

*Jornada formativa de desarrollo de proyectos de energía eólica  
“de Greenfield al acta de puesta en servicio”*

24 de abril de 2025



# EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROCESO CRÍTICO

Eladio L. García de la Morena

Doctor en Ecología y Medio Ambiente

Codirector de Biodiversity Node



[www.biodiversitynode.com](http://www.biodiversitynode.com)



## Cuestiones clave

1. Procedimiento para la elaboración del EIA
2. Propuestas de acciones mitigadoras
3. Experiencias en soluciones para evitar impactos en la avifauna y quirópteros
4. La evaluación de impacto ambiental en repotenciaciones





# Procedimiento para la elaboración del EIA

# Legislación ambiental PPEE

## Marco de evaluación de impacto ambiental en España para la energía eólica

### Directivas europeas:

- Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente (Directiva de Evaluación de Impacto Ambiental).
- Directiva (UE) 2023/2413 . Fomento de la energía procedente de fuentes renovables (Tramitación de Proyectos Eólicos en **Zonas de Aceleración de Energías Renovables**).  
Aprobación prevista mayo 2025

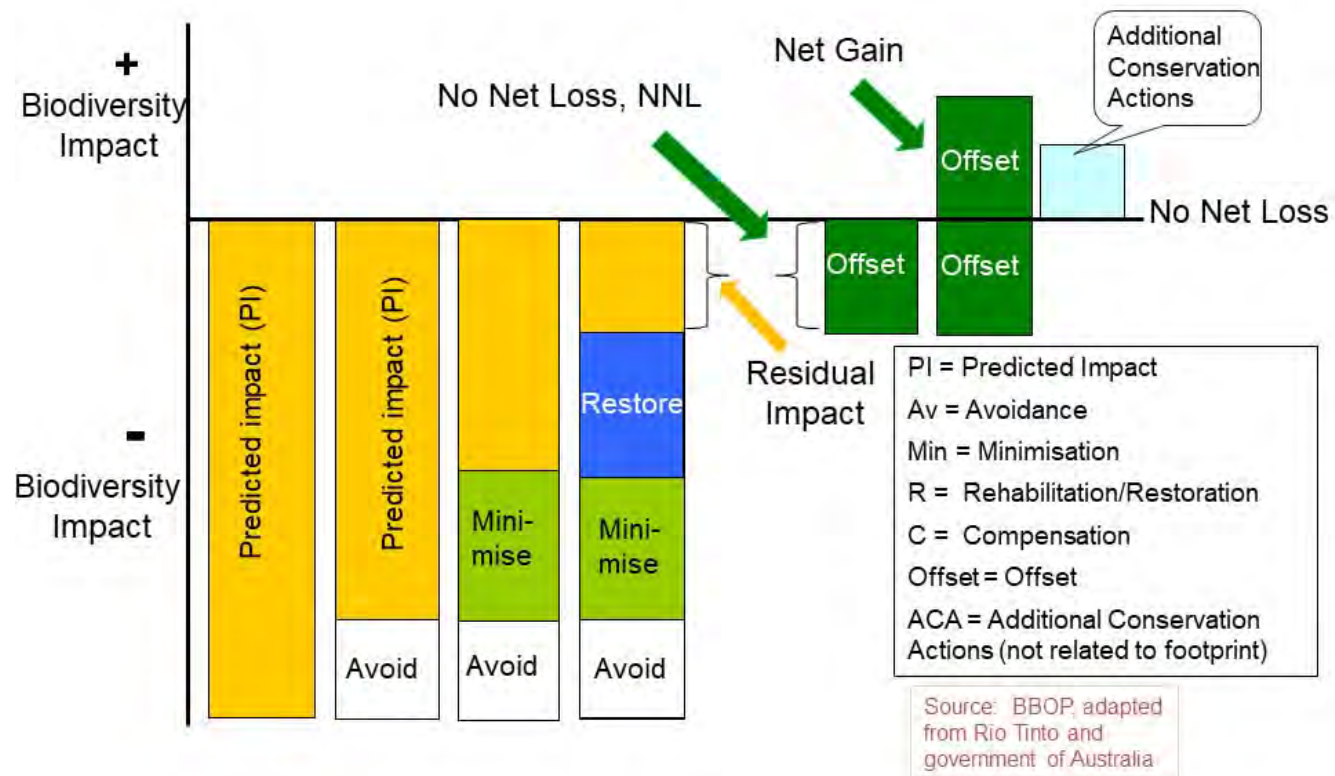
### Nacional:

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- 17 Leyes autonómicas para proyectos por debajo de umbrales específicos
  - Si **>50 MW**, requiere **competencia nacional** en materia de autorizaciones ambientales.
  - Si **<50 MW**, normalmente requiere **competencia autonómica**.

Tipo evaluación: Anexo I (ordinaria) Anexo II (simplificada)



## Jerarquía de la mitigación



## Principales impactos de los parques eólicos sobre la fauna

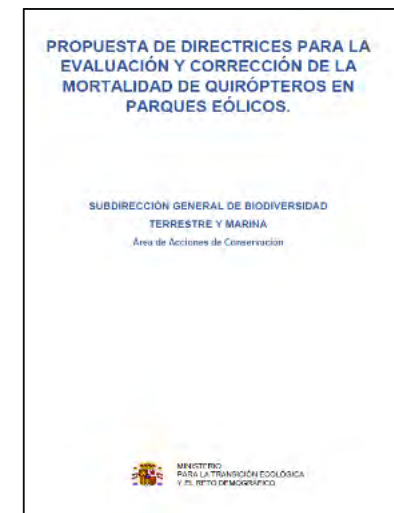
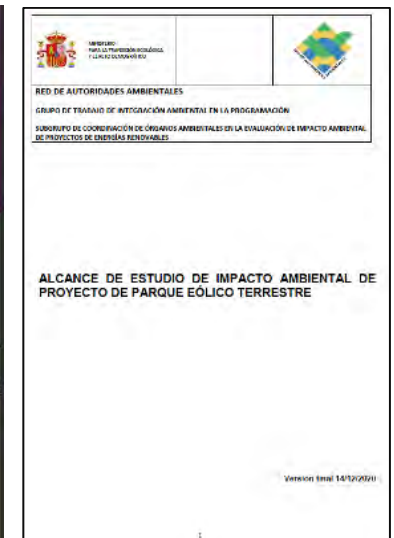
Hay 3 impactos principales sobre la fauna detectados a nivel mundial en el desarrollo de energía eólica:

- **Mortalidad:** directa por colisión (aves y quirópteros)
- **Alteración o pérdida de hábitat:** (directa o indirecta)
- **Efecto barrera:** al movimiento (fragmentación de hábitat – pérdida de conectividad)



## Alcance de los Estudios básicos de fauna en el marco de los EIA

- Los **estudios de línea base son obligatorios** en TODAS las evaluaciones ambientales de parques eólicos.
- Se han elaborado **directrices sobre la línea de base**:
  - ✓ SEO/BirdLife (2012) - aves y murciélagos
  - ✓ Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (2020)
  - ✓ Directrices autonómicas (Castilla y León (2020), Castilla-La Mancha (2021), etc.
  - ✓ SECEMU (2021) – murciélagos
- Los **requisitos** (esfuerzo de los estudios de campo, parámetros a analizar) **más exigentes en los últimos 5 años**.
  - ✓ Revisión bibliográfica
  - ✓ Estudio de campo
    - Distribución, abundancia y fenología
    - Comportamiento y sobrevuelo
  - ✓ Identificación de Hábitats y Focos de Atracción
  - ✓ Zonas de relevancia para las aves
  - ✓ Impactos específicos del proyecto
    - Afección a zonas de interés para las aves
    - Análisis de riesgo de colisión



# Estudio de impacto y medidas de mitigación en Aves



**01.**

**Principales impactos y metodologías  
más relevantes para analizarlo**

**02.**

**Medidas de mitigación disponibles**



**01.**

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos

### 01.1. Impactos más relevantes de los Parques Eólicos



Foto: Fundación Migres



## 1. Mortalidad de aves en PE

### Características de mortalidad (general) - (Thaxter et al. 2017) Aves:

- Asociación de hábitat (tierras de cultivo, urbanas y pastizales)
- Dieta y forrajeo (invertebrados y carroña)
- Especies migratorias (distancias de dispersión intermedias de 25-100 km)

Alto riesgo en sitios de agregación, como cuellos de botella migratorios o cerca de colonias de reproducción, vertederos...



## 1. Mortalidad de aves en PE

### Mortalidad: Condiciones locales

También es muy importante al determinar **especies de alto riesgo** y tasas de mortalidad:

- Lugares de nidificación y áreas núcleo en territorios de aves
- Áreas de dispersión de juveniles
- Dormideros y rutas de migración local
- Focos de atracción (vertederos, plantas de tratamiento de aguas residuales, humedales, muladares...)

**LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE Y LA PLANIFICACIÓN DE LOS PARQUES EÓLICOS DEBEN CONSIDERAR TODA LA INFORMACIÓN ANTERIOR**



# 1. Mortalidad de aves en PE



## Mortalidad en Castilla y León



Article

### Flight Type and Seasonal Movements Are Important Predictors for Avian Collisions in Wind Farms

Alfonso Balmori-de la Puente <sup>†,‡</sup> and Alfonso Balmori <sup>\*✉</sup>

Species	Group	Seasonal Movement Type	Flight Type	Spanish Population	Number of Collisions	Predicted Values (n)	Riesgo relativo (%)
<i>Falco tinnunculus</i>	Bird of prey	Partial migration	Hovering	27.500	128	128,0	100%
<i>Gyps fulvus</i>	Bird of prey	Partial migration	Passive soaring	8074	1901	117,8	92%
<i>Aegypius monachus</i>	Bird of prey	Sedentary	Passive soaring	1100	3	48,4	38%
<i>Alauda arvensis</i>	Passerine	Partial migration	Songflights	4.000.000	103	32,1	25%
<i>Lullula arborea</i>	Passerine	Partial migration	Songflights	900.000	46	27,1	21%
<i>Buteo buteo</i>	Bird of prey	Partial migration	Active soaring	5250	81	19,8	15%
<i>Milvus milvus</i>	Bird of prey	Partial migration	Active soaring	3700	99	19,0	15%
<i>Neophron percnopterus</i>	Bird of prey	Partial migration	Active soaring	1350	6	16,9	13%
<i>Melanocorypha calandra</i>	Passerine	Sedentary	Songflights	2.200.000	19	15,5	12%
<i>Circus aeruginosus</i>	Bird of prey	Partial migration	Active soaring	500	2	15,1	12%
<i>Galerida theklae</i>	Passerine	Sedentary	Songflights	1.500.000	6	14,8	12%
<i>Circus cyaneus</i>	Bird of prey	Partial migration	Active soaring	350	2	14,5	11%
<i>Galerida cristata</i>	Passerine	Sedentary	Songflights	700.000	5	13,6	11%



## 2.- Alteración o pérdida de hábitat

- **Pérdida directa** (turbinas eólicas, plataformas, pistas acceso, postes de transmisión) → escala **local**
- **Efectos indirectos** (evitación por estructuras altas, ruido, luces...) → escala **local** y del **paisaje**

### Ejemplos de efectos demostrados:

- Desplazamiento de áreas de alimentación o anidación
- Cambios de comportamiento
- Cambios en la tasa de depredación (incremento de depredadores generalistas)

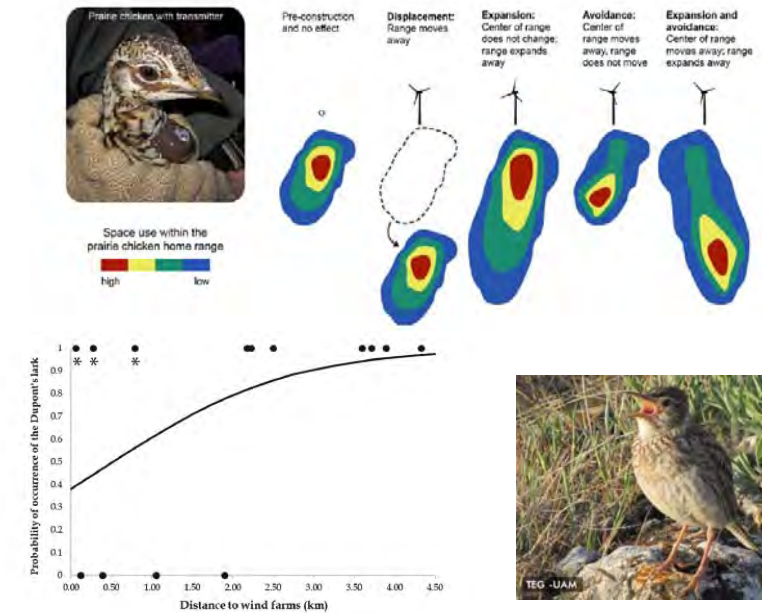
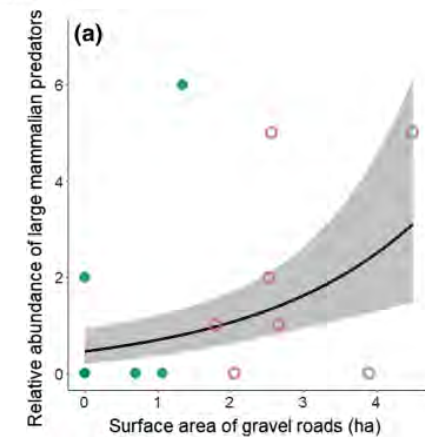


Figure 5.3. Effect of the distance to wind farms on the probability of occurrence of Dupont's lark in 2016. Observed values for the 14 populations (black dots) and predicted values by the model (black line) are shown. The three remaining populations in the presence of wind farms are marked with asterisk (\*): "Estero de Medinaceli," "Sierra Ministra" and "Miño-Medinaceli" (see Table 5.1 for population changes in 2008–2016).

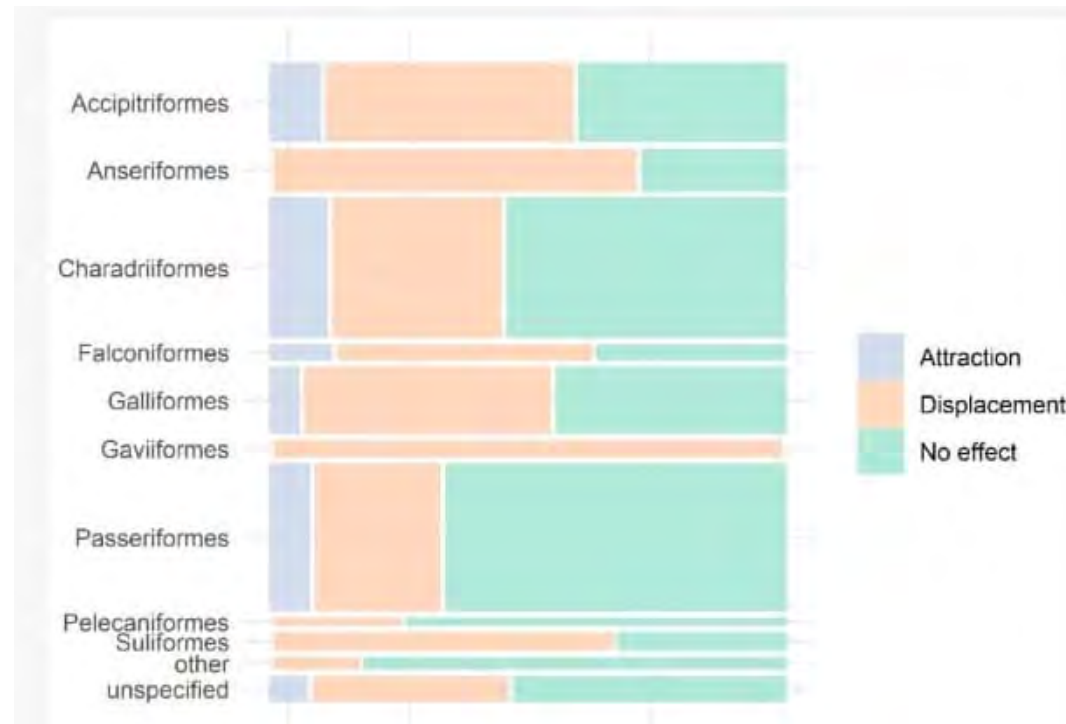


(Gómez-Catasus *et al.* 2018)



### 3.- Efecto barrera al movimiento: desplazamiento de rutas

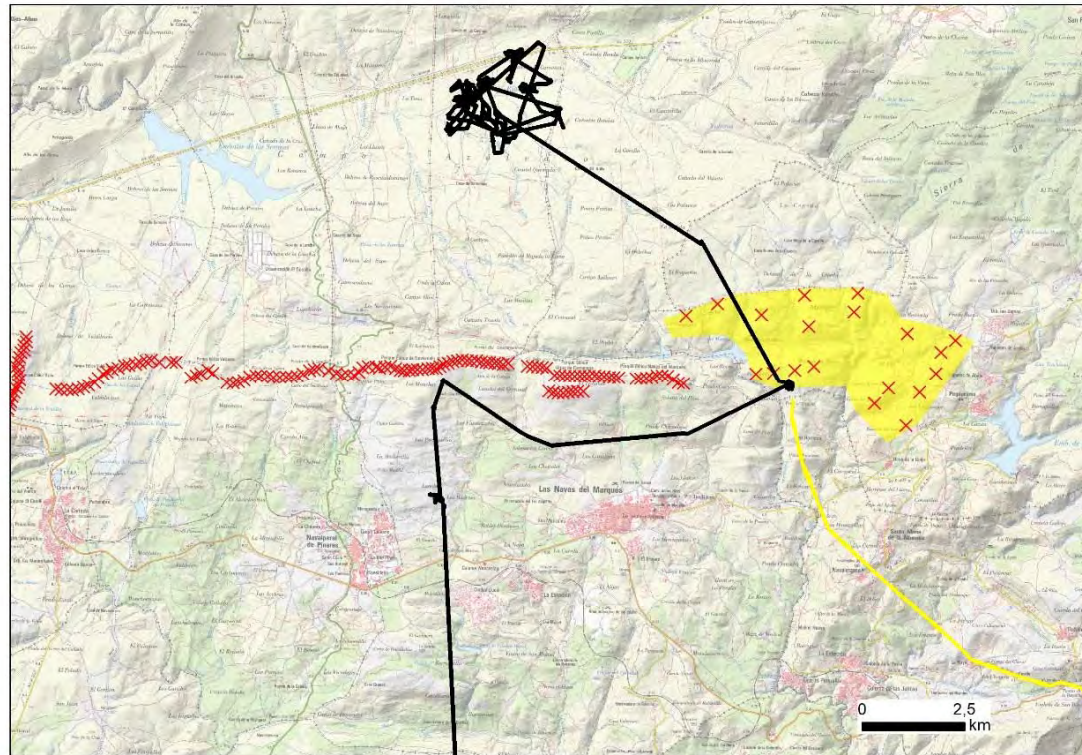
*Bird displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for future studies (Marques et al, 2021)*



Relative frequency of trials (n=286) reporting attraction, displacement or no effects of wind turbines on bird space use or abundance, per birds' group. The bar width represents the number of experimental trials performed per each birds' groups.



### 3.- Efecto barrera al movimiento: desplazamiento de rutas



Sisón equipado con GPS migrando desde el sur de España hasta sus terrenos de verano en el centro de España mostró un claro desplazamiento en su ruta al enfrentarse a un parque eólico existente (datos no publicados).



**01.**

**Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos**

## **METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS DE MITIGACION**



## Fase de planificación y selección de alternativas (Evitación)

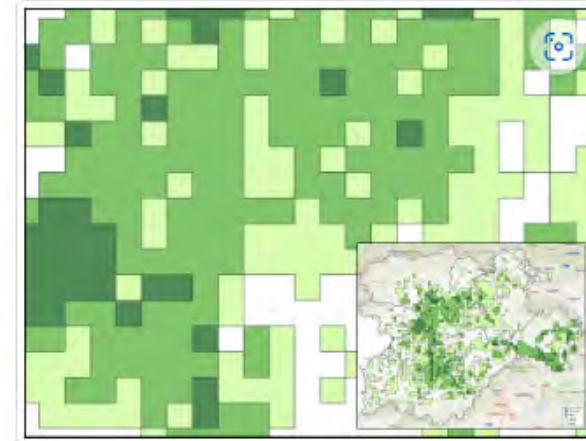
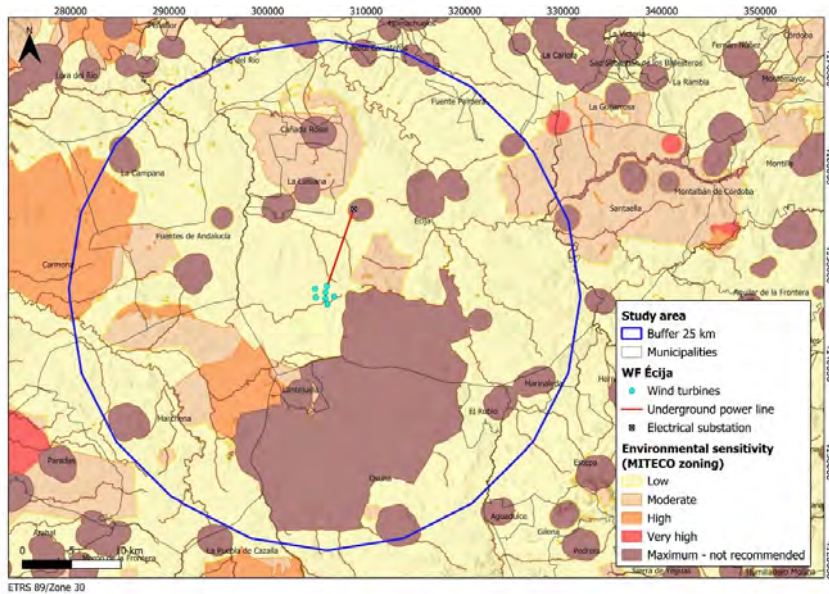
- Análisis de **prefactibilidad** – **Documento de Inicio**
  - Especies clave,
  - Áreas protegidas
  - Rutas de migración
  - Hábitats y focos de atracción
- Propuesta realista de alternativas
- Mejor momento para la definición de estudios de línea base (generales y específicos)



# Fase de planificación y selección de alternativas (Evitación)

## Mapas sensibilidad y cartografía de planificación

- MITECO
- CCAA
- ONGs (SEO/BirdLife)



Eólica

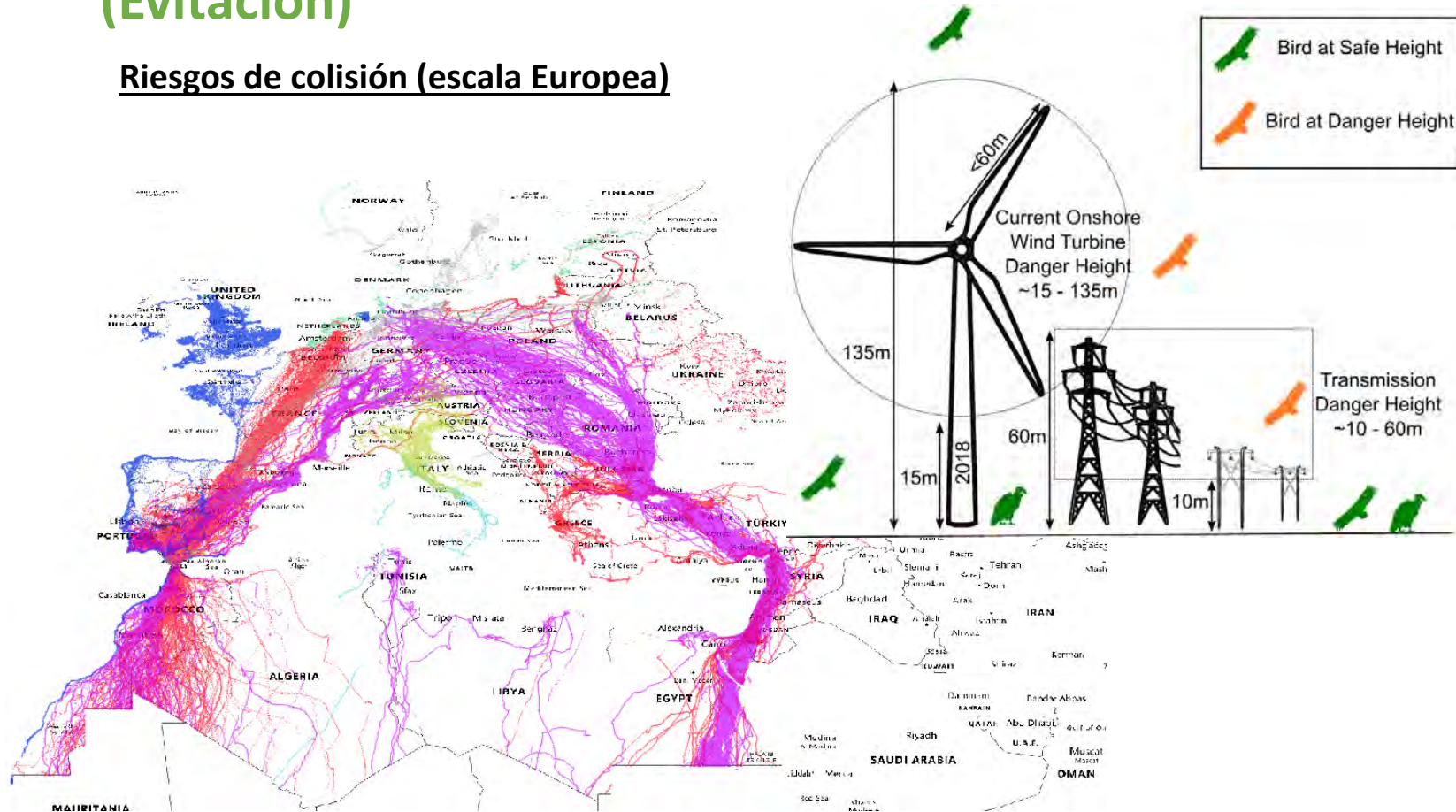


Índice de sensibilidad ambiental del área de estudio. La línea azul delimita el límite de análisis de 25 km alrededor del proyecto



# Fase de planificación y selección de alternativas (Evitación)

## Riesgos de colisión (escala Europea)

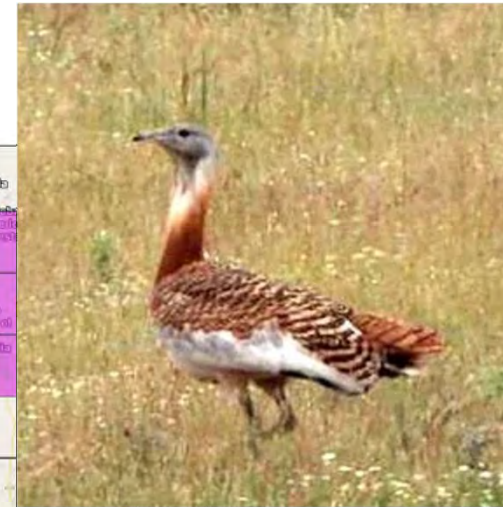
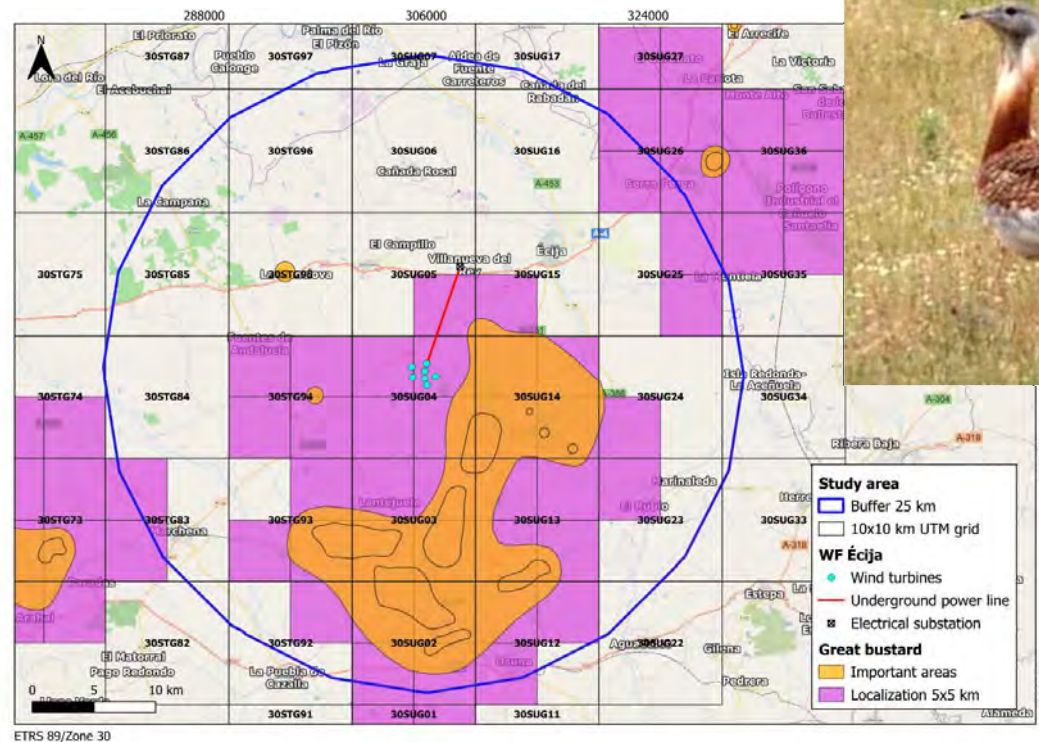


Gauld, Jethro G., João P. Silva, Philip W. Atkinson, Paul Record, Marta Acácio, Volen Arkumarev, Julio Blas, et al. «Hotspots in the Grid: Avian Sensitivity and Vulnerability to Collision Risk from Energy Infrastructure Interactions in Europe and North Africa». *Journal of Applied Ecology* 59, n.º 6 (2022): 1496-1512. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14160>.



# Fase de planificación y selección de alternativas (Evitación)

## Datos específicos (Revisión bibliográfica)



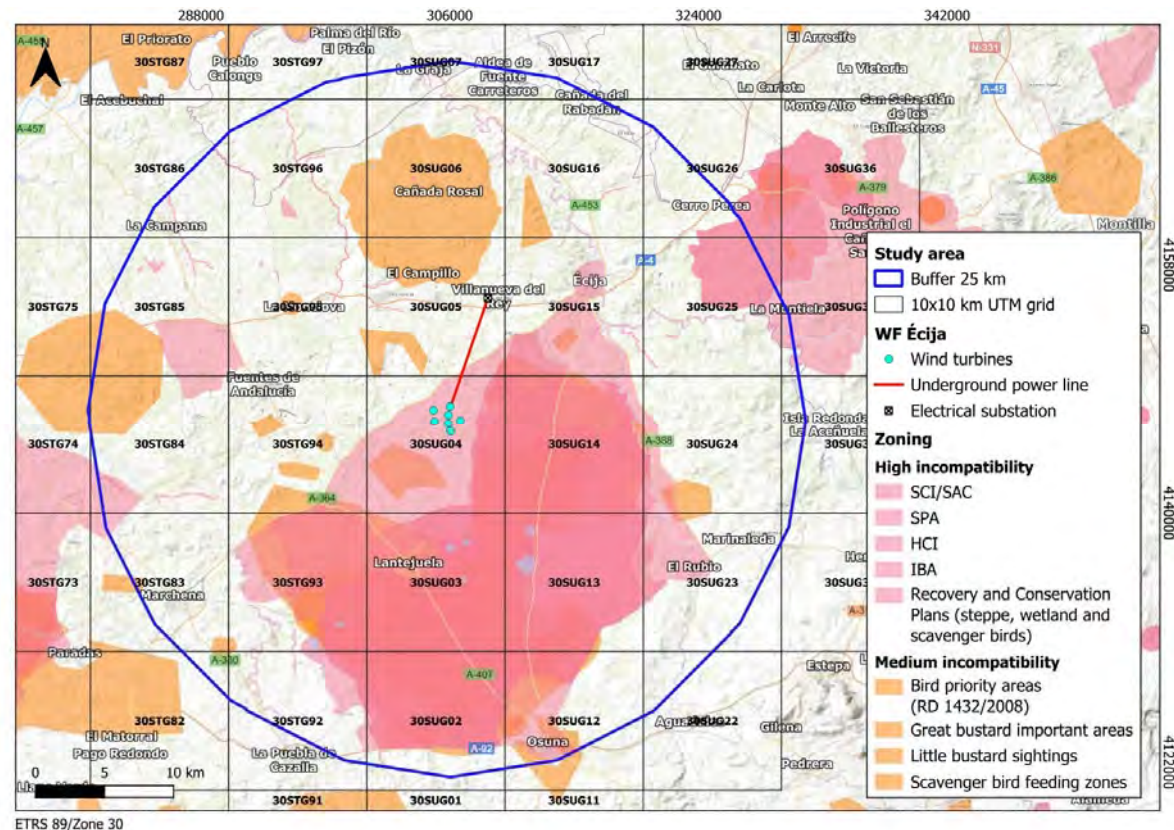
25 – 50 km  
según especies

*Important areas and localization of great bustard (Otis tarda) sightings within the study area through 5x5 km UTM grids. Source: Own elaboration based on data from the Environmental Information Network of Andalusia (REDIAM). (Source: Biodiversity Node, 2023)*



# Fase de planificación y selección de alternativas (Evitación)

## Datos específicos (Revisión bibliográfica)



*Zoning by environmental compatibility adding all collected information (Source: Biodiversity Node, 2023).*



# Estudio de detalle: avifauna

## Directrices – MITECO (2020) y CCAA

1. Revisión bibliográfica
2. Estudio de campo
  - Distribución, abundancia y **fenología**
  - Comportamiento y **sobrevuelo**
3. Identificación de Hábitats y **Focos** de Atracción
4. Zonas de relevancia para las aves
5. Impactos específicos del proyecto
  - Afección a zonas de interés para las aves
  - Análisis de riesgo de colisión



## Estudio de detalle: avifauna

### Revisión Bibliográfica

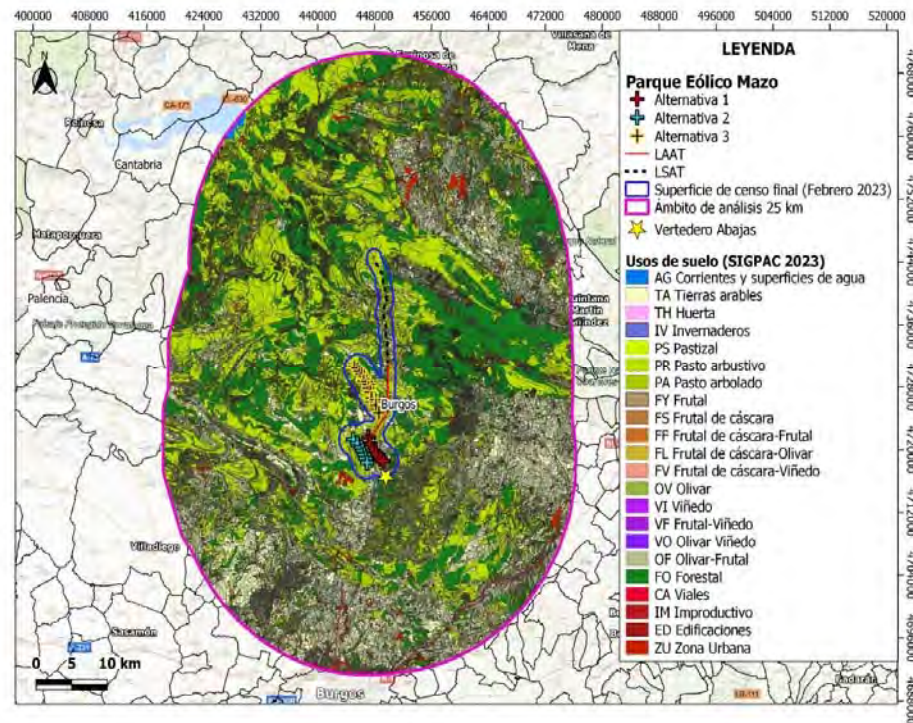
- Se debe realizar una **revisión exhaustiva** de la literatura sobre los quirópteros en las áreas de interés y adyacentes.
- Utilizar datos del **Inventario Español de Especies Terrestres** (10 x 10 km) → Ojo, desactualizado
- También otras fuentes: **GBIF, eBird, (SEO/BirdLife)**, al menos para especies de interés.
- Realizar **consultas a expertos y revisión de estudios regionales** para obtener una comprensión completa del contexto local y regional.



# Estudio de detalle: avifauna

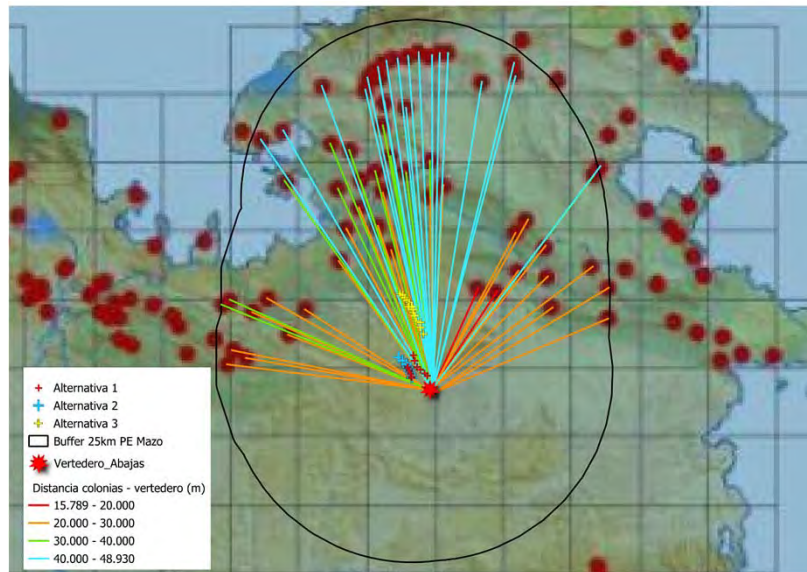
## Identificación de Hábitats

- Cartografía de hábitats o usos del suelo: general
- Modelos de Idoneidad del hábitat:
  - Para grupos o especies en particular.
  - Permite **modelizar corredores** y movimientos.



# Estudio de detalle: avifauna

## Estudio de focos de atracción de aves



- **Identificación de:**

- Vertederos.
- Puntos de vertido de ganado muerto.
- Dormideros relevantes.
- Puntos de concentración de aves por aparición de explosiones de recursos tróficos momentáneos.
- Cualquier otro foco de atracción de avifauna que pueda existir (p.e. humedales).

- **Ámbito:** 5-10 km.

- **Metodología:**

- Encuestas
- Trabajo de campo (al menos 2 visitas estacionales)
- Geolocalización y caracterización

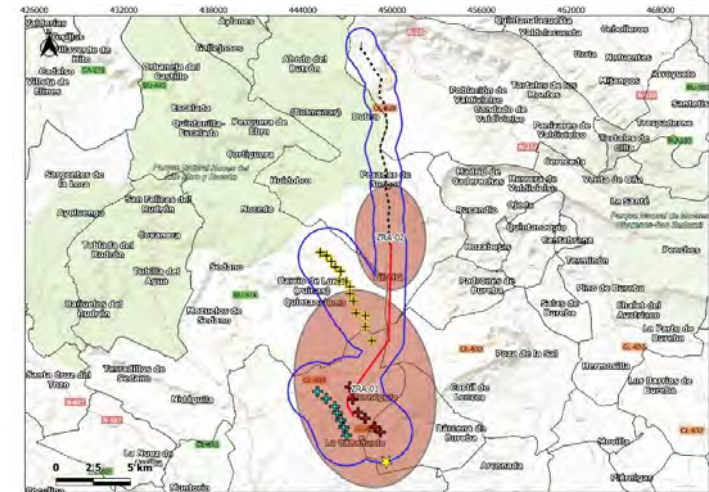
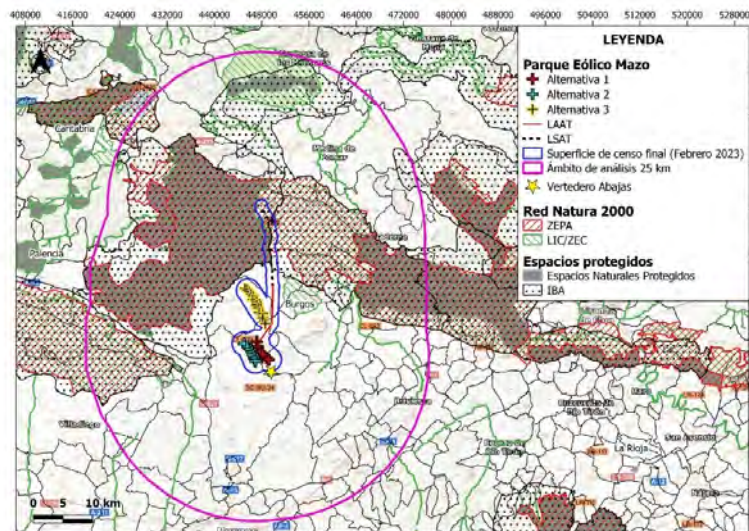


# Estudio de detalle: avifauna

## Evaluación de impactos específicos del proyecto

- Afección a zonas de importancia para las aves:

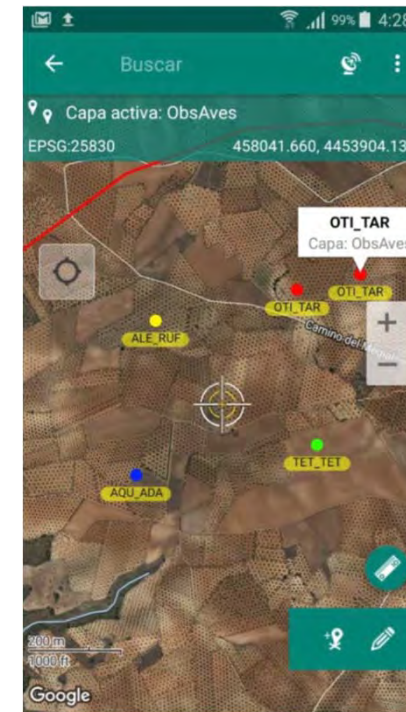
- ZEPAs
- Planes de protección de especies amenazadas
- Zonas de Relevancia para las aves (ZRAs)



# Estudio de detalle: avifauna

## Censos aves

- **Herramientas:**
  - **Recorridos en vehículo** (mapeo): aves medianas y grandes
  - **Estaciones de censo diurnas:** todas las especies
  - **Estaciones de censo nocturnas:** rapaces nocturnas y crepusculares (NOCTUA)
- **Esquema de Muestreo:**
  - Cobertura completa del ámbito de estudio.
- **Ubicación y Frecuencia:**
  - Recorridos completos
  - Estaciones estratificadas
  - Frecuencia al menos **quincenal**
- **Diversificación de Muestreos:**
  - Registro sistemático de **vuelos y alturas de riesgo (20-200m)**
  - Técnicas complementarias (NOCMIC, grabadoras acústicas, cámaras visión nocturna, Radar...).
  - Muestreos específicos (p.e., alondra ricotí)

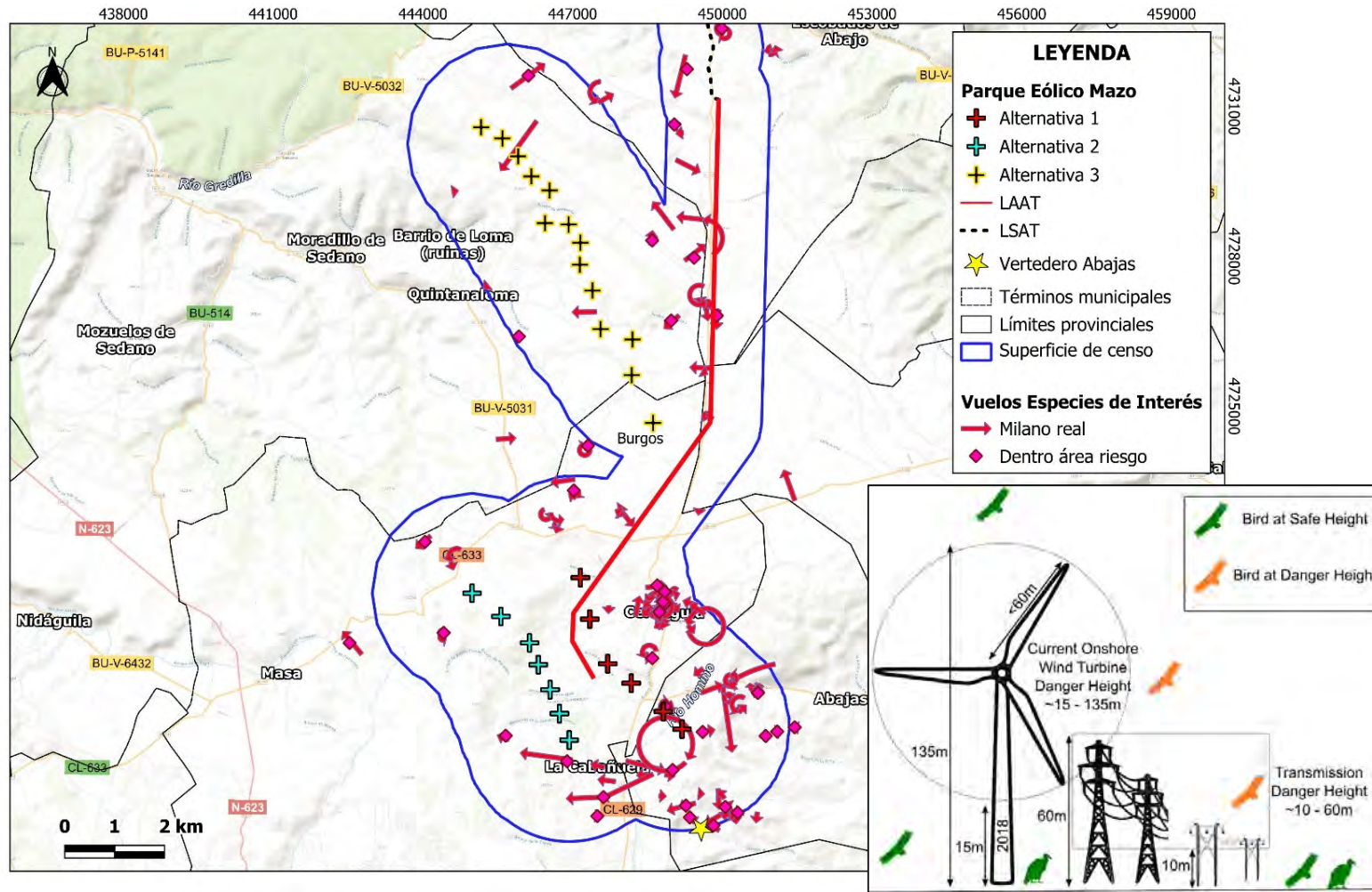


## Censos aves: ÁREAS DE CAMPEO



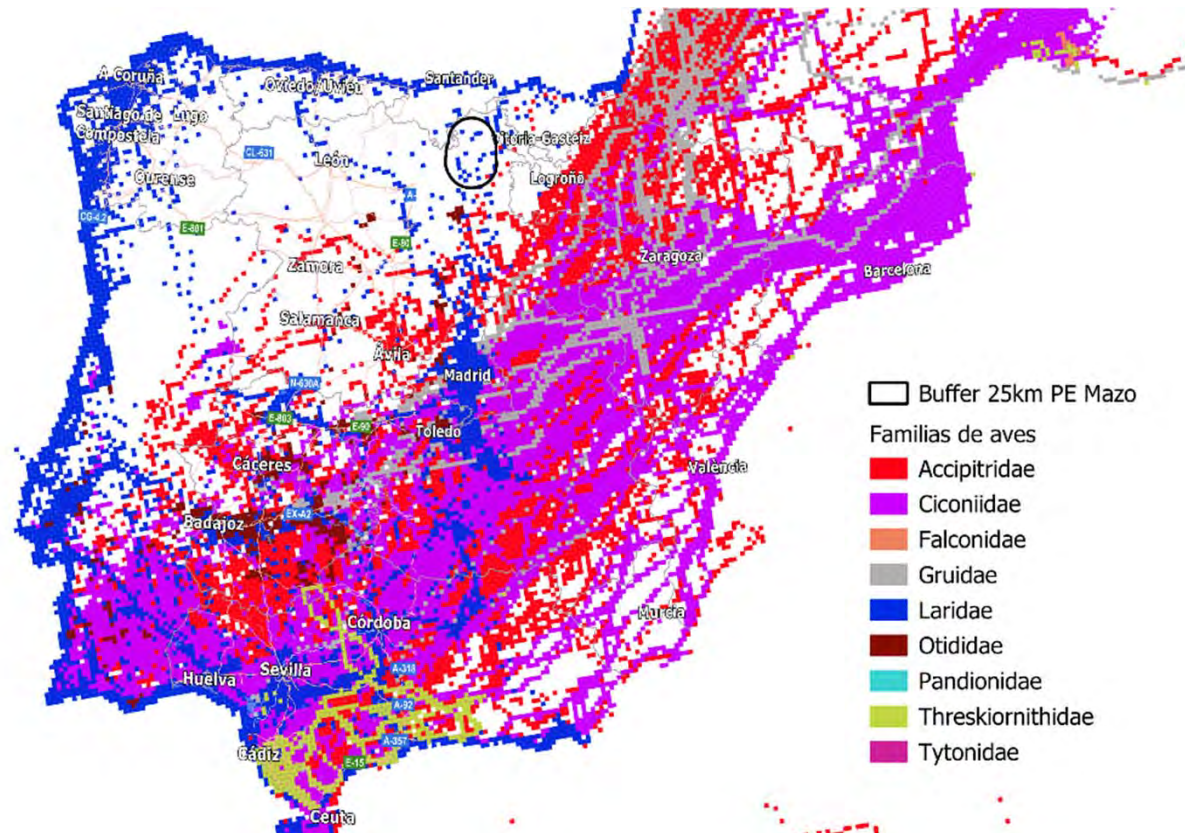
# Estudio de detalle: avifauna

## Censos aves: ANÁLISIS DE VUELOS (alturas y direcciones)



# Análisis de riesgo de colisión

## Riesgos de colisión (escala nacional)

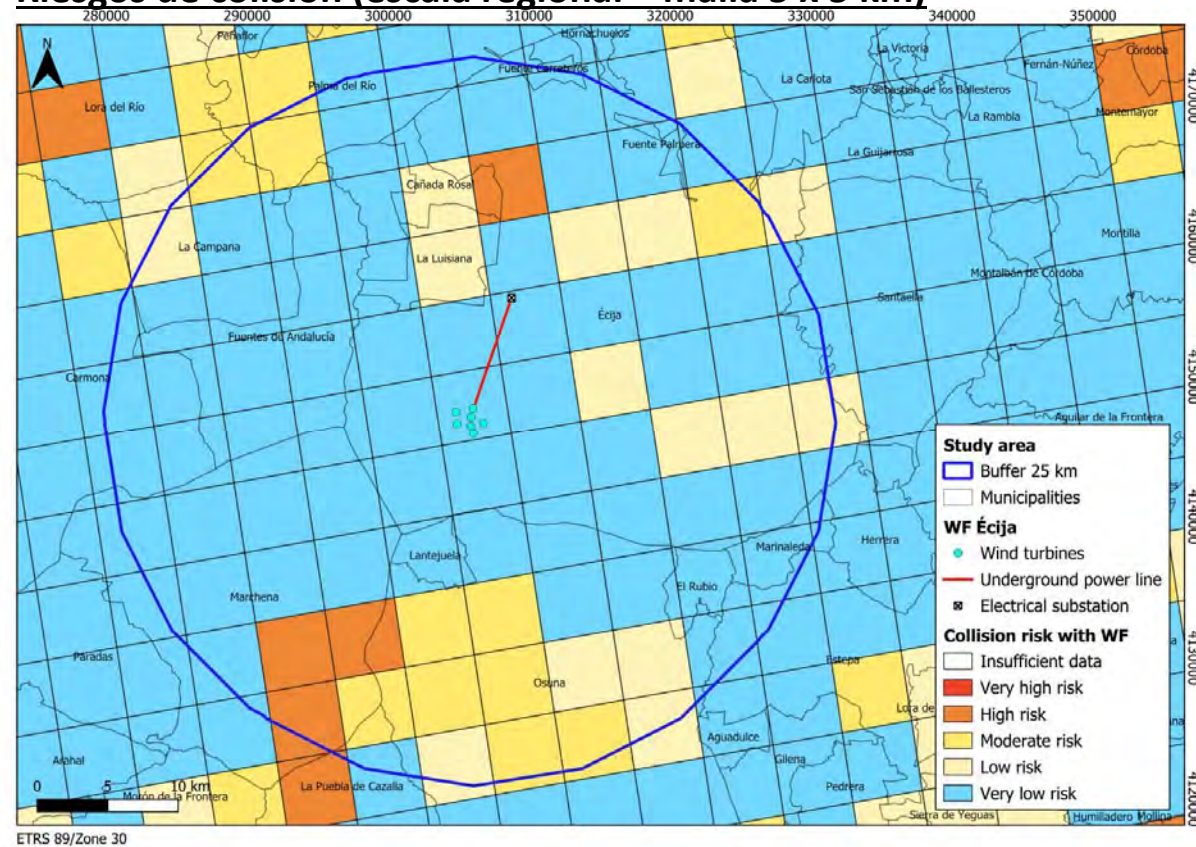


Risk zones of bird collision with power lines and wind turbines at the scale of the Iberian Peninsula, North Africa, and Southern Europe. The blue line delineates the 25 km analysis area around the project (Source: Gauld et al., 2022).



# Análisis de riesgo de colisión

## Riesgos de colisión (escala regional – malla 5 x 5 km)

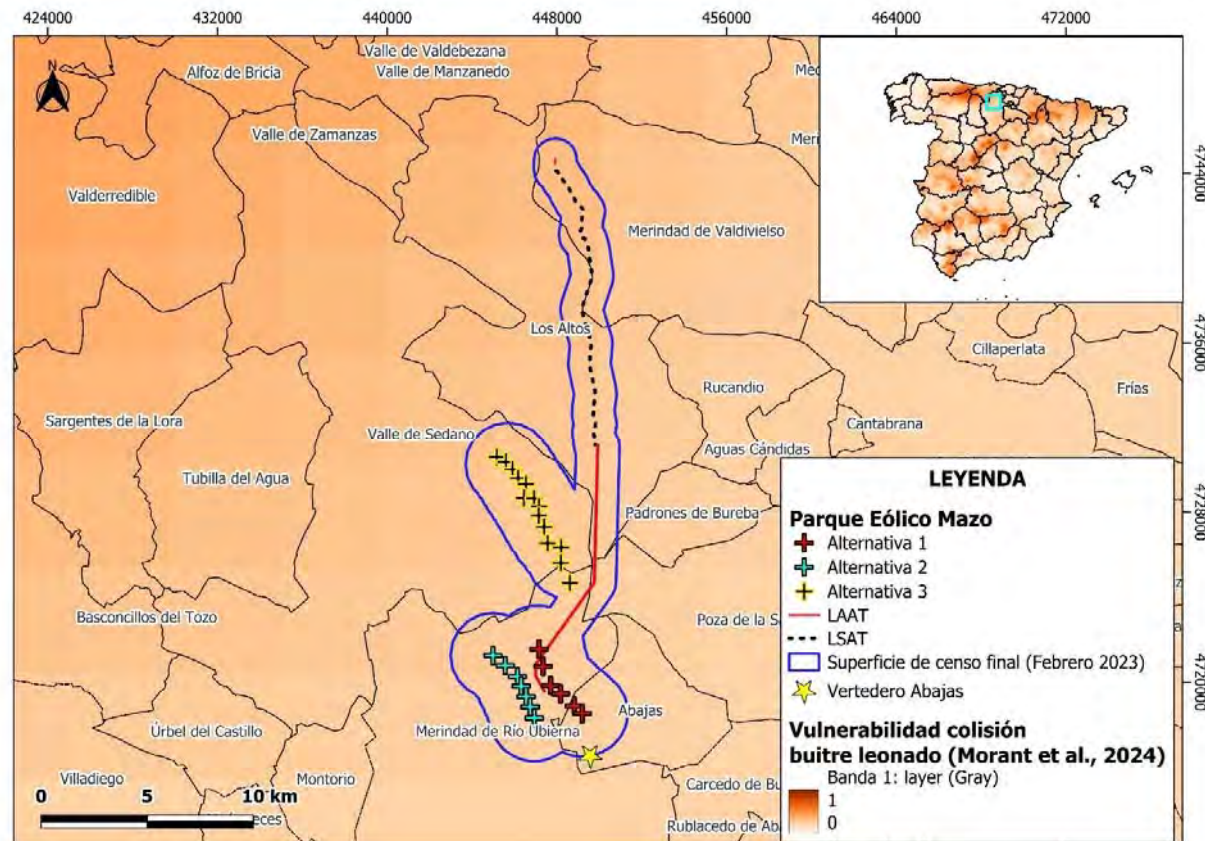


Detail of the **bird collision risk zones** with power lines and wind turbines within the study area. The blue line delineates the 25 km analysis area around the project (Source: Gauld et al., 2022).



# Análisis de riesgo de colisión

## Riesgos de colisión Modelos específicos (Buitre leonado)



*Riesgo de colisión de ejemplares juveniles de buitre leonado con infraestructuras aéreas en el ámbito de censo del parque eólico, según el estudio de Morant et al., 2024*



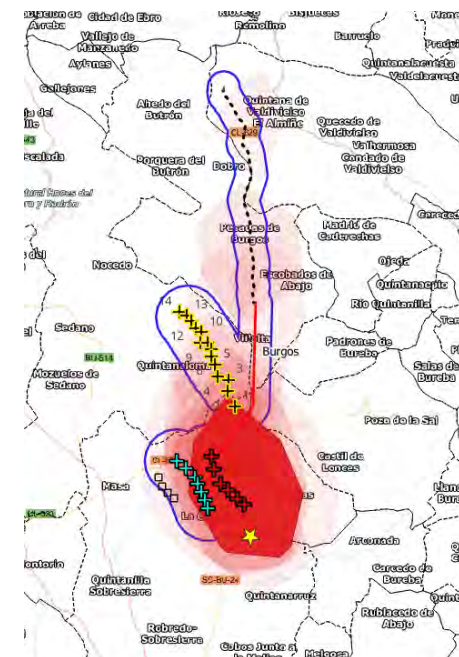
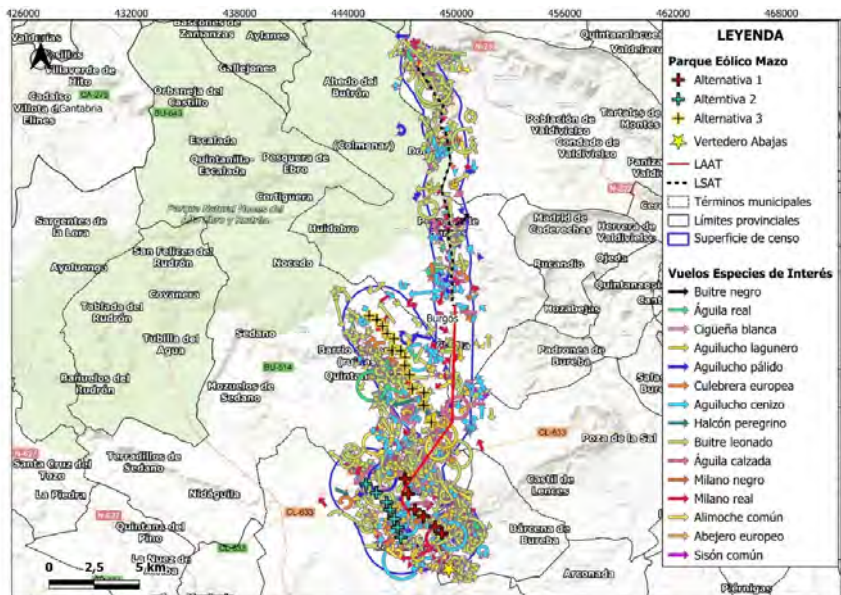
# Estudio de detalle: avifauna

## Evaluación de impactos específicos del proyecto

- **Análisis de riesgo de colisión**

- (ESCALA LOCAL)

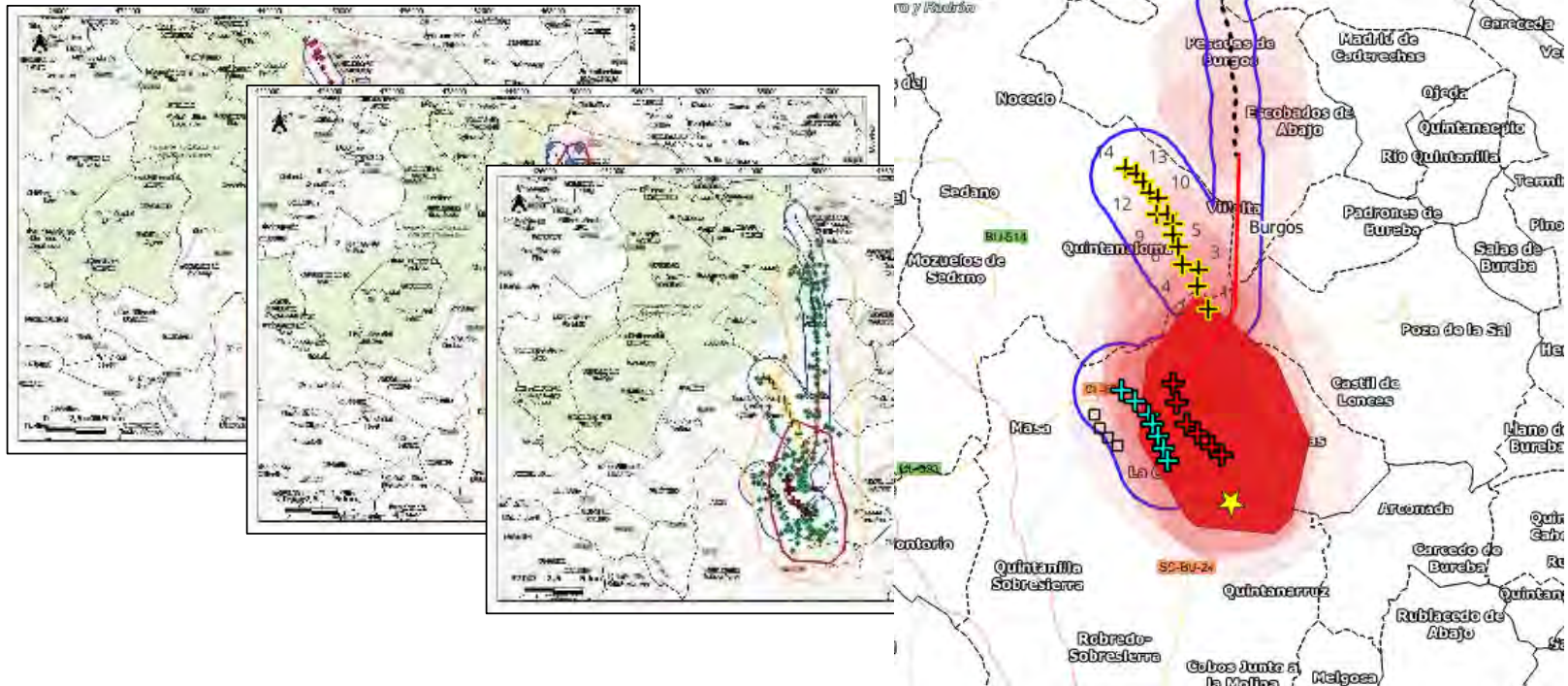
- Análisis de las trayectorias de vuelo
- Análisis de áreas de campeo (Kérnel)
- Datos de mortalidad de parques eólicos del entorno



# Estudio de detalle: avifauna

## Evaluación de impactos específicos del proyecto

- **Análisis de riesgo de colisión**
  - (ESCALA LOCAL)
    - Análisis de áreas de campeo (Kérnel)



## Estudio de detalle: avifauna

### Evaluación de impactos específicos del proyecto

- **Análisis de riesgo de colisión**
  - (ESCALA LOCAL)
    - Datos previos de mortalidad de parques eólicos del entorno
    - REPOTENCIACIONES



# Estudio de detalle: avifauna

## Caso especial: Repotenciaciones

### Objetivos del estudio:

- Optimizar la ubicación de turbinas mediante datos históricos ambientales (PVA 20 años).

- Reducir riesgos de colisión para aves.

### Metodología:

- Análisis de:

- Mortalidad (status legal especies).

- Observaciones de aves con índice específico de riesgo de colisión.

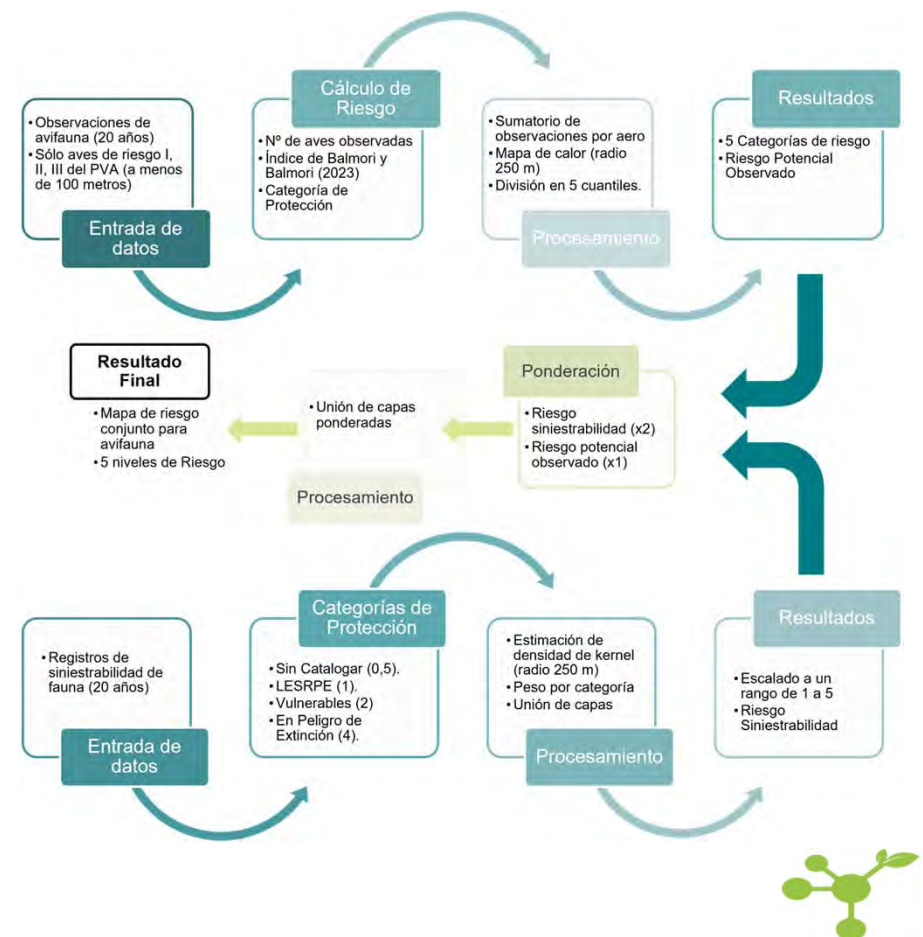
- Mapas de riesgo generados mediante **Kernel ponderado** (2:1 mortalidad vs. observaciones).

### Resultados clave:

- Las áreas de alto riesgo se concentran en grupos específicos de turbinas existentes.

- Nueva configuración evita zonas de riesgo alto o muy alto, manteniendo eficiencia energética.

- Incertidumbres en riesgos debido a la mayor altura de los nuevos rotores (30-185m vs. monitoreo actual de 20-80m).



## Estudio de detalle: avifauna

### Caso especial: REPOTENCIACIONES



Parque eólico 49,9 MW: 59 aerós de 800kW → 10 aerós de 4,5 MW



## Estudio de detalle: avifauna

### Caso especial: REPOTENCIACIONES

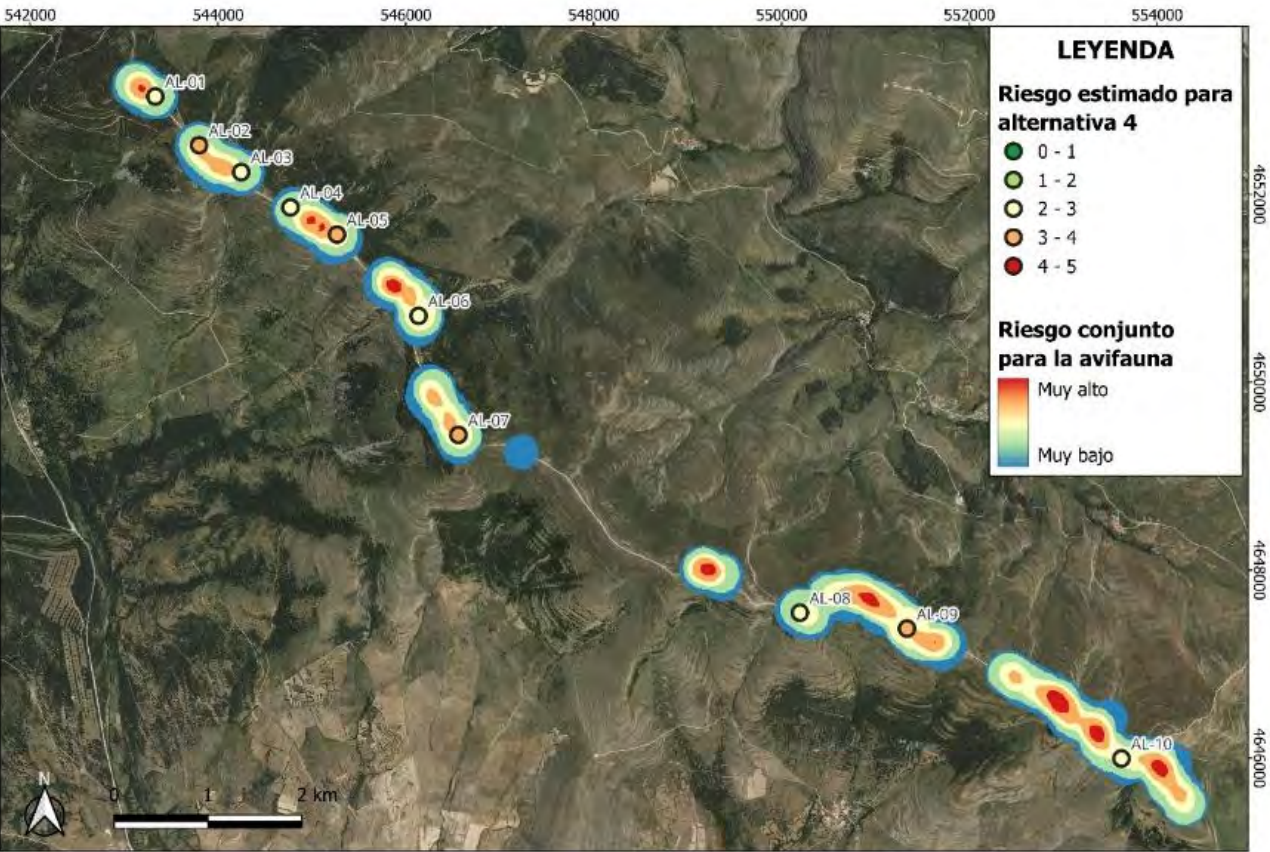


Mortalidad acumulada ESPECIES AMENAZADAS (20 años de PVA)



# Estudio de detalle: avifauna

## Marcaje y seguimiento de aves: Repotenciaciones



Aerogenerador	Alt 0	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5
1	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	ND
2	4.7	3.3	3.3	3.3	3.2	3.7
3	3.0	4.2	3.0	3.0	2.6	3.0
4	3.0	3.8	3.6	3.6	2.1	4.7
5	4.0	3.6	4.4	3.7	3.2	3.0
6	4.0	4.4	3.9	2.3	3.0	2.0
7	4.0	3.9	4.0	4.7	3.2	2.5
8	2.5	4.0	3.7	3.0	3.0	4.3
9	2.5	3.9	3.5	3.7	3.2	3.7
10	4.0				3.0	3.0
11	4.3					
12 <sup>1</sup>	4.5					
Valor promedio	3.8	3.8	3.7	3.4	2.9	3.3
Valor máximo	5.0	4.4	4.4	4.7	3.2	4.7
Nº de aerogeneradores en zonas de riesgo	57	9	9	8	6	6
Nº total de aerogeneradores	59	9	9	9	10	10
Ranking	6	5	4	3	1	2

Optimización de alternativas



**02.**

## Medidas de mitigación disponibles



# Medidas preventivas: elementos disuasorios.

## 1. Emisión de sonido - AVES



Necesitan de un **sistema de reconocimiento de aves** (cámara, radar, imagen térmica, reconocimiento acústico).

Si forma compatible con la bdd... **emiten sonido** (sirena).

Algunos sistemas pueden modularse para emitir sonidos a diferentes distancias, o solo para algunas especies.

Si el ave sobrepasa cierta distancia, se activan los moduladores de velocidad de las palas (ver mas adelante)

### Principales problemas:

- Reconocimiento casi siempre diseñado para rapaces.
- Confusión entre especies no objetivo.
- Falsos positivos.
- Habitación.
- Impacto secundario por sonido (personas y fauna – alteración del hábitat).
- Alcance limitado (Ojo con los nuevos tamaños de aeros)

H. T. Harvey & Associates. 2018. AWWI Technical Report: Evaluating a Commercial-Ready Technology for Raptor Detection and Deterrence at a Wind Energy Facility in California. American Wind Wildlife Institute, Washington, DC, 96 pages.



# Medidas preventivas: paradas controladas

## 2 - Sistemas de parada automáticos - aves

Necesitan de un **sistema de reconocimiento de aves**.

Al detectar una forma/sonido compatible con la bdd, **el aero se para**, a la distancia que se acuerde con la admón, en función de las especies de riesgo y lo que permita el sistema de detección.

Algunos sistemas permiten primero **bajar la velocidad**.

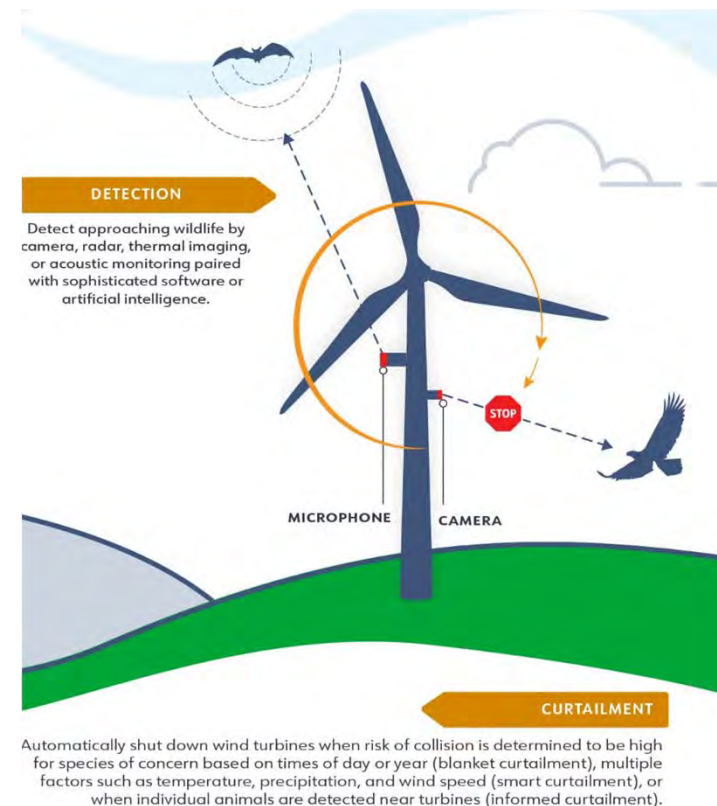
Otros solamente paran el aero (no inmediatamente, necesita tiempo, decenas de segundos en el mejor de los casos).

Precio medio/ud: 30-40.000€ (amplio rango).

Principales problemas:

- Casi siempre diseñado para rapaces.
- Confusión entre especies no objetivo.
- Falsos positivos.

Mitigation measures for preventing collision of birds with wind turbines. Paula B. Garcia-Rosa and John Olav G. Tande 2023 J. Phys.: Conf. Ser. 2626 012072.



# Medidas preventivas: paradas controladas

## Sistemas de parada automáticos – aves y quirópteros

### EMPRESAS / SISTEMAS:

- NVISIONIST
- DTBIRD
- DTBAT
- DIGISEC
- IDENTIFLIGHT
- NRG SYSTEMS
- ROBIN RADAR
- ASCEND XYZ
- BIOSECO
- ARTIFICIAL VISION
- DETECT-INC
- 3D OBSERVER
- BIODIV – SAFEWIND
- MINSAIT-INDRA (IA)



## Medidas preventivas: paradas controladas

### 3 - Vigilancia humana (aves)

- Comenzado a desarrollar en Cádiz por la Fundación Migres (2008). **Muy efectivo en ciertas circunstancias** (más del 50% de reducción de la mortalidad).
- **Una persona realiza vigilancia continua visual del riesgo de colisión.** Se establecen tiempos de presencia (16/7; 8/5...). Puede necesitar de hasta 3 personas a tiempo completo por grupo de aeros. Problema: cansancio del observador, alta rotación del personal, formación alta.
- **Obligatorio en numerosos parques en Andalucía en zonas de migración.** Probado con relativo éxito en otros parques con riesgos diferentes. Problema: observaciones dispersas (en el Estrecho muchas observaciones son en migración, de grandes grupos de aves).
- A una distancia establecida en función de diversos factores, se avisa por radio al centro de control y se reduce la velocidad de las palas. Si el riesgo continúa siendo alto, se avisa para entrar en parada.
- Existen ya sistemas de detección y parada controlados directamente por el observador.
- **Requiere de mucha coordinación** entre vigilantes y operador para no subestimar el riesgo de colisión o afectar a la producción del parque por exceso de avisos.



Manuela de Lucas, Miguel Ferrer, Marc J. Bechard, Antonio R. Muñoz. Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures, Biological Conservation, Volume 147, Issue 1, 2012, Pages 184-189, ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.029>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320711004927>)



## Medidas preventivas: elementos disuasorios.

### 3 - Pintados de palas o fuste



Smøla Wind Farm. From May et. al (2020)



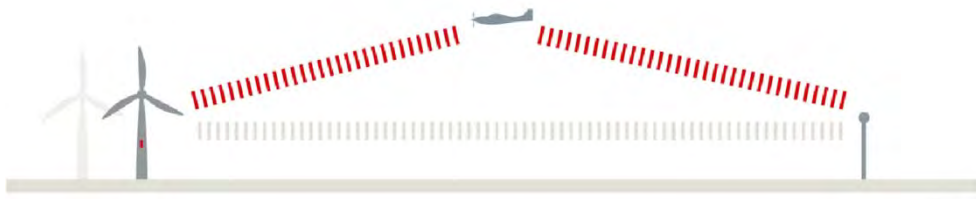
**May et al. (2020). Paint it black:** Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology and Evolution*, 10: 8927– 8935. <https://doi.org/10.1002/ece3.6592> - 70% de reducción en cernícalo y pigargo europeo. **Único estudio con resultados, en Noruega!!**

También se ha estudiado el efecto de pinturas UV, sin resultados.

**Wide-eyed glare scares raptors: from laboratory to applied management**, Hausberger, M., Boigné, A., Lesimple, C., Belin, L., Henry, L. *PLOS ONE*, le 11 octobre 2018.  
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0204802> - desplazamiento de aves en zonas donde la señal era visible (solo en un aeropuerto). Sin resultados concluyentes en PPEE (en preparación Biodiversity Node -UAM).



## Medidas preventivas: encendido selectivo de las luces de posicionamiento



- Sistema de encendido de luces de posicionamiento solo cuando detecta un avión, a una determinada distancia.
- Necesita de una antena de conexión con avión y SCADA de aeros.
- Minimiza impactos por iluminación de parques (blancas, rojas, parpadeantes o fijas). Beneficioso para poblaciones humanas, pero también para fauna (menos estudiado).
- Necesita aprobación organismo regulador aviación. Aprobado en Alemania. En España, dificultades con AENA, pero en proceso.



# Medidas correctoras: gestión del hábitat

## 1 - Gestión de la carroña

- Vertido de reses muertas autorizado
- Vertido incontrolado de otros tipos de ganado, capturas cinegéticas.
- Riesgo para especies sensibles (alimoche, águila real, milano real, buitre negro) o abundantes (buitre leonado, milano negro).



- **Necesario alto conocimiento**
  - **Gestión de reses muertas en el entorno del PE (3 km mínimo, óptimo 5 km):** puntos de vertido, lugares de pastoreo y abrevado, rutas desplazamiento, ubicación y uso de apriscos y tenadas.
  - **Aves en riesgo:** especies de riesgo, rutas de vuelo, alturas de vuelo, lugares de espera, zonas de cría/refugio. Durante todo el año.
- **Coordinación con ganaderos, pastores y gestores cinegéticos**
- **Gestión de los lugares de vertido**
- **Puede implicar un alto coste** (1 persona dedicada a tiempo completo, o tiempo parcial). Ha de combinarse con otras medidas.



## Medidas correctoras: gestión del hábitat

### 2 - Gestión de territorios de rapaces (nidificación y presas)

- Bajo **circunstancias excepcionales**, puede ser necesario gestionar el hábitat de especies sensibles.
- Ejemplo de caso: **águila real en PE en Cuenca**, instala nido entre dos aerogeneradores en fase de construcción (menos de 500 m de distancia)
- La administración solicita instalación de **sistemas de parada automáticos**. Se propone adicionalmente:
  - **captura de individuo** para determinar área de campeo
  - promover el **cambio de zona de nidificación** (instalación de plataformas adicionales).
  - establecimiento de **mejoras del hábitat (aumento de presas)** para desplazar la presencia de la pareja a zonas sin riesgo de colisión.
  - **Seguimiento de detalle del uso del nido. Posible anulación del nido.**





**Eladio L. García de la Morena**

666 97 39 56

[eladio.garcia@biodiversitynode.com](mailto:eladio.garcia@biodiversitynode.com)

[www.biodiversitynode.com](http://www.biodiversitynode.com)

**Biodiversity Node S.L.**  
Sector Foresta, 17 - 1º B  
28760. Tres Cantos Madrid  
NIF: B88013040

[www.biodiversitynode.com](http://www.biodiversitynode.com)



# Estudio de impacto y medidas de mitigación en quirópteros



**01.**

**Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD**

**02.**

**Medidas de mitigación disponibles**



01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.1. Repaso de impactos de PPEE sobre quirópteros

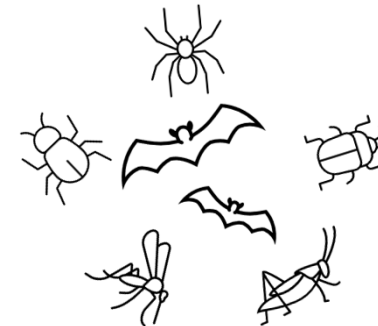
Descripción impacto	Efecto	Fase
<b>Mortalidad por colisión o barotrauma</b>	<b>Directo y <u>continuo</u></b>	Explotación
<b>Destrucción de refugios</b> (construcciones, subterráneos, árboles) <i>* también en Líneas de Evacuación</i>	<b>Directo y <u>puntual</u></b>	Obras
Fragmentación/deterioro del hábitat <i>* también en Líneas de Evacuación</i>	Indirecto	Obras y Explotación



#### High Bat Fatality Rates Estimated at Wind Farms in Southern Spain

<https://doi.org/10.3161/15081109ACC2023.25.1.007>

**Authors:** Sánchez-Navarro, Sonia <sup>1</sup>; Gálvez-Ruiz, David <sup>2</sup>; Rydell, Jens <sup>3</sup>; Ibáñez, Carlos <sup>1</sup>;  
**Source:** Acta Chiropterologica, Volume 25, Number 1, June 2023, pp. 125-134(10)

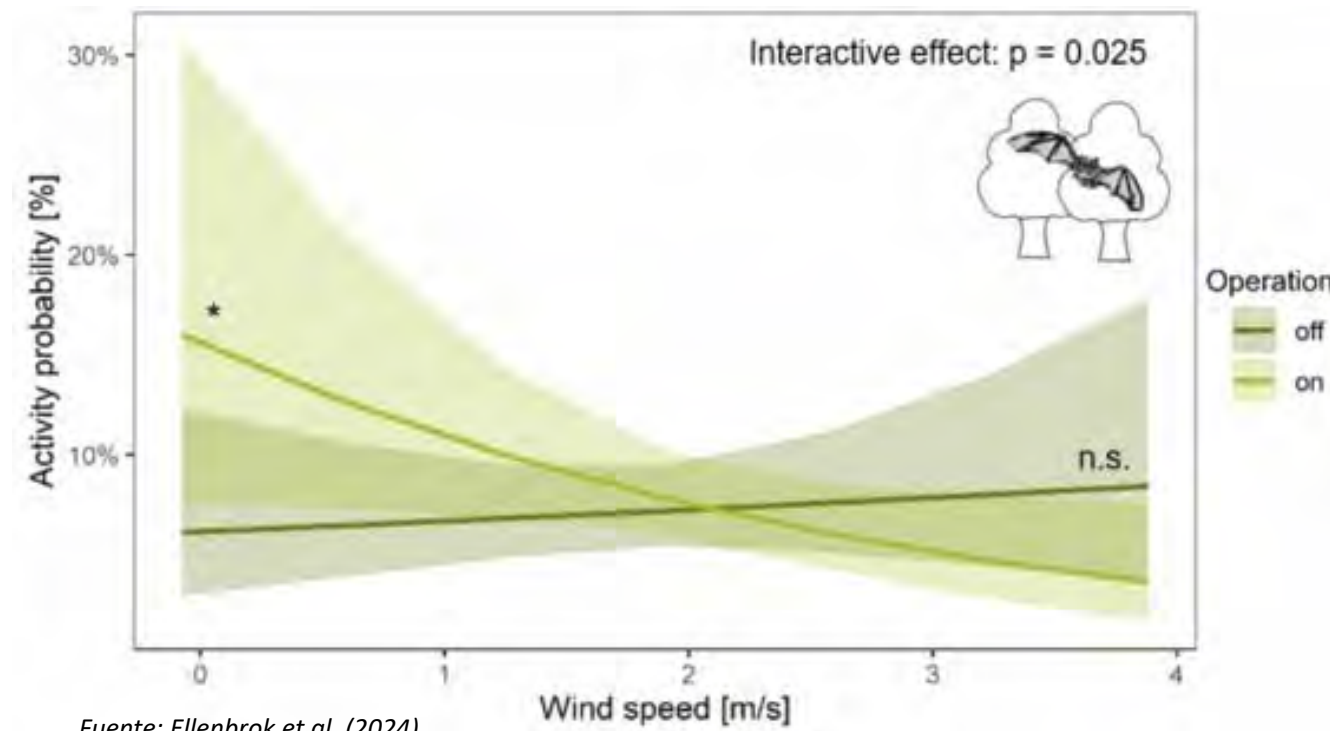


01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.2. Factores que afectan al impacto por colisión/ barotrauma

#### 1. Velocidad del viento (+ velocidad, -actividad, sobre todo en altura)



Fuente: Ellenbrok et al. (2024)



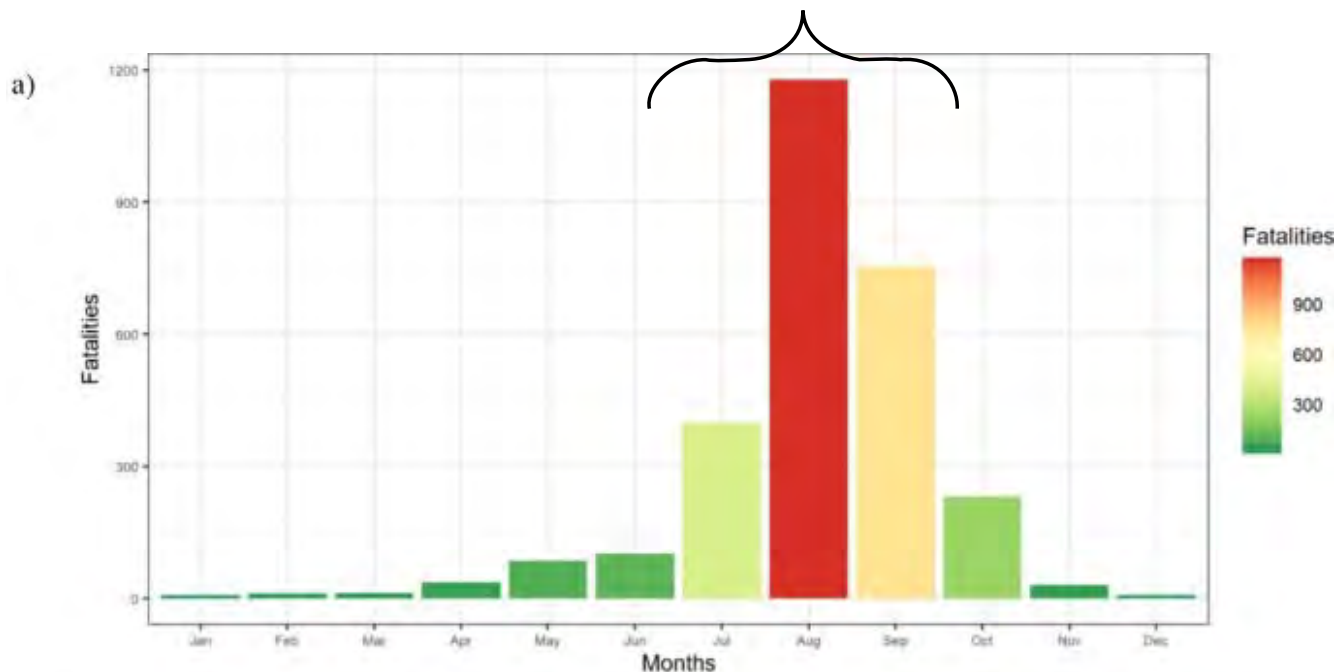
01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.2. Factores que afectan al impacto por colisión/ barotrauma

1. Velocidad del viento (+ velocidad, -actividad)
2. **Estacionalidad**

90%

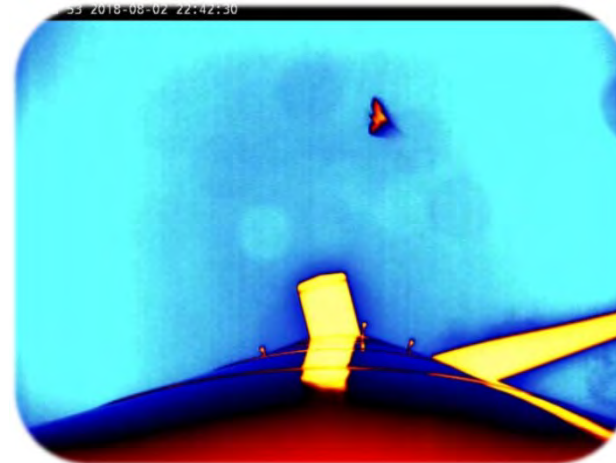


01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.2. Factores que afectan al impacto por colisión/ barotrauma

1. Velocidad del viento (+ velocidad, -actividad)
2. Estacionalidad
3. **Atracción a los aerogeneradores**



01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.3. Especies más sensibles a colisión/barotrauma

- Cazadores aéreos, vuelo rápido...
- Especies migratorias

Alto riesgo	Riesgo medio	Riesgo bajo
<b><i>Nyctalus spp</i></b>	<i>Eptesicus spp</i>	<b><i>Myotis spp</i></b>
<i>Pipistrellus spp</i>	<i>Barbastella spp</i>	<i>Plecotus spp</i>
<i>Hypsugo savii</i>		<b><i>Rhinolophus spp</i></b>
<b><i>Miniopterus schreibersii</i></b>		
<i>Tadarida teniotis</i>		
<i>Vespertilio murinus</i> **		





Castellano	Incidencias PE	CEEA	Migrador	Campeo	Espacio Caza	Atracción por luz blanca
Murciélago grande de herradura	Bajo	V	S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago pequeño de herradura	Bajo	P	S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago mediterráneo de herradura	Bajo	V	S	<30 km	Entre la vegetación	
Murciélago mediano de herradura	Bajo	V	S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero forestal	Bajo	V	S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero grande	Bajo	V	MR	<30 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero mediano	Bajo	V	MR	<30 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero moruno	Sin datos	P	?			
Murciélago ratonero críptico		P				
Murciélago ratonero gris itálico	Bajo	P	S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero gris ibérico	Sin datos	P	?		Entre la vegetación	
Murciélago ratonero pardo	Bajo	V	S	<30 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero bigotudo	Bajo	V	MR & S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero enano	Bajo	P	?	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago ratonero ribereño	Bajo	P	S & MR	<10 km	Cursos de agua	
Murciélago ratonero patudo	Bajo	E	MR	<30 km	Cursos de agua	
Murciélago enano	Elevado	P	S & MR	<10 km	Cualquiera	Sí
Murciélago de Cabrera	Elevado	P	?	<10 km	Cualquiera	Sí
Murciélago de Nathusius	Elevado	P	LD & S	<10 km	Cualquiera	Sí
Murciélago de borde claro	Moderado	P	S		Cualquiera	Sí
Murciélago de Madeira	Sin datos	P	S		Cualquiera	Sí
Nóctulo pequeño	Elevado	P	LD & S	<30 km	Espacios abiertos	Sí
Nóctulo mediano	Elevado	V	LD & S	<30 km	Espacios abiertos	Sí
Nóctulo grande	Moderado	V	LD & S	>30 km	Espacios abiertos	
Murciélago montañero	Moderado	P	?		Espacios abiertos	Sí
Murciélago hortelano	Moderado	P	S & MR	<30 km	Cualquiera	Sí
Murciélago hortelano pardo	Moderado	P	?	<30 km	Cualquiera	Sí
Murciélago bicolor	Moderado	*	LD	<30 km	Espacios abiertos	Sí
Barbastela	Bajo	P	S & MR	<10 km	Entre la vegetación	
Orejudo dorado	Bajo	P	S	<10 km	Entre la vegetación	
Orejudo alpino	Sin datos	P	S		Roquedos	
Orejudo canario	Sin datos	V	S		?	
Orejudo gris	Bajo	P	S	<10 km	Entre la vegetación	
Murciélago de cueva	Bajo	V	MR & S	>30 km	Espacios abiertos	Sí
Murciélago rabudo	Moderado	P	S	>30 km	Espacios abiertos	Sí
Murciélago hortelano norteño						
Murciélago ratonero de Brandt						

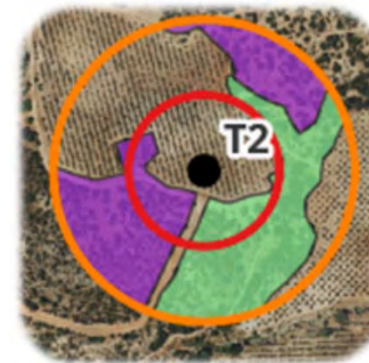


01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.4. Métodos para analizar impactos (fase preoperacional y fase de operación)

- **Estudio bibliográfico** (presencia de especies y refugios)
- **Estudios acústicos**
- **Búsqueda/revisión de refugios** (en fase de operación si se ha detectado algo relevante)
- **Análisis hábitats** (en fase de operación si ha variado algo)



01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.4. Métodos para analizar impactos (fase preoperacional y fase de operación)

- **Capturas**
  - Identificación de especies relevantes de baja detectabilidad o difícil identificación acústica.



01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.5. Directrices MITERD del muestreo acústico pasivo

- 1 grabadora por cada 5 aerogeneradores
- Ciclo anual, mínimo 10 noches/mes abril-octubre excepto agosto-septiembre→ todas las noches
- Grabación a doble altura
- Análisis manual para ID especies
- Indicación de especies de riesgo que aparecen en el sitio
- Actividad horaria por especie, mes y punto de muestreo
- Actividad con relación a la velocidad del viento (ayuda a calcular arranques selectivos específicos para el PE)



**01.**

## **Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD**

### **01.5. Directrices MITERD del estudio de refugios**

- Búsqueda bibliográfica refugios conocidos en 5 km a la redonda
- Búsqueda en campo en 5 km a la redonda
- Censo de refugios identificados y relevantes, en las 4 estaciones del año



01.

## Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD

### 01.5. Directrices MITERD para el estudio del hábitat

- **Identificación de hábitats favorables** a escala local (5 km) y en el área inmediata a los aerogeneradores (2 km, 100 m)
- Son hábitats favorables:
  - Cursos o masas de agua (incluidas balsas)
  - Pastizales naturales
  - Lindes de arbolado
  - Setos arbolados
  - Bosques o bosquetes
  - Refugios para especies forestales
  - Roquedos
  - Puentes
  - Edificios singulares/abandonados



**01.**

## **Principales impactos y metodologías más relevantes para analizarlos: Directrices MITERD**

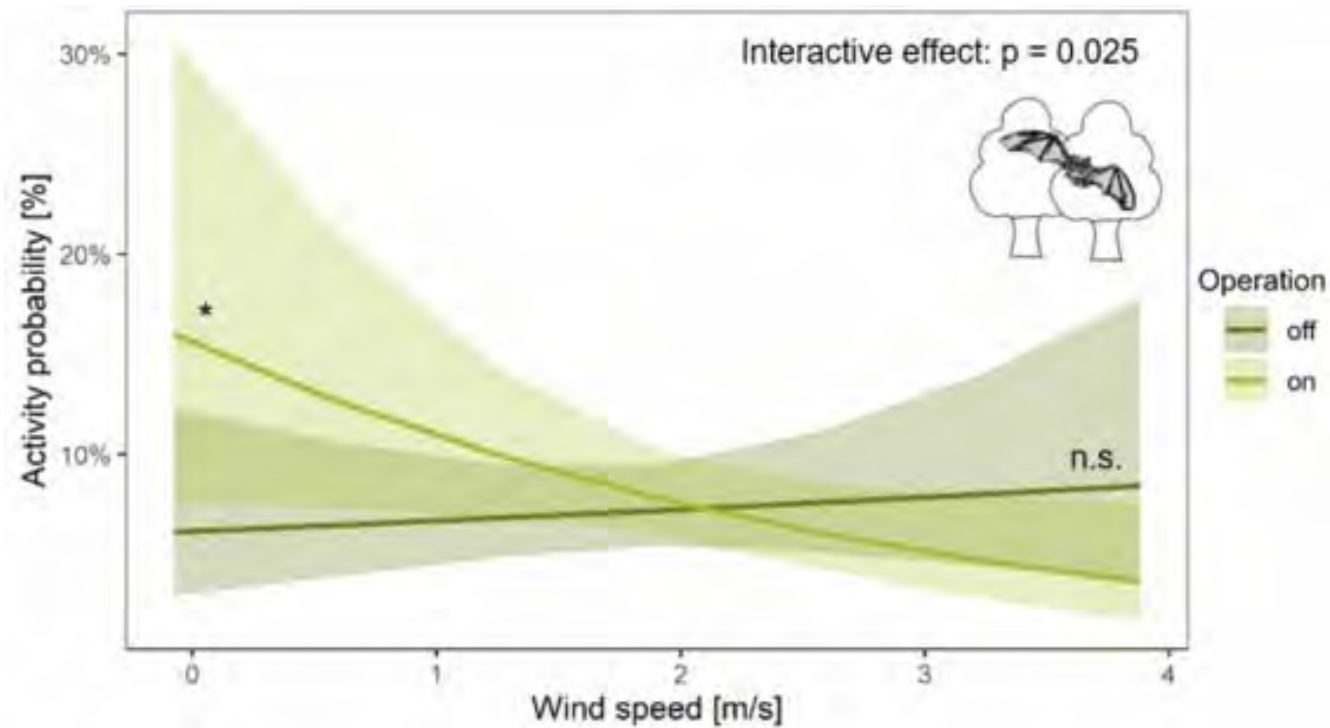
### **01.7. Avances recientes en el estudio de quirópteros en España que pueden ser útiles en la evaluación de impacto**

1. Jornadas sobre el impacto de los parques eólicos en los murciélagos
2. Proyecto eólicos ministerio
3. Proyecto de Fauna terrestre y aves marinas (especies autóctonas y exóticas invasoras) – Mejora de conocimiento del estado de conservación



En diapositivas anteriores...

1. **Velocidad del viento** (+ velocidad, -actividad, sobre todo en altura)



Fuente: Ellenbrok et al. (2024)



## 02.

## Medidas de mitigación disponibles

### 02.1 Arranque selectivo



- **Reducción de mortalidad en diferentes proporciones**, desde 60 a 90% en función de diferentes especies y situaciones
- Instalación de **sistemas de arranque selectivo** a partir de 5 m/s, preferiblemente **6,5 m/s** (aunque SIEMPRE debe ser específico para el sitio).
- Solo durante momentos de actividad
  - Periodo de no hibernación: marzo-octubre (*¡estudio previo!*)
  - Solo por la noche, y posible aplicarlo solo en las horas de máxima actividad (*¡estudio previo!*)

Rnjak, Dina, Janeš, Magdalena, Križan, Josip and AntoniĆ, Oleg. "Reducing bat mortality at wind farms using site-specific mitigation measures: a case study in the Mediterranean region, Croatia" *Mammalia*, vol. 87, no. 3, 2023, pp. 259-270.  
<https://doi.org/10.1515/mammalia-2022-0100>



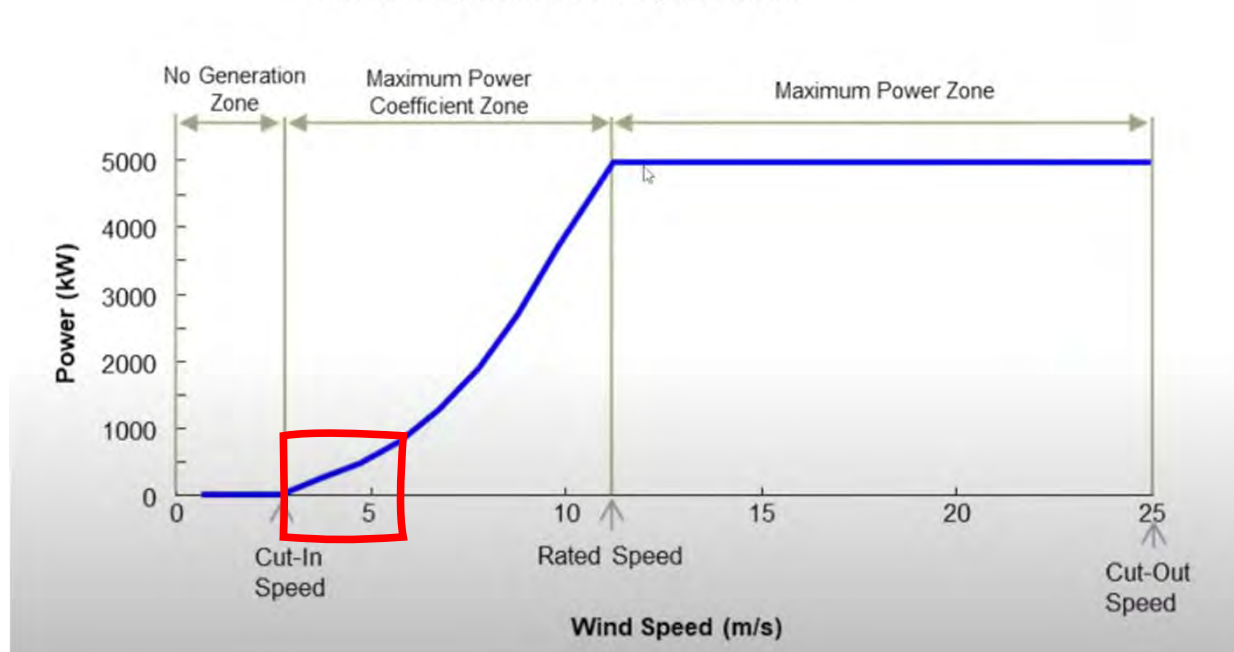
## 02.

## Medidas de mitigación disponibles

### 02.1 Arranque selectivo

- Según recientes estudios, pérdida económica poco significativa

Curva de potencia aerogenerador



## 02.

## Medidas de mitigación disponibles

### 02.1 Arranque selectivo

- Estudio reciente (todavía preliminar) realizado en la Universidad de Sevilla en cooperación con SECEMU.

Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=oLgchvtqFvw&t=9597s>

Ejemplos analizados. Pérdida de ingresos anuales por paradas durante las noches de verano a velocidades de viento inferiores a 5 m/s

- El coste económico **depende principalmente de las condiciones de viento**, siendo mayor para vientos bajos (el efecto es aún mayor debido a que las máquinas empleadas en bajo viento arrancan a velocidades reducidas)

		Energía <5m/s (MWh año)	Energía <5m/s noche verano (MWh año)	Ingresos <5m/s noche verano (€)
Viento ++	Soria	8805.2 (5,8%)	1086.27 (0,71%)	55934.53 (0,73%)
Viento ++	Cádiz	6474.55 (4,7%)	845.9 (0,61%)	43559.48 (0,63%)
Viento +++	Zaragoza	2463.46 (2,9%)	304.7 (0,36%)	15568.24 (0,37%)
Viento ++	Navarra	8943.58 (5,2%)	1338.79 (0,78%)	69026.12 (0,8%)



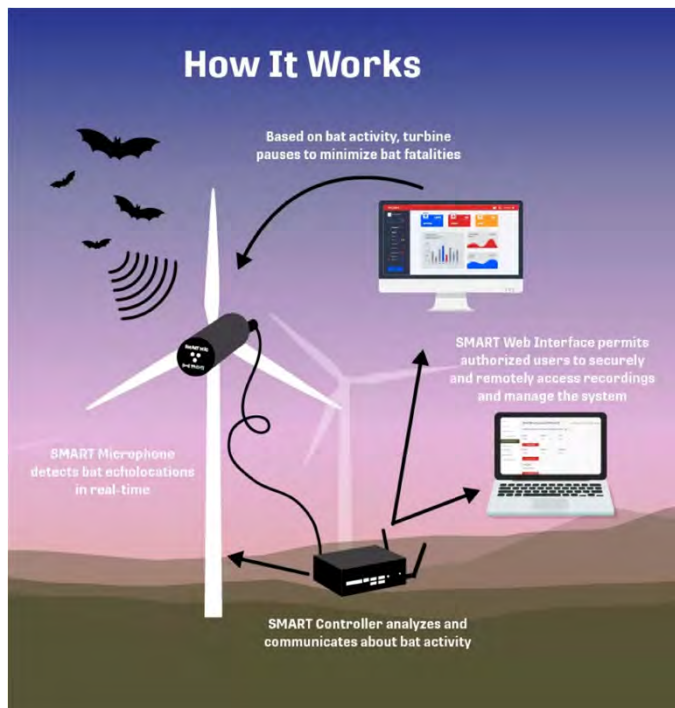
## 02.

## Medidas de mitigación disponibles

### 02.2 Sistemas de parada automáticos



**SMART SYSTEM**



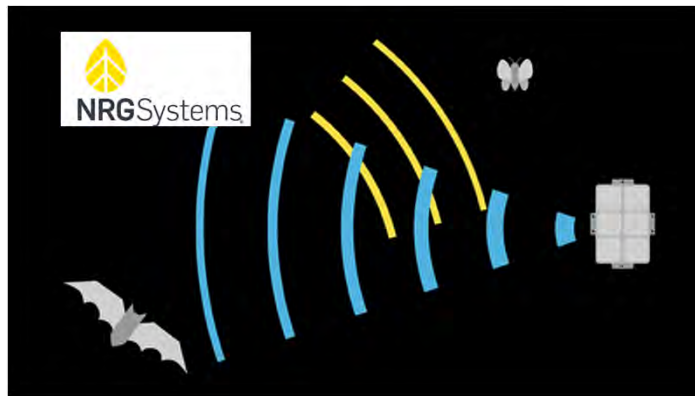
- Micrófono de detección de ecolocalizaciones de quirópteros.
- Sistema SMART para filtrado de ultrasonidos y emisión de señal a SCADA del PE (controlador).
- En función de listados de especies sensibles, el sistema da señal de parada al aerogenerador (específico).
- Precio aproximado: 5.000 \$ (micrófono más controlador).
- Problemas:
  - **Sin referencias científicas claras todavía.**
  - No incluye instalación ni conexión a SCADA
  - Pares de especies no diferenciables por ningún sistema automático\*\*.



## 02.

## Medidas de mitigación disponibles

### 02.3 Dispositivos de disuasión



- El sistema disuasorio emite un campo acústico ultrasónico en el mismo rango que las frecuencias naturales de llamada de los murciélagos.
  - Se bloquean sus sistemas de ecolocalización, y así se disuade a los murciélagos de ingresar a los espacios aéreos tratados.
- Problemática:
- Solo se ha demostrado efectivo para **algunas especies**, y solo en **Norteamérica**. Falta mucha investigación.
  - Crea **efecto vacío en los alrededores del parque eólico** (alto impacto en disponibilidad de hábitat)
- Estos elementos de disuasión acústica permitieron reducciones adicionales del **31,6%, 17,4% y 66,7%** en la mortalidad de 3 especies de murciélagos **en combinación con el arranque** a velocidades superiores a 5 m/s.

Sara P. Weaver, Cris D. Hein, Thomas R. Simpson, Jonah W. Evans, Ivan Castro-Arellano, Ultrasonic acoustic deterrents significantly reduce bat fatalities at wind turbines, Global Ecology and Conservation, Volume 24, 2020, e01099, ISSN 2351-9894, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01099>.

