



E1.1. Informe del estudio de las orientaciones nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
EN LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

E1.1. Informe del estudio de las orientaciones nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica	1
1. Introducción	3
1.1 Objetivo	3
1.2 Alcance.....	3
2 Estudio de la normativa existente en los procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y evaluación de impacto ambiental (EIA)	3
2.1 Recopilación y especificación detallada de la normativa actual distintos procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y del plan de evaluación de impacto ambiental (EIA) aplicado a los proyectos de energía eólica	4
2.1.1 Objetivos específicos de la <i>Instrucción 4/FYM/2020</i>	6
2.1.2 Requisitos de Información para el Estudio de Impacto ambiental.....	7
2.1.3 Metodología para el estudio de las aves y murciélagos	8
2.2 Estudio de los documentos de orientación nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica que detallan los métodos para recopilar datos de referencia ...	10
2.2.1 Proceso de obtención de información.....	11
2.2.2 Métodos de evaluación del medio terrestre en fase de explotación	16
2.3 Investigación de los estudios que identifican las especies, su comportamiento de vuelo, la dirección y la altura con diversas formas de conteo por observaciones visuales	17
2.3.1 Conteo por Puntos.....	18
2.3.2 Conteo por Transectos Lineales	18
2.3.3 Conteo por Área de Búsqueda	18
2.3.4 Conteo de Nidos	18
2.3.5 Conteo de Aves Migratorias	19
2.4 Investigación y análisis de los estudios que identifican las aves mediante diversas tecnologías para detectar la actividad nocturna y las tecnologías de seguimiento.....	20
2.4.1 Seguimiento actividad nocturna.....	20
2.4.2 Tecnologías de seguimiento	23
3 Conclusión	26
4 Referencias.....	27

1. Introducción

Este documento corresponde al entregable:

E1.1 - Informe del estudio de las orientaciones nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica

Refleja los trabajos realizados y los resultados alcanzados durante la ejecución de la actividad:

A1.1 Estudio de la normativa existente en los procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y evaluación de impacto ambiental (EIA) cuyo objetivo es estudiar y analizar los documentos de orientación nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica que detallan los métodos adecuados para recopilar datos de referencia y los procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y evaluación de impacto ambiental (EIA)

Esta tarea se encuadra dentro de LA ACTIVIDAD A1 y la línea de investigación:

A1. Estado del arte de IA Explicable y requisitos para la gestión de la biodiversidad en parques eólicos del proyecto IA4BIRDS: Plataforma de IA Explicable para la predicción y protección de aves en espacios destinados a ser parques eólicos cuyo objetivo es diseñar una plataforma global, modular y escalable basada en IA Explicable que permita optimizar la evaluación y planificación de espacios destinados a ser parques eólicos aplicando algoritmos híbridos de inteligencia artificial para la detección y predicción de aves.

1.1 Objetivo

El objetivo de esta actividad es estudiar y analizar los documentos de orientación nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica que detallan los métodos adecuados para recopilar datos de referencia y los procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y evaluación de impacto ambiental (EIA), para ello se ha estudiado la legislación actual, centrándonos mayormente en la comunidad de Castilla y León para determinar las exigencias mínimas en los EIA a realizar para la promoción de plantas de energía eólica.

1.2 Alcance

Este documento se encuentra en la versión 1.0, y aunque está sujeta a nuevas evoluciones si en las siguientes fases del proyecto se hacen necesarios ajustes, la investigación aquí plasmada trata de presentar el trabajo realizado para la consecución de los objetivos de la tarea de diseñar una plataforma de IA explicable para optimizar la evaluación de espacios destinados a ser parques eólicos.

2 Estudio de la normativa existente en los procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y evaluación de impacto ambiental (EIA)

El objetivo de esta actividad es estudiar y analizar los documentos de orientación nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica que detallan los métodos adecuados para recopilar datos de referencia y los procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y evaluación de impacto ambiental (EIA), así como las diferentes técnicas de recopilación de datos de aves para la elaboración de dichos estudios, que nos permita detectar cómo plantear una herramienta útil para ésta labor en futuros proyectos de energía eólica.

2.1 Recopilación y especificación detallada de la normativa actual distintos procesos de evaluación estratégica medioambiental (EEM) y del plan de evaluación de impacto ambiental (EIA) aplicado a los proyectos de energía eólica

A lo largo de los últimos años se ha producido un incremento de instalaciones de generación de energía mediante fuentes renovables, parques eólicos y plantas fotovoltaicas en España y en concreto en Castilla y León que han hecho que se sobrepasen los 6.600 MW de potencia eólica instalada y alrededor de 4562 aerogeneradores en la comunidad autónoma hasta 2023.

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Potencia eólica instalada acumulada (MW)	15	82	207	353	609	975	1.653	1.807	2.076	2.769	3.079	3.908	4.673	5.054	5.508	5.557	5.557	5.557	5.589	5.591	5.591	6.052	6.269	6.375	6.624	6.638
Potencia eólica instalada anualmente (MW)	15	67	125	146	256	365	678	155	269	693	310	829	765	381	454	49	0	0	32	2	0	461	216	106	249	14

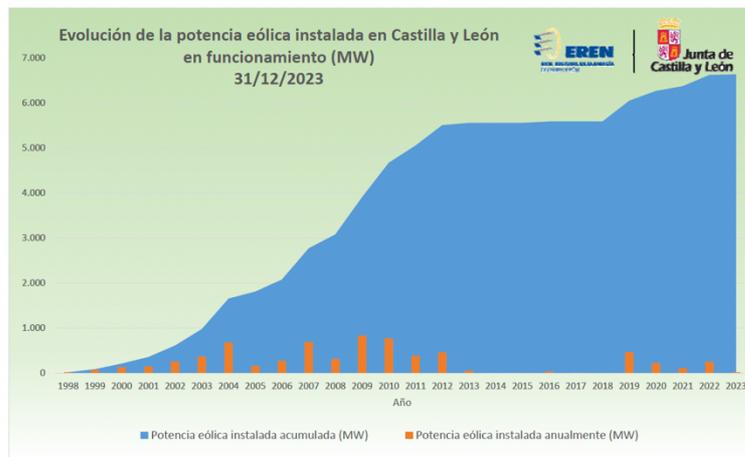


Figura 1. Parques eólicos en funcionamiento en Castilla y León (JCYL)

Como se puede comprobar los parques eólicos más modernos tienen aerogeneradores más potentes y, por lo tanto, su tamaño es mayor, lo que puede afectar a diferentes especies de aves en comparación con los instalados a comienzos de los años 2000, Estas localizaciones son de interés puesto que la vida útil de los parques eólicos vienen siendo de aproximadamente 25-30 años [2], antes de que se proceda a la repotenciación de los parques, «se entiende por **repotenciación** la modificación de un parque eólico que suponga la sustitución total o parcial de los aerogeneradores o de cualquiera de sus elementos principales, con el **fin de incrementar la producción en el emplazamiento**», por lo que también es importante tener un seguimiento de los mismos de cara a nuevos estudios de impacto ambiental en dichas localizaciones.

Las previsiones estatales de cara a 2030 son las de duplicar la producción mediante el uso de energías renovables, y en concreto en energía eólica, Castilla y León tiene potencial de seguir creciendo como productora de energía eólica y por tanto se han regulado normativas para hacer un uso responsable de la misma, pues se sabe que esta energía limpia tiene efectos perjudiciales en la fauna y más aún en las aves.

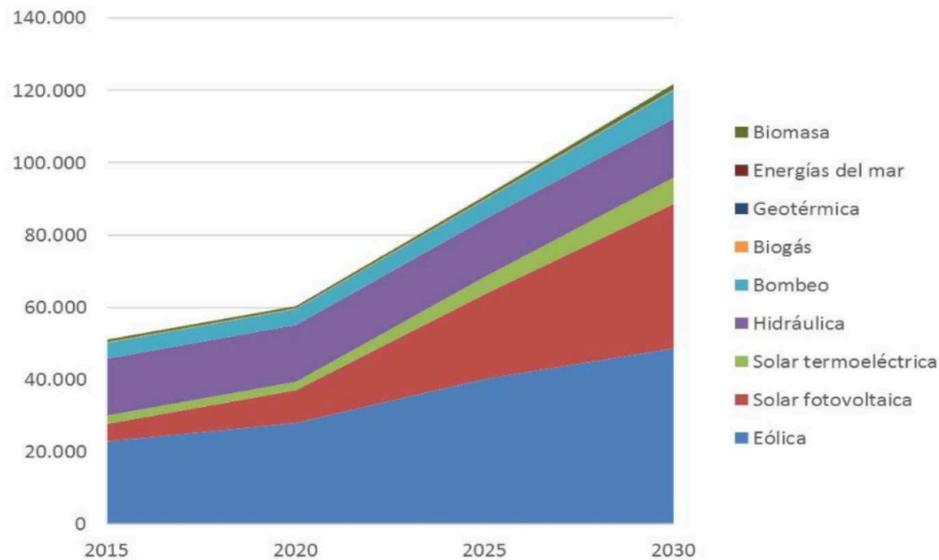


Figura 2. Previsión capacidad instalada de energías renovables hasta 2030 (MITECO)

En su mayoría este tipo de proyectos está sometido a evaluación de impacto ambiental ordinaria. En su tramitación existe una primera fase, definida en el artículo 34 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, que consiste en la elaboración de un documento de alcance del estudio de impacto ambiental que guíe al promotor en su redacción. Y para su elaboración se solicita informe, entre otros, a la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal y/o a los Servicios Territoriales de Medio Ambiente.

Ante las circunstancias descritas, se ha considerado imperativo establecer un régimen de mínimos en lo referente a las exigencias de los estudios de impacto ambiental, que servirán de base para determinar la viabilidad ambiental de los proyectos. Este documento tiene como finalidad definir los requisitos esenciales que, en virtud de las competencias de la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal en relación con la conservación de flora y fauna, deben satisfacer los estudios de impacto ambiental asociados a proyectos de parques eólicos y plantas fotovoltaicas. Esto garantizará un nivel adecuado de análisis y uniformidad en las exigencias a nivel regional. Considerando que el documento de alcance es una etapa opcional, esta instrucción también sirve como marco de referencia para evaluar la calidad de los estudios de impacto ambiental que se presenten directamente, verificando que sus metodologías cumplan con los estándares aquí establecidos. Esta normativa a seguir en Castilla y León es la *Instrucción 4/FYM/2020 de la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal Contenidos mínimos de los estudios de EIA de instalaciones de energías renovables*. [2]

A continuación, se resumen los objetivos de esta norma y cuál es la normativa aplicable o relacionada.

2.1.1 Objetivos específicos de la Instrucción 4/FYM/2020

1. Definir los contenidos mínimos y las metodologías requeridas en los informes que se elaboren a solicitud del órgano ambiental para la creación de documentos de alcance en los procesos de evaluación de impacto ambiental de parques eólicos y plantas fotovoltaicas.
2. Establecer los parámetros de referencia en el análisis de estudios de impacto ambiental para parques eólicos y plantas fotovoltaicas, cuando sea requerido un informe por parte de la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal o los Servicios Territoriales de Medio Ambiente.

Ámbito de aplicación:

La presente Instrucción se aplica a todo el territorio de Castilla y León y está dirigida a regular la actuación en materia de informes ambientales por parte tanto de los Servicios Territoriales de Medio Ambiente de las Delegaciones Territoriales como de los Servicios de la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal.

Normativa aplicable y relacionada.

La normativa aplicable a la materia objeto de la presente Instrucción es:

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 4/2015, de 24 de marzo, del Patrimonio Natural de Castilla y León.
- Acuerdo 15/2015, de 19 de marzo, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba el Plan Director para la Implantación y Gestión de la Red Natura 2000 en Castilla y León.
- Decreto 57/2015, de 10 de septiembre, por el que se declaran las zonas especiales de conservación y las zonas de especial protección para las aves, y se regula la planificación básica de gestión y conservación de la Red Natura 2000 en la Comunidad de Castilla y León.
- Orden FYM/775/2015, de 15 de septiembre, por la que se aprueban los Planes Básicos de Gestión y Conservación de la Red Natura 2000 en la Comunidad de Castilla y León.
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres y Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres
- Decreto 6/2011, de 10 de febrero, por el que se establece el procedimiento de evaluación de las repercusiones sobre la Red Natura 2000 de aquellos planes, programas o proyectos desarrollados en el ámbito territorial de la Comunidad de Castilla y León

Dentro de un procedimiento de evaluación de impacto ambiental de un proyecto de parque eólico o planta fotovoltaica, el análisis del referido estudio tendrá como referencia de contenidos mínimos y metodologías los requerimientos detallados en los anexos I, II y III de la citada instrucción. Estos anexos podrán ser actualizados por la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal de acuerdo con la mejor información técnica y científica.

2.1.2 Requisitos de Información para el Estudio de Impacto ambiental

Los estudios de impacto ambiental constituyen una herramienta crítica en la conservación del medio ambiente y deben incluir un análisis exhaustivo que se apoya en la recopilación de información previamente establecida. Esta información debe adherirse a estándares mínimos, especialmente en lo que respecta a los impactos directos sobre dos grupos faunísticos clave: las aves y los quirópteros. Es importante destacar que este documento se centra exclusivamente en estos aspectos, sin abarcar otros componentes comúnmente evaluados en estudios de este tipo como son los efectos sobre hábitats, el paisaje o la contaminación acústica.

Evaluación Detallada de Aves y Quirópteros:

Se requiere realizar un inventario detallado de las especies de aves presentes en la zona de estudio. Este inventario debe incluir:

- Listado de Especies y Abundancia: Documentación de todas las especies aviares, su abundancia y datos sobre su conservación.
- Fenología de las Especies: Identificación del comportamiento fenológico de las especies (sedentarias, nidificantes, invernantes y migratorias).
- Riesgo de Accidentes: Evaluación del riesgo de colisión o accidentes basado en la literatura existente.

Puntos Críticos para la Avifauna:

- Rutas de Vuelo: Identificación de los corredores aéreos habituales y la altitud de vuelo, especialmente en áreas donde se planea instalar infraestructuras, como aerogeneradores.

Usos de las Zonas de Influencia:

- Análisis del uso del hábitat por las aves en las zonas de influencia, incluyendo áreas de alimentación, descanso, dormideros y nidificación.
- Colonias y Dormideros: Tamaño y localización de colonias y dormideros.
- Áreas de Concentración Migratoria: Lugares de descanso y concentración durante la migración.
- Concentraciones Específicas: Datos sobre aves rapaces, aves limícolas y otras especies con comportamientos de exhibición reproductiva aérea.

Factores de Riesgo:

- Identificación de eventos naturales o antropogénicos que puedan incrementar el riesgo de accidentes, tales como condiciones meteorológicas adversas (niebla, nubes bajas, precipitaciones) y otros factores de atracción como vertederos o corrientes térmicas.
- Tomando como base los aspectos descritos anteriormente, se procederá a delimitar áreas de alto riesgo para las aves. Esto se realizará considerando la ubicación específica propuesta para cada aerogenerador, lo cual permitirá una planificación más efectiva en la mitigación de impactos.

2.1.3 Metodología para el estudio de las aves y murciélagos

Las metodologías empleadas para estudiar ambos grupos faunísticos deben diferenciarse claramente debido a sus características biológicas y ecológicas distintivas.

El trabajo de campo para el estudio de impacto ambiental abarcará un período mínimo de un año, distribuyéndose en sesiones de muestreo que durarán 2 horas después del amanecer, 2 horas al mediodía y 2 horas antes del ocaso. Durante la migración prerreproductora y la época reproductora (15 de febrero al 15 de julio), así como durante la migración postnupcial (15 de agosto al 30 de noviembre), se realizarán muestreos al menos dos veces por semana. En los meses restantes, la frecuencia se reducirá a una jornada semanal.

Los muestreos cubrirán la totalidad del área de influencia del parque eólico, que incluye la poligonal del proyecto y un área adicional (buffer) de al menos 1.000 metros. El área será segmentada en unidades homogéneas según la orografía y los diferentes tipos de hábitat, considerando la ubicación de los aerogeneradores.

Las técnicas de muestreo incluirán transectos estandarizados o puntos de escucha. Se llevará un registro detallado de cada observación, que contendrá información sobre los siguientes puntos:

- Punto de observación o de control
- Especie
- Número de individuos
- Fecha, hora de contacto y climatología.
- Trayectoria de vuelo. En su caso (zonas montañosas), vuelo sobre cresta, ladera norte o sur.
- Otros datos de vuelo, como cruce o paralelismo a la alineación prevista, migración, etc. En el caso de existencia de otros aerogeneradores en el entorno, comprobar posibles reacciones de pánico (acciones bruscas que realizan determinadas aves en las proximidades de los aerogeneradores para evitar cruzar entre ellos, así como acciones de otro tipo que no muestran señales de sobresalto), rehúses de paso (intentos fallidos de cruce de una loma por parte de un ave) u otras.
- Tipo de vuelo: ciclo de remonte, batido, planeo, etc.
- Distancia estimada del ave a la base de los aerogeneradores proyectados.
- Altura de vuelo estimada
- Análisis estadístico de los datos obtenidos

En un **Estudio de Impacto Ambiental**, todos los datos recopilados y las conclusiones derivadas deben ser sistemáticamente organizados y presentados en formato digital, utilizando hojas de cálculo para facilitar su análisis y acceso. Específicamente, se requiere la elaboración de un cuadro resumen que detalle las observaciones de cada especie por fecha, distribuidas en filas y columnas según corresponda, incluyendo todas las mediciones realizadas en los diversos censos.

Se deben considerar como observaciones distintas aquellas situaciones en las que el mismo individuo de una especie se observe en actividades variadas en momentos consecutivos, como

podría ocurrir al cruzar sucesivamente la alineación de aerogeneradores. Esto implica que, aunque se trate del mismo individuo, se registren como eventos independientes si representan diferentes situaciones de riesgo.

La estimación de la altura y distancia de las aves observadas se realizará a través de la apreciación visual, apoyándose en puntos de referencia fijos cuando sea posible. Para el análisis posterior, las alturas observadas serán clasificadas en tres categorías:

- Categoría A: Desde el nivel del suelo hasta aproximadamente cinco metros por debajo de la altura mínima de barrido de las palas del aerogenerador.
- Categoría B: Entre cinco metros por debajo y cinco metros por encima de la altura de barrido de las palas.
- Categoría C: Más de cinco metros por encima de la altura máxima de barrido de las palas.

Adicionalmente, se implementarán muestreos nocturnos mensuales durante un año, realizados bajo condiciones climatológicas óptimas y con ausencia de viento. Estas observaciones nocturnas se llevarán a cabo durante las últimas horas de la tarde y primeras horas de la noche, mediante estaciones de escucha establecidas.

Para las líneas eléctricas, se efectuarán muestreos específicos para aves con una frecuencia semanal a lo largo de un año.

En la Fig.3. se muestra un mapa donde existen medidas de protección adicionales para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución con líneas eléctricas, que es una variable más a estudiar en la evaluación de parque eólicos.

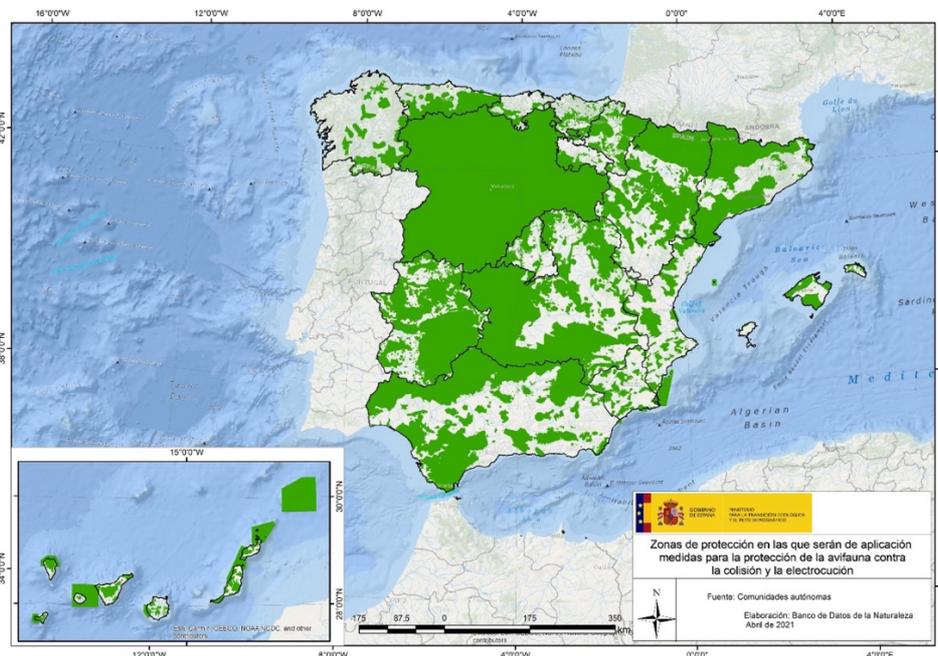


Figura 3. Zonas de protección en las que serán de aplicación medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución (Banco de datos de la naturaleza, CC. AA)

2.2 Estudio de los documentos de orientación nacionales relacionados con las aves y los proyectos de energía eólica que detallan los métodos para recopilar datos de referencia

En un esfuerzo colaborativo para mejorar los procesos de evaluación de proyectos con impacto en la avifauna, se ha desarrollado una guía integral que se presenta como un recurso esencial para mitigar el riesgo de mortalidad aviar, sino que también se ha diseñado para ser un documento vivo, actualizándose periódicamente en respuesta a los avances científicos y tecnológicos. El documento ***Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos*** [3] se ha publicado en formato digital para facilitar su actualización continua, mientras que las versiones impresas se reservarán para actualizaciones significativas. Publicada en la página web de SEO/BirdLife, esta herramienta está destinada a evolucionar mediante la incorporación de nuevos conocimientos y datos obtenidos de congresos y encuentros especializados. La guía está abierta a contribuciones que puedan enriquecer sus futuras ediciones, fomentando así un proceso de mejora continua en la evaluación y gestión de proyectos que afectan directamente a las poblaciones de aves. Este documento de referencia ha sido utilizado por las autoridades para elaborar sus planes y normativas para el EIA, por lo completa y detallada que está redactada.

A través de esta guía se definen diferentes cuestiones que abordan el problema ecológico al que se enfrentan las instalaciones de energía renovable mediante energía eólica, como puede ser el impacto producido, la calidad de los estudios de impacto ambiental, así como una planificación ambiental que recoge metodologías para realizar EIA de la mayor calidad posible, con elementos a considerar para que una planificación se realice correctamente.

Las administraciones públicas, tanto estatal como autonómica, desarrollan una planificación previa y participativa del despliegue renovable, una zonificación ambiental y una prospectiva y análisis constante. Los proyectos renovables deben basarse en estudios de impacto ambiental solventes, minimizar el impacto y ser participados con los agentes sociales y económicos del territorio.

Además, se debe realizar un seguimiento efectivo, transparente e independiente de los impactos de biodiversidad a lo largo de toda la vida útil de los proyectos y realizar una fuerte inversión en investigación e innovación para desarrollar tecnologías de menores impactos ambientales. En resumen, un proyecto renovable responsable debe cumplir con los criterios de mínimo impacto ambiental, máximo beneficio social y económico para el territorio durante su período de operación y restauración óptima de los valores naturales al final de su vida útil.

En España la selección de emplazamientos válidos para proyectos de energías renovables se divide en zonas compatibles y zonas condicionadas [4].

Las zonas compatibles incluyen emplazamientos de suelo rústico o no urbanizable degradado por actividades preexistentes, ubicaciones en suelo rústico o no urbanizable previamente ocupadas por infraestructuras en desuso, espacios ocupados por explotaciones de regadío intensivo, entornos ligados a infraestructuras de transporte existente, como carreteras o líneas férreas, y ubicaciones asociadas a láminas de agua sin valor ambiental constatado, como determinadas cabeceras de embalses.

Las zonas condicionadas incluyen todos los espacios naturales protegidos por la normativa estatal y autonómica, así como todos los espacios protegidos de la Red Natura 2000, las áreas de influencia de los espacios naturales protegidos y las zonas inmediatamente colindantes a espacios dentro de la Red Natura 2000, los espacios amparados por convenios internacionales suscritos por España, los humedales incluidos en el Inventario Nacional de Humedales, los hábitats singulares ubicados en el territorio que merezcan ser preservados y las Áreas

Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (IBA) y demás zonas de importancia para otros grupos de fauna.

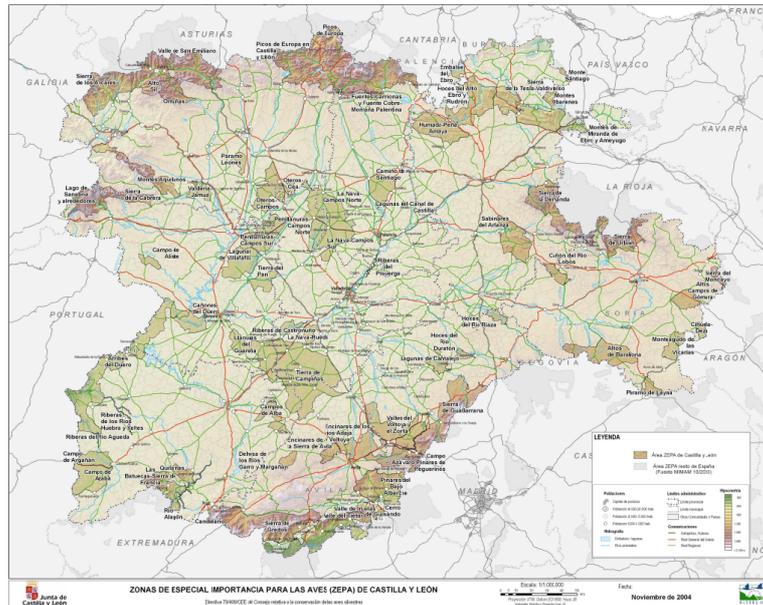


Figura 4. Zonas de especial importancia para las aves (ZEPA) Castilla y León (JCYL)

Con carácter general, un proyecto renovable responsable ha de cumplir con los criterios de ubicación planteados en este documento. No obstante, y con independencia de la ubicación, todo proyecto ha de someterse a la preceptiva evaluación ambiental

A continuación, se enumeran algunas de las zonas incompatibles para proyectos de energías renovables en España, pues existe normativa nacional, pero hay regiones con normativa más restrictiva.

Estas zonas incluyen todos los espacios naturales protegidos por la normativa estatal y autonómica, así como todos los espacios protegidos de la Red Natura 2000, las áreas de influencia de los espacios naturales protegidos y las zonas inmediatamente colindantes a espacios dentro de la Red Natura 2000, los espacios amparados por convenios internacionales suscritos por España, los humedales incluidos en el Inventario Nacional de Humedales y los hábitats singulares ubicados en el territorio que merezcan ser preservados.

También se consideran incompatibles las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (IBA) y demás zonas de importancia para otros grupos de fauna, las áreas críticas identificadas en los Planes de Recuperación y Conservación de especies amenazadas, las áreas de reproducción, descanso, alimentación o invernada de aves y murciélagos sensibles y amenazados, áreas con un índice combinado alto para aves y áreas que causen fragmentación en corredores biológicos. Además, se consideran incompatibles áreas con potencial de afección en corredores migratorios marinos y humedales no incluidos en el Inventario Nacional de Humedales.

2.2.1 Proceso de obtención de información

Una vez identificada el área de afección del proyecto, se procederá a recopilar toda la información ambiental acerca de ella, con varios objetivos:

- Validar la información obtenida en el análisis previo de la sensibilidad de la zona.
- Determinar la manera en la que las aves hacen uso de ella, para evaluar los posibles riesgos que la instalación conlleve.
- Disponer de información preliminar acerca del tipo de especies y número de ejemplares que utilizan la zona, de forma que podamos contrastarla en el posterior análisis BACI (Before/After/Control Impact) que se realizará en el programa de seguimiento.

De forma general es necesario obtener la siguiente información:

- Listado de especies de aves.
- Distribución y abundancia de aves reproductoras.
- Abundancia y fenología de aves en paso.
- Distribución y abundancia de aves invernantes.
- Colonias y/o dormideros de aves (especies, tamaño, localización).
- Concentraciones de aves migratorias en áreas de descanso.
- Concentraciones de aves rapaces.
- Concentraciones de aves limícolas.
- Distribución y abundancia de especies con displays reproductivos aéreos.
- Listado de especies de murciélagos.
- Distribución y abundancia de murciélagos reproductores.
- Abundancia y fenología de murciélagos en paso.
- Colonias y refugios de murciélagos (especies, tamaño, localización).

La elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos eólicos requiere de un procedimiento meticuloso de obtención de información que garantice la identificación precisa de los impactos ambientales. Este proceso se estructura en cinco fases esenciales:

Fase 1: Identificación de la Información Necesaria

Esta fase inicial implica la determinación de toda la información relevante que será necesaria para una evaluación exhaustiva del impacto ambiental, evitando la recolección de datos superfluos que no contribuyen al análisis.

Fase 2: Recopilación de la Información Existente

La recopilación de datos incluye la revisión de estudios de impacto ambiental previos, la bibliografía existente, consultar a expertos locales, inventarios de recursos naturales y datos meteorológicos.

bibliografía existente

Algunas fuentes específicas de información que se deben considerar incluyen:

- Resultados de proyectos de seguimiento de otros parques eólicos en la misma provincia, provincias limítrofes o áreas que compartan las mismas especies.
- Anuarios ornitológicos publicados por grupos ornitológicos locales, que pueden proporcionar información detallada sobre especies sensibles, rutas de migración, dormideros, entre otros.
- Atlas y libros rojos que brindan información sobre la distribución y el estado de conservación de las especies.

- Informes de la Administración Regional, que pueden contener datos relevantes sobre censos de especies, planes de ordenación y otros estudios de campo.
- Información científica, como tesis, tesinas y artículos científicos publicados sobre aves y murciélagos en la zona.
- Zonificación de espacios y planes de recuperación de especies, que suelen incluir cartografía detallada con implicaciones legales.

La integración de esta variedad de fuentes de información permite obtener una visión completa del contexto ambiental y facilita la evaluación precisa del impacto de los parques eólicos en la avifauna y los murciélagos.

expertos locales

Se puede contactar con los siguientes grupos:

- SEO/BirdLife y, en especial, sus grupos locales.
- WWF/Adena y sus grupos locales.
- Grupos conservacionistas provinciales.
- Agentes forestales / Celadores de la comarca / APN.
- Profesores de Universidad, tesinandos y doctorandos que hayan trabajado en la zona.
- SECEMU (Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Murciélagos).

Inventarios sobre recursos

En estas bases de datos se puede obtener información acerca de:

- Especies susceptibles de verse afectadas negativamente por parques eólicos (por ejemplo, aquellas de las que, a través de estudios, se tenga conocimiento que presentan una mayor tasa de colisión con los aerogeneradores)
- Distribución de especies sensibles.
- Valores naturales.
- Zonas sensibles, como IBA (Important Bird Areas o Áreas Importantes para la Conservación de las Aves), ZEPA (Zonas de especial protección de aves).
- Zonas con alta biodiversidad para algún grupo zoológico.

Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos juegan un papel crucial en la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. Dichas condiciones pueden magnificar o mitigar los efectos adversos sobre estas especies. Por ejemplo, investigaciones han demostrado una correlación entre condiciones meteorológicas adversas y la tasa de colisión de aves y murciélagos. Mientras que, para las aves, condiciones como la niebla pueden aumentar la mortalidad, para los murciélagos, es probable que eviten volar en condiciones atmosféricas desfavorables para sus actividades biológicas.

Por lo tanto, la recopilación de datos meteorológicos en áreas afectadas es fundamental para prever posibles impactos en la avifauna. Es importante evitar la instalación de parques eólicos en zonas con frecuentes condiciones de poca visibilidad y tormentas, especialmente durante

períodos de alta concentración de aves, como las migraciones. La información recopilada debe incluir, al menos, valores de:

- Velocidad del viento y dirección: Estos datos son esenciales para evaluar el valor económico del parque eólico y predecir su impacto en la avifauna. La velocidad del viento se ha relacionado con la mortalidad de aves, ya que la turbulencia generada puede dificultar su capacidad para evitar aerogeneradores o tendidos eléctricos. Algunos datos clave sobre el viento incluyen la velocidad media anual, dirección, distribución, intensidad de turbulencias y vientos extremos (magnitud y frecuencia).
- Días de niebla: Las condiciones de baja visibilidad, como la niebla, están asociadas con el riesgo de colisión de aves. No se recomienda la instalación de parques eólicos en zonas con más de 20 días de niebla al año. Aunque actualmente no existen mapas de niebla, se pueden obtener a partir de estaciones meteorológicas cercanas o instaladas por los promotores del parque, así como a través de información proporcionada por residentes locales, como agricultores y ganaderos.

Fase 3: Evaluación de la Información Recopilada

En esta etapa, se analiza la calidad y relevancia de la información recopilada, determinando la adecuación de los datos para abordar las necesidades específicas del estudio en curso.

Fase 4: Planificación del Trabajo de Campo

Esta fase implica la organización de estudios de campo necesarios para cubrir cualquier vacío informativo identificado en las fases anteriores. La duración de estos estudios no debe ser inferior a un año para capturar adecuadamente la dinámica ambiental del área de estudio.

Fase 5: Realización del Trabajo de Campo

El trabajo de campo se realiza conforme a la planificación previa, con el fin de obtener datos primarios sobre los impactos directos e indirectos del proyecto en la avifauna local y otros elementos bióticos y abióticos.

La participación de expertos locales es fundamental en todas las fases del estudio, proporcionando conocimientos específicos del área que pueden ser cruciales para la identificación de impactos potenciales y la formulación de medidas mitigadoras. Se recomienda que su colaboración sea reconocida y compensada adecuadamente dentro del presupuesto del EIA.

Este procedimiento sistemático asegura que la evaluación de impacto ambiental sea comprensiva, actualizada y capaz de sustentar decisiones informadas para la mitigación de impactos negativos sobre el medio ambiente local.

A continuación, se muestra una tabla incluida en el Anexo III del documento Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos con una tabla de guía para la incorporación de datos al estudio, de una manera ordenada y con toda la información necesaria para establecer estudios de calidad.

Información necesaria	¿Adecuada? SI/NO	Información disponible ¹	Adecuación información ²
Inventario			
Listado de especies de Aves			
Distribución y abundancia de aves reproductoras ³			
Abundancia y fenología de aves en paso			
Distribución y abundancia de aves invernantes ⁴			
Colonias y/o dormitorio de aves (especies, tamaño, localización)			
Concentraciones de aves migratorias en áreas de descanso			
Concentraciones de aves rapaces			
Concentraciones de aves limícolas			
Distribución y abundancia de especies con displays reproductivos aéreos			
Listado de especies de murciélagos			
Distribución y abundancia de murciélagos reproductoras			
Abundancia y fenología de murciélagos en paso			
Colonias y refugios de murciélagos (sp, tamaño, localización)			
Uso del espacio			
Selección del hábitat de las especies a considerar ⁵			
Uso del espacio aéreo en el entorno de los aerogeneradores ⁶			
Uso nocturno del espacio en el entorno de los aerogeneradores ⁷			
Corredores de vuelo de aves migratorias			
Hábitat			
Estado de conservación del hábitat ⁸			
Relación entre la especie y el hábitat (Abundancia y distribución de cada una)			
Cantidad de cada hábitat que será destruida o alterada			
Dormideros			
Mapas de vegetación de detalle			
Características topográficas especiales			
ZEPAS			
LIC			
IBA			
ZIM			

Información necesaria	¿Adecuada? SI/NO	Información disponible ¹	Adecuación información ²
Datos meteorológicos			
Velocidad y Dirección del viento			
Número de días con baja visibilidad			
Uso Humano			
Cantidad y tipo de presencia humana en distintas épocas			
Otros			
Estado de conservación de las especies presentes			
Estado de protección de las especies presentes			
Listado de especies susceptibles de colisionar con aerogeneradores			
Listado de especies susceptibles de colisionar con tendidos eléctricos.			
Factores que puedan atraer a las aves a la zona ⁹			

Tabla 1. Tabla de evaluación de la información existente, así como de su calidad

1. En esta columna debe detallarse la información recabada.
2. En esta columna se debe justificar si la información obtenida es la adecuada para poder evaluar el impacto.
3. Salvo en estudios de impacto ambiental de parques eólicos con muy pocos aerogeneradores y que se emplacen en zonas de poco valor ornitológico, se deben realizar unos censos cuantitativos para estimar la abundancia o relativa abundancia de las aves reproductoras en la zona. Estos censos deberán ser de más envergadura cuanto mayor sea la superficie afectada, cuanto mayor sea el parque eólico propuesto, y cuanto más complejo sea el hábitat presente en la zona a prospectar (por ejemplo, zonas forestales son más complejas de censar que zonas agrícolas).
4. Estos muestreos se realizarán prospectando la zona de estudio, por ejemplo, con transectos estandarizados que recorran los hábitats claves de la zona, con una frecuencia suficiente que dependa de la avifauna del lugar y deberán analizar el uso del hábitat que realicen las aves, así como los factores que pueden atraer a las aves a esa zona (como por ejemplo fuentes de comida), así como si es probable que estos factores varíen de un año a otro. Estos censos deben realizarse de una manera estándar para que se puedan repetir y así analizar cómo ha cambiado el uso de las aves en respuesta a la instalación de aerogeneradores.
5. Las especies de aves y murciélagos a considerar serán aquellas catalogadas como Vulnerable, Sensibles a la Alteración de su Hábitat y En Peligro en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas, así como las especies de aves del Anexo I de la Directiva de Aves, las de murciélagos de los anexos II y IV de la Directiva de Hábitats y las especies de aves y murciélagos catalogadas como Vulnerables, En Peligro y En Peligro Crítico en los Libros Rojos.
6. Altura de vuelo, dirección, abundancia de las aves y mapas de trayectorias en las zonas de implantación de los parques eólicos en mapas 1:25.000.
7. Mediante radares móviles o cámaras térmicas.
8. Se debe evaluar si la zona afectada directamente por la construcción del proyecto afecta a hábitat de potencial valor para las aves, y si es así cuanto y que tipo de hábitat es afectado. Para ello se debe realizar un mapa de los hábitats naturales en el área afectada donde se muestre la probabilidad de estos a ser afectados.
9. Se debe analizar si hay factores que puedan atraer a las aves a la zona donde se proyecta realizar el parque eólico especialmente en las migraciones nocturnas tal es el caso, por ejemplo, de estructuras iluminadas.

Para que un proyecto se evalúe de manera completa no solo hay que detectar la fauna viva si no también llevar un seguimiento sobre el impacto que tiene el parque en los años de funcionamiento, ya que éste será una fuente determinante de datos a recabar, aunque hay que ser cuidadoso y constante puesto que las alimañas pueden acabar con las pruebas, es por eso por lo que se determina un método a seguir para tratar de recopilar la mejor información.

2.2.2 Métodos de evaluación del medio terrestre en fase de explotación

La mortalidad directa en parques eólicos, en su mayoría, está vinculada a colisiones o electrocuciones con aerogeneradores, torres meteorológicas y líneas eléctricas. Esta incidencia está influenciada por diversos factores, como la biología de las especies afectadas, su densidad y comportamiento, la topografía del terreno, la climatología y el diseño de la instalación [5]. Por lo tanto, es esencial recopilar datos confiables que permitan identificar las variables que influyen en la mortalidad de un parque eólico y detectar configuraciones peligrosas de aerogeneradores, lo que puede requerir modificaciones, reubicaciones o incluso la suspensión definitiva.

Se proponen directrices para llevar a cabo el seguimiento de la mortalidad directa de aves y quirópteros en parques eólicos en funcionamiento. Este protocolo se estructura detallando las metodologías para la energía eólica terrestre y marina, así como para cada una de las infraestructuras causantes de impacto que componen un parque eólico, como aerogeneradores, torres meteorológicas y líneas eléctricas aéreas de evacuación.

Consideraciones para un seguimiento del impacto de los parques eólicos:

1. La unidad de muestreo es el aerogenerador.

2. El área de prospección deberá ser como mínimo un 10 % mayor que el diámetro del rotor, y podrá adaptarse a las características del terreno y la vegetación cuando dificulten excesivamente la búsqueda.
3. Durante los tres primeros años se deben revisar todos los aerogeneradores de un parque como mínimo una vez cada 15 días. De forma general, durante el cuarto año y sucesivos, en las centrales con menos de 20 aerogeneradores se llevarán a cabo prospecciones mensuales de todas sus máquinas, en centrales que tengan 20-40 aerogeneradores se prospectará el 50% mensual, y en centrales con un número de turbinas mayor de 40 se seleccionará el 30% del total que también serán prospectadas una vez al mes.
4. Las búsquedas deberán llevarse a cabo por observadores expertos o/y entrenados previamente al inicio del plan de vigilancia. Se deberán realizar ensayos de detección de cadáveres sobre el terreno utilizando señuelos de diferentes tamaños y coloraciones.
5. 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).
6. Las incidencias detectadas fuera de los momentos de búsqueda deben registrarse y considerarse por separado.
7. Es recomendable conocer la mortalidad natural de la zona de estudio previamente al inicio del plan de vigilancia, que deberá restarse a la mortalidad final observada. Para ello, pueden llevarse a cabo prospecciones de cadáveres en el entorno inmediato a la ubicación de los aerogeneradores monitorizados, pero fuera de su zona de influencia (~500 m). Estas búsquedas se realizarán en los mismos hábitats existentes en el parque eólico y mediante las técnicas descritas.

2.3 Investigación de los estudios que identifican las especies, su comportamiento de vuelo, la dirección y la altura con diversas formas de conteo por observaciones visuales

Durante la vida de un proyecto de energía eólica, desde la planificación hasta el desmantelamiento o repotenciación hay que evaluar continuamente el entorno y realizar estudios de impacto para comprobar que no se daña al medio ambiente, hasta ahora se viene haciendo el conteo de manera manual, pues es el especialista el que a través de la observación toma unas muestras de una zona en un momento específico, y son con estos datos con los que se puede empezar a trabajar.

Por lo tanto, hay diferentes métodos de conteo que se han detectado en esta investigación y de los cuales vamos a nombrar los más usuales y determinaremos el que se puede adaptar más al dispositivo a desarrollar en el transcurso del proyecto, como se ha mencionado antes, los datos a recabar para las zonas son diversos, en función del tipo de observación a realizar, desde el punto de observación o de control, la especie, el número de individuos, la fecha, hora de contacto y climatología, trayectoria de vuelo, tipo de vuelo, distancia estimada del ave a la base de los aerogeneradores proyectados, etc.

Para esto es muy importante contar con equipos de alta precisión óptica como binoculares, monóculos y cámaras con lentes de largo alcance. Existen especies de aves de difícil observación mediante binoculares ya que las mismas son muy sigilosas, tienen colores crípticos o se encuentran en hábitats de rastrojos y marañas de vegetación que impiden su visualización práctica

Es por eso por lo que existen varios tipos para tener una variabilidad de los datos recogidos como se muestran a continuación:

2.3.1 Conteo por Puntos

El conteo por puntos implica que el observador se ubique en un punto fijo y registre todas las aves que oye o ve desde ese punto durante un período determinado. Este método es particularmente útil para estimar la abundancia y densidad de aves en un área específica.

- Efectividad en áreas densamente vegetadas: donde es difícil ver grandes distancias.
- Minimiza la perturbación: ya que el observador permanece en un solo lugar.
- Permite estimar densidades y abundancias relativas de aves con precisión en áreas pequeñas.
- Efectivo en hábitats densos donde el movimiento es restringido.
- Proporciona un método consistente que es comparativo entre diferentes estudios y temporadas.
- Podrían ser sustituidos por dispositivos tecnológicos.

2.3.2 Conteo por Transectos Lineales

Los conteos por transectos lineales requieren que el observador camine a lo largo de una línea recta y registre todas las aves detectadas a una distancia específica de la línea. Este método es útil para cubrir áreas más grandes y proporciona datos útiles sobre la distribución de las especies a lo largo de gradientes ambientales. Sus ventajas incluyen:

- Cobertura de mayor área: permite muestrear un volumen más grande de hábitat y puede ser más representativo de áreas grandes.
- Datos sobre la distribución: útil para estudios de uso de hábitat y patrones de distribución espacial.
- Flexibilidad en el muestreo: puede adaptarse a diferentes tamaños y formas de parcelas de estudio.
- Proporciona una buena cobertura del área de estudio.

2.3.3 Conteo por Área de Búsqueda

Este método implica buscar activamente aves en un área definida durante un tiempo determinado. Es útil para detectar especies en hábitats específicos y para registrar comportamientos particulares como alimentación o nidificación.

- Ideal para detectar especies raras o en hábitats específicos.
- Permite el registro de comportamientos específicos y el uso del hábitat.
- Flexible en términos de tamaño y forma del área muestreada.
- Este tipo de técnica es utilizada por Seo Birdlife en sus programas para realizar observación en cuadrícula UTM de 10 × 10 km a través de una metodología a seguir. [7]

2.3.4 Conteo de Nidos

Específico para estudiar la reproducción y el éxito de nidificación. Los observadores buscan nidos activos y registran datos sobre el éxito de eclosión, supervivencia de los polluelos.

- Proporciona datos directos sobre el éxito reproductivo y la supervivencia de los polluelos.
- Útil para estudios de impacto ambiental y conservación.
- Permite estimaciones de la productividad de las aves.

2.3.5 Conteo de Aves Migratorias

Este conteo se realiza en puntos específicos conocidos por ser rutas de migración de aves. Los observadores cuentan las aves que pasan por un punto fijo durante la temporada de migración. Este método es vital para estudiar patrones de migración y cambios poblacionales.

- Permite estudiar los patrones de migración y sus cambios a lo largo del tiempo.
- Esencial para el monitoreo de la salud de las poblaciones de aves migratorias.
- Ayuda en la conservación y manejo de las rutas migratorias.

Los métodos varían en términos de cobertura espacial, precisión en la detección de especies, y la capacidad para registrar comportamientos específicos o datos demográficos. Los conteos por puntos y transectos son excelentes para muestrear en áreas específicas, los conteos de nidos proporcionan datos vitales sobre la reproducción, y los métodos por áreas pueden ofrecer datos continuos y de largo plazo si hay una toma de datos constante. La elección del método adecuado depende del objetivo del estudio, el hábitat, y las especies de interés.

Después de evaluar los diferentes métodos, el que podría ser sustituido por un dispositivo como una cámara es el conteo por puntos, puesto que se realiza de un punto fijo y observa a una distancia determinada sin moverse, se podrían diseñar dispositivos móviles, pero sería imposible que éste se controlara de manera autónoma, que es la ventaja que tiene una herramienta como la que se pretende diseñar.

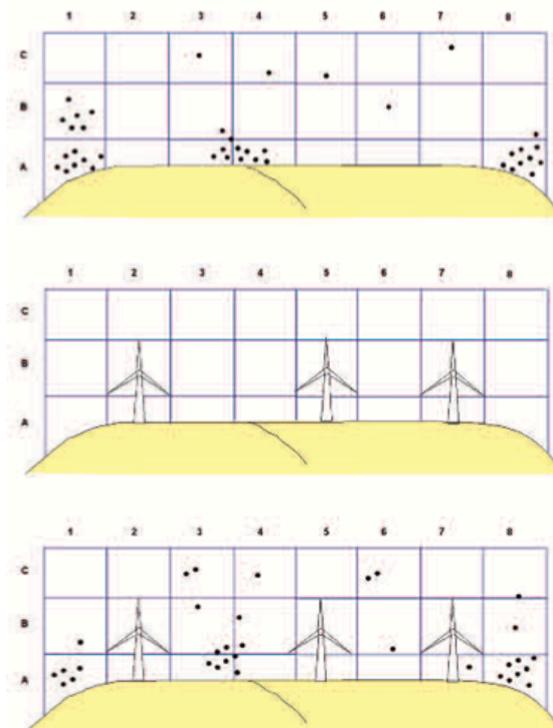


Fig.5. Esquema de usos aéreos por parte de las aves y selección de la ubicación de aerogeneradores. (Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos 3.0)

En la Fig.5. se muestra un esquema de información relevante a obtener para realizar un buen conteo, se puede establecer cubos aéreos en los que determinar el número de aves que los usan y así poder definir las mejores ubicaciones para los aerogeneradores. Para ello, se pueden usar fotografías realizadas desde los puntos fijos de censo a los que se les aplica un mallado. De esta forma se pueden definir aquellos pasillos más utilizados. Los cubos aéreos tienen que definir zonas bajo las aspas, a la altura de las aspas y por encima de ellas. Las observaciones en el campo deben ser estacionales y abarcar todas las condiciones de viento existentes en la zona y que determinarán usos diferentes por parte de las aves. El número de muestras debe ser el adecuado para llevar a cabo los análisis estadísticos.

Ésta es una de aplicaciones a investigar en la futura herramienta, puesto que se pueden hacer zonas y a través de una cámara y tratar de diferenciar número de aves en cada zona a lo largo de un determinado, estas características han sido pensadas de cara a implementar nuevas estrategias para recopilar datos, ya que se prevé la utilización de una cámara 360 ° con amplio zoom que puede programarse para que evalúe diferentes zonas cada cierto tiempo. Sin necesidad de buscar especies concretas puede resultar útil para hacer una evaluación de la población en las zonas de estudio.

2.4 Investigación y análisis de los estudios que identifican las aves mediante diversas tecnologías para detectar la actividad nocturna y las tecnologías de seguimiento

En una evaluación adecuada de cada área de estudio de localizaciones de parques eólicos se recomienda, como se pudo ver en la Tabla 1, es necesario realizar estudios de actividad de aves nocturnas y murciélagos, puesto que estas son otra de las perjudicadas con la instalación de aerogeneradores provocadas por atracción de luces e impactos, es por ello por lo que se buscan alternativas a la identificación visual para el estudio de poblaciones nocturnas,

Existen diversas tecnologías para identificar aves, algunas de ellas como imágenes infrarrojas y térmicas para detectar la actividad nocturna, tecnología de seguimiento como datos de radiotelemetría y seguimiento por satélite y el uso de radares.

2.4.1 Seguimiento actividad nocturna

Existe un programa de seguimiento de aves nocturnas que SEO/BirdLife desarrolla desde finales del siglo pasado (programa Noctua), y a lo largo de todo el periodo de muestreo de dicho programa, incluidos los muestreos de la primera visita correspondiente a diciembre-enero pues ya facilitan información de reproducción de algunas especies como búho real, cárabo, búho chico, etc.

Los radares meteorológicos y cámaras térmicas son herramientas fundamentales para el estudio de las aves nocturnas. Los radares detectan las aves migratorias al captar señales distintas a las del viento. Además, las cámaras térmicas registran la radiación infrarroja de las aves, lo que permite identificar su tipo y el patrón de su migración. Juntos, estos métodos ofrecen información valiosa sobre el movimiento y la distribución de las aves durante la noche.[8]

Cameras térmográficas

El uso de cámaras termográficas para estudios de fauna está cada vez más extendido. El contraste de temperatura entre los vertebrados terrestres y su entorno hace de estos dispositivos una herramienta realmente útil para detectar y cuantificar animales, especialmente cuando se trata de especies nocturnas y de hábitos esquivos.

Por ejemplo, para proteger al aguilucho cenizo, se propone utilizar drones equipados con cámaras térmicas y ordinarias. Este método permite localizar nidos en campos de cultivo sin molestar a las aves ni dañar los cultivos. Las imágenes captadas son analizadas mediante software de reconocimiento de imágenes para identificar y monitorizar los nidos durante la temporada de cosecha, evitando así daños por maquinaria agrícola. Este enfoque ofrece una solución respetuosa y menos invasiva para la conservación de esta especie vulnerable [9].

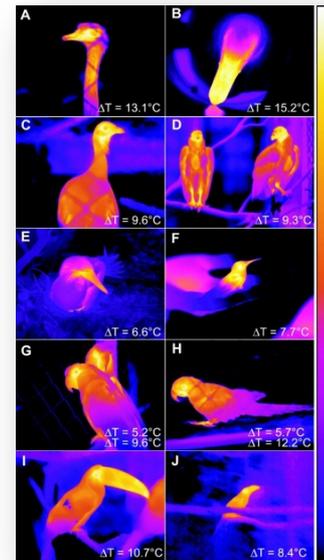


Fig.6. Imágenes de aves con visión térmica

<https://zoologik.naukas.com/2014/01/28/el-radiador-de-las-aves/>

En otro estudio, se investigó el uso de teledetección infrarroja para contar aves nocturnas, abordando las limitaciones del conteo directo. Se emplearon un escáner multispectral Daedalus 1268 y una cámara térmica FLIR en dormideros de Gaviota Reidora. La cámara FLIR demostró ser efectiva, proporcionando imágenes claras para el censo nocturno, mientras que el escáner Daedalus requirió más pruebas. Los resultados preliminares del censo en el Embalse de Santillana sugieren que estas tecnologías podrían ser prometedoras para el censo nocturno de aves en hábitats abiertos o acuáticos.[10]

Otro ejemplo es el uso de cámaras térmicas para los EIA como por ejemplo en el estudio de impacto ambiental revilla vallejera (Burgos)se utilizó una cámara térmica y de infrarrojos (Pulsar Helion XP38) para detectar pasos nocturnos.

Fototrampeo

Otra técnica muy utilizada es el fototrampeo, en el que se trata de colocar en lugares estratégicos pequeñas cámaras camufladas provistas de un sensor de movimiento y una antorcha led (infrarroja o negra) y que fotografía o graba pequeños clips de video, cuando detecta movimiento dentro de un radio específico de acción, suelen ser como mucho unos 20 metros de distancia. Al disponer de cámaras infrarrojas se pueden detectar aves nocturnas y programar a los dispositivos para que tomen imagen cuando se activen los sensores.

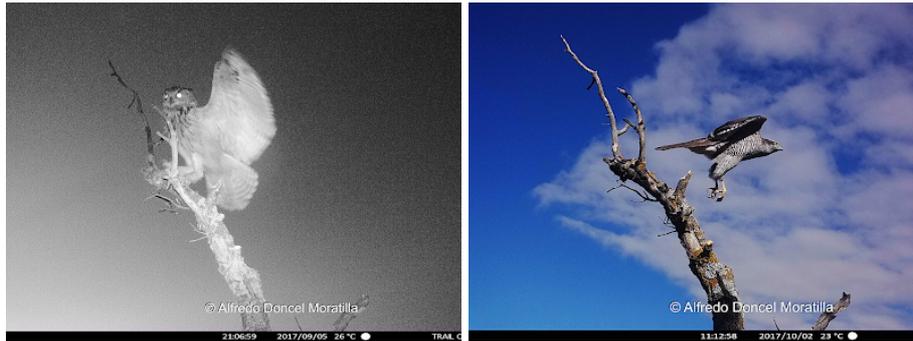


Fig.7. Imágenes de aves detectadas con cámara de fototrampeo
<https://bichosalfredodoncel.blogspot.com/2017/11/fototrampeo-de-aves.html>

Radars

Los radares meteorológicos y los sistemas especializados como MER son herramientas clave en el análisis y seguimiento de aves y murciélagos, especialmente en el contexto de evaluación del impacto ambiental para proyectos como la implantación de parques eólicos, solares, aeropuertos y vertederos.

El uso de radares meteorológicos ha demostrado ser una herramienta clave en la investigación de la migración nocturna de aves, especialmente en el estudio pionero realizado en el Golfo de Bizkaia. Este estudio, liderado por Nadja Weisshaupt, ha arrojado luz sobre patrones de migración previamente desconocidos, destacando que las aves migran tanto por mar como por tierra en primavera y preferentemente por tierra en otoño.

La utilización de radares meteorológicos ha permitido superar los desafíos asociados con la observación directa de la migración nocturna, como la limitada visibilidad nocturna y la necesidad de monitorear vastas áreas. Estos radares han sido capaces de detectar "firmas" biológicas en sus lecturas que, aunque problemáticas para los datos meteorológicos, han sido sumamente útiles para el estudio ornitológico. Weisshaupt destaca la relevancia de utilizar estas herramientas meteorológicas para fines biológicos. [11]

Durante el estudio, se trabajó con dos tipos de radares: un perfilador de viento de Euskalmet ubicado en Punta Galea, que registra las perturbaciones en las lecturas de viento causadas por bandadas de aves, y un radar de precipitación que, a pesar de su onda más corta, también detecta aves. No todos los radares son adecuados para tales estudios ornitológicos debido a los diferentes niveles de procesamiento de datos, pero se utilizó con éxito un algoritmo desarrollado por el Dr. Adriaan Dokter para extraer automáticamente datos ornitológicos de los radares meteorológicos.

El sistema MER se destaca por utilizar la tecnología de radar aviar más avanzada y está respaldado por un equipo de biólogos y ornitólogos experimentados. Su capacidad para detectar y rastrear las características únicas de comportamiento de aves y murciélagos permite la recopilación continua y automática de datos precisos. Estos datos son fundamentales para la toma de decisiones en proyectos, desde la planificación y aprobación hasta la gestión de riesgos [12].



Fig.8. Sistema MER

Con una automatización avanzada, el sistema MER puede funcionar de forma ininterrumpida, con acceso y control remotos a través de diferentes redes, lo que facilita su operación en condiciones adversas. Además, proporciona un registro detallado de datos para análisis posteriores, compatible con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y otras herramientas analíticas.

Estos sistemas de seguimiento independientes incluyen todo el hardware y software necesario para la monitorización efectiva de la fauna, con funciones adicionales como supresión de ecos e interferencias y registro de datos. Las configuraciones personalizables permiten la integración de sensores adicionales, ampliando las capacidades de monitoreo.

Bioacústica

Por otro lado, la bioacústica es una técnica que se utiliza para el estudio de la fauna silvestre, Esta técnica se basa en la grabación y análisis de los sonidos emitidos por los animales para identificar las especies y su comportamiento [13]., además es una técnica no invasiva y puede ser utilizada en áreas remotas o de difícil acceso.

Por otro lado, es más efectiva en áreas boscosas o con vegetación densa donde la visibilidad es limitada y para detectar la actividad nocturna.

Se considera que el método de detección a través de audio tiene potencial como método de monitoreo a largo plazo. El uso de grabadoras autónomas permite monitorear varios sitios en forma simultánea en ausencia de observadores. Además, los registros acústicos permiten la verificación de las especies por parte de expertos en caso de duda, minimizando así los falsos positivos. Recomendamos el uso del método de bioacústica al amanecer y durante la época reproductiva cuando las aves son más vocales, aumentando así las probabilidades de detección de especies.

2.4.2 Tecnologías de seguimiento

Existen diferentes métodos de seguimiento para la realización de EIA, como antes hemos mencionado anteriormente, La observación directa es la técnica de muestreo general para los estudios de aves. Aunque es suficiente para identificar el riesgo evidente, como nidos de grandes rapaces o áreas de reproducción de aves agro esteparias en el área de implantación o influencia del proyecto, pero no para detectar efectos en las poblaciones animales a largo plazo (por

ejemplo, el declive de población debido a pérdida de hábitat o mortalidad directa, o incluso por resultado de trampas ecológicas) se hace interesante otro tipo de métodos para detectar otros patrones e información relevante de ciertas especies. Para ello lo más usual ha sido el uso de radio telemetría [8] que utiliza frecuencias de radio únicas para localizar e identificar a un individuo marcado por radio. Se puede automatizar mediante un conjunto establecido de torres receptoras que registran automáticamente las señales de radio cuando pasa un ave. No obstante, la radio telemetría ha sido gradualmente desplazada por tecnologías más avanzadas y económicas, como los sistemas de posicionamiento global (GPS) y las comunicaciones móviles GSM.

Las mejoras tecnológicas han llevado a la ornitología a la era de los "big data", desde el anillado de aves que ha proporcionado información valiosa sobre diversos aspectos de la biología aviar hasta métodos de seguimiento remoto como transmisores de radio, transmisores satelitales y geolocalizadores que han revolucionado el estudio del movimiento animal [14].

El seguimiento de aves mediante anillado, sistemas GPS y telemetría es una práctica esencial en la ornitología moderna, proporcionando una comprensión profunda de los patrones migratorios, el comportamiento, la ecología y la conservación de las aves.[15]

Anillado

El anillado es una de las técnicas más antiguas y comunes para el seguimiento de aves. Implica colocar un anillo identificable en la pata de un ave, lo que permite a los investigadores rastrear sus movimientos, supervivencia y comportamiento reproductivo a lo largo del tiempo. Los anillos están marcados con un número de serie único y, a menudo, con información de contacto para que los datos puedan ser recopilados y compartidos entre ornitólogos de diferentes regiones. Esta técnica ha sido fundamental para identificar rutas migratorias y patrones de dispersión de las aves.

GPS-GSM

El seguimiento de aves mediante tecnología GPS-GSM permite rastrear los movimientos de aves de manera remota y en tiempo real, proporcionando datos precisos sobre sus patrones de migración, hábitos de alimentación, áreas de reproducción, entre otros aspectos relevantes para su estudio y protección.

Consta de dos componentes principales: un dispositivo GPS que registra la ubicación exacta del ave en todo momento, y un módulo GSM que transmite estos datos a una estación base o a una plataforma en línea.

El dispositivo GPS utiliza señales de satélite para determinar la posición geográfica del ave con una alta precisión. Estos dispositivos son diseñados para ser lo más ligeros y compactos posible, para no interferir con el comportamiento natural del ave. Además, su autonomía energética es crucial, ya que deben funcionar durante largos períodos sin necesidad de recarga.

El módulo GSM se encarga de transmitir los datos recopilados por el dispositivo GPS a través de la red celular. Esto permite que los investigadores reciban información en tiempo real sobre la ubicación y los movimientos de las aves, sin la necesidad de recapturar a los individuos para descargar los datos.



Fig.8. Marcado de buitres

El análisis de los datos recopilados proporciona información valiosa para la conservación de aves y la gestión de sus hábitats. Por ejemplo, permite identificar áreas críticas para la conservación, evaluar el impacto de las actividades humanas en las rutas migratorias, y entender cómo las aves responden a los cambios ambientales y climáticos.[16]

También se ha explorado el uso de dispositivos GPS en aves necrófagas como los buitres leonados permite monitorizar el cumplimiento de normativas ambientales en la gestión de carroñas. Los buitres, equipados con GPS, facilitan la localización de carroñas en grandes áreas, ayudando a evaluar si las prácticas actuales se alinean con las regulaciones que buscan conciliar la conservación de la biodiversidad y la salud pública. Este seguimiento proporciona datos cruciales para la gestión y conservación efectiva de la fauna y los ecosistemas. [17]

Radiotelemetría

La monitorización de especies mediante técnicas de telemetría remota facilita la recopilación continua y exhaustiva de datos, esenciales no solo para la determinación de áreas de nidificación, sino también para la caracterización imparcial del uso del hábitat, patrones de movilidad diurnos y estacionales, así como zonas de alimentación durante los periodos de reproducción e hibernación [16].

Adicionalmente, los dispositivos transmisores registran variables como la altitud y la velocidad de vuelo, información crucial para la evaluación de riesgos de colisión de avifauna con infraestructuras como aerogeneradores y líneas eléctricas aéreas. La metodología más efectiva integra la observación directa a través de recorridos y estaciones de monitoreo con el rastreo telemétrico de un conjunto representativo de especies susceptibles a impactos derivados del proyecto. Por ejemplo, en instalaciones solares, la avifauna esteparia se ve afectada por la pérdida de hábitat y la alta fidelidad a las zonas de reproducción; en parques eólicos, las aves rapaces de gran tamaño son particularmente vulnerables a la mortalidad por colisión.

La telemetría refiere a la recopilación de datos a distancia, comúnmente utilizando señales de radio (VHF) o satélites (como el sistema Argos) para rastrear el movimiento de las aves. Los transmisores de telemetría pueden proporcionar una variedad de información que va más allá de la ubicación, como la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y el comportamiento de vuelo. Los transmisores de radio VHF emiten señales que son detectadas por un receptor, permitiendo la localización de los individuos en el campo mediante técnicas de triangulación, observación y registro de coordenadas geográficas.

3 Conclusión

La integración de conocimientos legislativos y tecnologías avanzadas de monitoreo es fundamental en la conformación de una base sólida para el proyecto IA4Birds. La comprensión detallada de la legislación actual y las directrices para la conservación de aves y murciélagos brinda el marco necesario para el diseño de dispositivos automáticos de observación que se alinean con los requisitos de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) para tratar de mejorar las técnicas de obtención de datos permitiendo hacer estudios más exhaustivos minimizando el impacto.

Con la información recopilada a través de metodologías tanto tradicionales como innovadoras, el proyecto IA4Birds tiene como meta crear un dispositivo que optimice la recogida de datos sobre la avifauna de forma autónoma, precisa y continua. Este dispositivo no solo simplificará y mejorará la eficiencia del proceso de recopilación de datos, sino que también permitirá una detección más temprana y una respuesta más rápida a los impactos ambientales, principalmente pensado para parques eólicos pero exportable a otros proyectos de toma de datos o en plantaciones de energía solar, pues éstas también deben realizar seguimientos del Impacto producido por sus instalaciones.

La implementación de un dispositivo de observación automática propuesto por IA4Birds representa un avance significativo hacia la consecución de los objetivos planteados por los EIA. Este sistema permitirá llevar a cabo monitoreos a largo plazo, facilitando la obtención de series temporales de datos que serán fundamentales para evaluar el impacto real de los parques eólicos sobre las poblaciones de aves y quirópteros. Además, el análisis continuo de estos datos contribuirá a desarrollar estrategias de mitigación más efectivas y a mejorar las prácticas de conservación, en línea con las directivas y compromisos ambientales establecidos.

El compromiso de IA4Birds con la sostenibilidad y la protección ambiental resalta la importancia de la innovación tecnológica en el campo de la observación de aves y la gestión ambiental. Al proporcionar un método automatizado y sistemático de recolección de datos, el proyecto IA4Birds se trata de utilizar las últimas técnicas de monitoreo ambiental, reafirmando la necesidad de compatibilizar el desarrollo tecnológico con la conservación ecológica para un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

4 Referencias

- [1]. <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/repotenciacion-parques-eolicos>
- [2]. Instrucción 4/FYM/2020 de la Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal Contenidos mínimos de los estudios de EIA de instalaciones de energías renovables
- [3]. Atienza, Juan Carlos & Fierro, Isabel & Infante, Octavio & Valls, Julieta & Domínguez del Valle, Jon. (2011). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). PORTADA MOLINOS-3.0 (seo.org)
- [4]. <https://seo.org/planificacion-de-energias-renovables-responsables/>
- [5]. NWCC (National Wind Coordinating Committee). (2010). Wind turbine interactions with birds, bats, and their habitats: A summary of research results and priority questions. Washington, DC: NWCC.
- [6]. Villanueva-Rivera, L.J., Pijanowski, B.C., Doucette, J., & Pekin, B.K. (2011). A primer of acoustic analysis for landscape ecologists. *Landscape Ecology*, 26, 1233-1246.
- [7]. <https://atlasaves.seo.org/metodologia-general/>
- [8]. <https://www.aranzadi.eus/los-radares-meteorologicos-herramienta-clave-para-el-analisis-de-aves-migratorias>
- [9]. Lobo, J. L. C., Romero, A. C. M., Fernández, M. P., & García, F. J. M. (2017). Técnicas de procesamiento de imágenes aéreas con drones para el seguimiento de puestas del aguilucho cenizo en campos de cereal. In *Nuevos modelos de investigación y colaboración en Ingeniería Gráfica: actas del Congreso Internacional INGEGRAF* (pp. 191-195).
- [10]. CANTOS, F.J., JIMÉNEZ, M., FERNÁNDEZ-RENAY, A., GÓMEZ, J.A., DE JUAN, F., DE NIGUEL, E. y SANGLIER, G. 1999, Application of sensors and thermal cameras for the census of winter roosts of birds. *Ardeola* 46(2), 1999, 187-193
- [11]. Weisshaupt, Nadja & Koistinen, Jarmo & Lehtiniemi, Teemu. (2020). Combining citizen science and weather radar data to study large-scale bird movements. *Ibis*. 163. 10.1111/ibi.12906.
- [12]. <https://www.tek3000.com/radar-para-la-deteccion-de-aves/428-radar-mer-para-la-deteccion-de-aves.html>
- [13]. Villanueva-Rivera, L.J., Pijanowski, B.C., Doucette, J. et al. 2011 Un manual de análisis acústico para ecologistas paisajistas. *Landscape Ecol* 26, 1233–1246.
- [14]. Gallina, S. & C. López-González (editor). 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 pp.
- [15]. López-López, P. (2016). Individual-based tracking systems in ornithology: welcome to the era of big data. *Ardeola*, 63(1), 103-136.
- [16]. Bridge, Eli & Thorup, Kasper & Bowlin, Melissa & Chilson, Phillip & Diehl, Robert & Fléron, René & Hartl, Phillip & Kays, Roland & Kelly, Jeffrey & Robinson, Douglas & Wikelski, Martin. (2011). Technology on the Move: Recent and Forthcoming Innovations for Tracking Migratory Birds. *Bioscience*. 61. 689-698
- [17]. <https://appliedecologistsblog.com/2023/09/14/fauna-centinela-como-el-seguimiento-gps-de-especies-necrofagas-informa-el-cumplimiento-de-la-normativa-de-gestion-de-carronas/>
- [18]. Hidalgo-Mihart, M.G., y L. D. Olivera-Gómez. 2011. Radio telemetría de vida silvestre. P.p 178-218 in: *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna* (Gallina, S. y C. A. López-González, eds.). Instituto de Ecología A.C. y Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro,