. S., & Ruge, L. (2003). Bird risk behaviors and fatalities at the Altamont Pass Wind Resource Area. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA.
- [168] Thelander, C., & Ruge, L. (2000). Avian risk behavior and fatalities at the Altamont Wind Resource Area: March 1998-February 1999. National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).
- [169] Tomé, R., Canário, F., Leitão, A. H., Pires, N., & Repas, M. (2017). Radar assisted shutdown on demand ensures zero soaring bird mortality at a wind farm located in a migratory flyway. In J. Köppel (Eds.), *Wind energy and wildlife interactions* (pp. 119-133). Springer, Cham.
- [170] Tsoutsos, T., N. Frantzeskaki, and V. Gekas. 2005. Environmental impacts from solar energy technologies. *Energy Policy* 33: 289-296.

- [171] Turney, D. and V. Fthenakis. 2011. Environmental impacts from the installation and operation of largescale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 3261- 3270.
- [172] Veríssimo, D., MacMillan, D. C., Smith, R. J., Crees, J., & Davies, Z. G. (2014). Has climate change taken prominence over biodiversity conservation? *BioScience*, 64(7), 625-629.
- [173] Watson, R. T., Kolar, P. S., Ferrer, M., et al. (2018). Raptor interactions with wind energy: case studies from around the world. *Journal of Raptor Research*, 52(1), 1-18.
- [174] Whitfield, D. P., & Madders, M. (2006). A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. *Natural Research, Banchory*, 14.
- [175] Winkelman, J.E., 1990. Bird Collision Victims in the Experimental Wind Park near Oosterbierum (Fr), During Building and Partly Operative Situations (1986– 1989). Rijksinstituut voor natuurbeheer, Anherm, The Netherlands.
- [176] Young, D. P. Jr., W. P. Erickson, R. E. Good, M. D. Strickland, and G. D. Johnson. 2003. Avian and bat mortality associated with the initial phase of the Foote Creek Rim Windpower Project, Carbon County, Wyoming: November 1998 - June 2003. Technical Report prepared by WEST, Inc. (2003 Central Ave, Cheyenne, Wyoming, 82001) for Pacificorp, Inc., Sea West Wind Power, Inc. and Bureau of Land Management; 35 p.