



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

AEROGENERADORES: puntos negros en Aragón, especies de aves más afectadas y análisis de diferentes variables relacionadas con las colisiones de la avifauna.

WIND TURBINES: black spots in Aragón, species of birds most affected and analysis of different variables related to bird collisions.

Autor/es

Rocío Sus Pérez

Director:

Chabier González Esteban

Ponente:

José Manuel Nicolau Ibarra

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2018

INDICE

RESUMEN (PALABRAS CLAVE)

ABSTRACT (KEYWORDS)

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. La energía eólica y la situación actual en España
- 1.2. Impactos de la energía eólica
- 1.3. Los parques eólicos y la avifauna
- 1.4. Objetivos generales
- 1.5. Objetivos específicos

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. **Estimar las afecciones sobre la avifauna a nivel de parque eólico, identificando los más impactantes.**

2.1.1. Selección de los parques de estudio.

2.2. **Indicar la casuística a nivel de especie, señalando las más afectadas.**

2.3. **Evaluar la importancia de diferentes variables sobre la colisión de la avifauna.**

2.3.1. Selección de los parques eólicos objetivo de estudio

2.3.2. Identificación de las variables a estudiar

2.3.3. Obtención de datos necesarios para analizar las variables de estudio

- Trabajo de campo
- SIG

2.4. **Análisis estadístico de las variables de estudio**

3. ÁREA DE ESTUDIO

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Afecciones sobre la avifauna a nivel de parque eólico.

4.2. Casuística por especies de avifauna.

4.2.1. Especie más afectada

4.2.2. Orden taxonómico más afectado por número de individuos colisionados

4.2.3. Orden taxonómico más afectado por número de especies implicadas

4.2.4. Afecciones a la avifauna según el estatus migratorio

4.2.5. Afecciones a la avifauna según el tipo de movilidad

4.2.6. Afecciones a la avifauna según su catalogación

4.3. Importancia de variables sobre la colisión de la avifauna.

4.3.1. Caso 1: Parque eólico LA LOBA

4.3.1.1. Estudio descriptivo

4.3.1.2. Estudio inferencial para variables cuantitativas

4.3.1.2.1. Diagramas de dispersión

4.3.1.2.2. Coeficientes de correlación de Pearson

4.3.1.2.3. Análisis multivariable (modelo de regresión)

4.3.1.3. Estudio inferencial para variables cualitativas

4.3.1.3.1. Diagramas de caja

4.3.1.3.2. Test de Wilcoxon para dos muestras independientes

4.3.2. Caso 2: Parque eólico SAN JUAN DE BARGAS

4.3.2.1. Estudio descriptivo

4.3.2.2. Estudio inferencial para variables cuantitativas

- 4.3.2.2.1. Diagramas de dispersión
- 4.3.2.2.2. Coeficientes de correlación de Pearson
- 4.3.2.2.3. Análisis multivariable (modelo de regresión)

4.3.2.3. Estudio inferencial para variables cualitativas

- 4.3.2.3.1. Diagramas de caja
- 4.3.2.3.2. Test de Wilcoxon para dos muestras independientes

4.3.3. Comparación de los dos parques eólicos

4.3.3.1. Estudio descriptivo

4.3.3.2. Estudio inferencial para variables cuantitativas

- 4.3.3.2.1. Diagramas de dispersión
- 4.3.3.2.2. Coeficientes de correlación de Pearson
- 4.3.3.2.3. Análisis multivariable (modelo de regresión)

4.3.3.3. Estudio inferencial para variables cualitativas

- 4.3.3.3.1. Diagramas de caja
- 4.3.3.3.2. Test de Wilcoxon para dos muestras independientes

5. CONCLUSIONES

6. RECOMENDACIONES

7. AGRADECIMIENTO

8. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

RESUMEN (PALABRAS CLAVE)

La energía eólica es un tipo de energía limpia y renovable pero que no es 100% respetuosa con el medio ambiente, ya que se producen numerosas colisiones de aves y quirópteros en sus turbinas. Para ver la repercusión que un parque eólico ejerce sobre una zona, se deben llevar a cabo estudios de impacto ambiental o programas de seguimiento, en los que se haga un intensivo muestreo. Es por ello, que este trabajo trata de ser una adaptación de este tipo de estudios; ya que se ha recogido y trabajado todos los datos de individuos registrados en el Centro de Recuperación de Fauna Silvestre “La Alfranca” en el periodo 2002-2016 y se han obtenido ciertos resultados de interés, tales como qué parque eólico es más perjudicial en el territorio de Aragón o qué especie es la más afectada según diferentes criterios. Además, se ha realizado un análisis de diferentes variables que se han considerado influyentes para la colisión de la avifauna frente a los aerogeneradores, para los parques más perjudiciales; La Loba y San Juan de Bargas.

Palabras clave: energía eólica, parque eólico, aerogenerador, aves, avifauna, colisión, mortalidad, impactos, variables

ABSTRACT (KEYWORDS)

Wind energy is a type of clean and renewable energy but it is not 100% respectful with the environment, since there are numerous collisions of birds and chiroptera in their turbines. To see the impact that a wind farm has on an area, environmental impact studies or monitoring programs must be carried out, in which intensive sampling is carried out. That is why, this work tries to be an adaptation of this type of studies; since all the data of individuals registered in the Wildlife Recovery Center "La Alfranca" was collected and worked in the period 2002-2016 and certain interesting results have been obtained, such as which wind farm is more harmful in the Aragon territory or which species is the most affected according to different criteria. In addition, an analysis was made of different variables that have been considered influential for the collision of the avifauna in front of the wind turbines, for the most damaging parks; La Loba and San Juan de Bargas.

Keywords: wind energy, wind farm, wind turbine, birds, avifauna, collision, mortality, impacts, variables

INTRODUCCIÓN

1.1. La energía eólica y la situación actual en España.

La energía eólica se define como una fuente de energía renovable y limpia. Esto se debe a que su materia prima, el viento, es un recurso inagotable y su aprovechamiento no produce ninguna contaminación (Talayero y Telmo, 2011). La generación de electricidad se produce por la utilización de la energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire.

Actualmente, la energía eólica ha demostrado su viabilidad técnica y económica, siendo una tecnología madura. Varias razones hacen de la eólica una de las energías renovables con gran desarrollo en los últimos años (Villarubia, 2012).

- La reducción del impacto ambiental ya que no emite gases contaminantes, ni efluentes líquidos, ni residuos sólidos (Villarubia, 2012). Por cada megavatio hora (MWh) de energía eólica producida estamos evitando el vertido de:
 - 600 kg de CO₂ que contribuye al efecto invernadero.
 - 1,33 kg de SO_x causante de la lluvia ácida que destruye los bosques y que altera el ciclo del agua del planeta.
 - 1,67 kg de NO_x contaminantes químicos que reducen notablemente la calidad del aire que respiramos. (Talayero y Telmo, 2011).

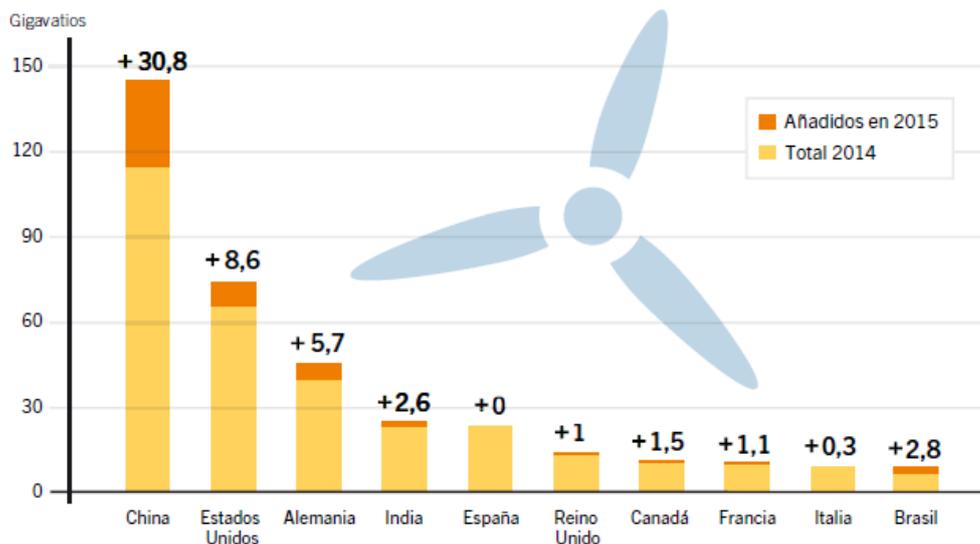
- Dentro de las energías renovables, la energía eólica, es la mejor preparada por su madurez tecnológica y su demostrable sostenibilidad (Talayero y Telmo, 2011).

- No requiere minería de extracción subterránea o a cielo abierto.

- Ahorra combustibles, diversifica el suministro y reduce la dependencia energética.

- Tiene un tiempo de recuperación energética pequeño. Se requiere solo unos pocos meses de funcionamiento para recuperar la energía empleada en la construcción y montaje de un gran aerogenerador eólico. (Villarubia, 2012).
- El desarrollo rural: al ubicarse muchas industrias eólicas y la mayoría de los parques de aerogeneradores en municipios de pequeño tamaño, han sido las zonas rurales las más favorecidas por el desarrollo de este sector, que ha contribuido a crear empleo y a diversificar su tejido productivo (Galdos y Madrid, 2009).

Es por ello que, en España, se ha apostado por este tipo de energía, siendo el quinto país del mundo con mayor potencia eólica instalada, tras China, Estados Unidos, Alemania e India (Sawin, 2016), tal como se muestra en la gráfica 1.



Gráfica 1: Gigavatios instalados por países.

Fuente: REN (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century)

Según datos del Observatorio Eólico de la Asociación Empresarial Eólica (AEE) y la Asociación de Productores de Energías Renovables, en España, la potencia instalada a 31 de diciembre de 2017 asciende a un total de 23.121

MW, siendo la segunda tecnología más utilizada en 2017 con una producción de 47.886 GWh y una cobertura de la demanda eléctrica del 18,4%.

El número total de parques eólicos y de aerogeneradores instalados en España, respectivamente son 1.080 y 20.292, repartidos por 800 municipios (Asociación Empresarial Eólica, 2017).

El reparto de la potencia instalada por comunidades autónomas en 2016, se recoge en la siguiente tabla:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Potencia instalada en 2016 (MW)	Acumulado a 31/12/2016 (MW)	% sobre total	Nº de parques
Castilla y León	31,50	5.593	24,19%	243
Castilla-La Mancha	0,00	3.807	16,56%	139
Andalucía	0,00	3.338	14,52%	153
Galicia	2,10	3.330	14,48%	161
Aragón	0,00	1.893	8,24%	87
Cataluña	0,00	1.269	5,52%	47
Comunidad Valenciana	0,00	1.189	5,17%	38
Navarra	0,00	1.004	4,37%	49
Asturias	0,00	518	2,26%	21
La Rioja	0,00	447	1,94%	14
Murcia	0,00	262	1,14%	14
Canarias	4,60	182	0,77%	57
País Vasco	0,00	153	0,67%	7
Cantabria	0,00	38	0,17%	4
Baleares	0,00	4	0,02%	46
TOTAL	38,20	23.026	100,00%	1.080

Tabla 1: Reparto de la potencia instalada por Comunidades Autónomas en 2016

Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE)

Las comunidades autónomas con más potencia instalada son Castilla y León, Castilla La Mancha, Andalucía, Galicia y Aragón, que suponen un 77.99% del total. Siendo la Comunidad de Madrid y Extremadura, las únicas en no tener parques eólicos.

1.2. Impactos de la energía eólica.

La obtención de electricidad a partir de una fuente inagotable como es el viento, parece ser una contribución óptima a la solución del problema del cambio climático debido a las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, de una visión más profunda resulta una historia más complicada (de Lucas et al., 2007).

La producción de energía no está exenta de consecuencias negativas, tanto para la sociedad, como para la conservación de la naturaleza. La ausencia en España de una Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas de energía eólica ha propiciado que la rápida proliferación de parques eólicos que se ha dado en nuestro país se haya producido en numerosas ocasiones sin una adecuada planificación y seguimiento de éstos, generándose con ello un incremento de los efectos negativos que normalmente provocan.

Dichos impactos se producen en todas las fases del proceso, tanto en la construcción de instalaciones y del tendido eléctrico asociado como en las fases de explotación y desmantelamiento (Atienza, 2011); algunos de ellos son:

- **Ruido:** es uno de los impactos de los parques eólicos que más ha preocupado desde el inicio de la implantación de estas infraestructuras de producción de energía eléctrica. Sin embargo, esa apreciación subjetiva del oyente, hace que sea un problema de difícil caracterización (Méndez, 2012).

Las formas de mitigar el efecto del ruido son relativamente sencillas, ya que el ruido puede disminuirse, aumentando la distancia, o instalando amortiguadores del ruido; además, los aerogeneradores cuentan con sistemas de control propios para disminuir el nivel sonoro cuando es necesario, por lo que cumplir los niveles acústicos que impone la ley o el estudio de impacto ambiental generalmente no presenta demasiados problemas en el desarrollo del proyecto (Talayero y Telmo, 2011).

- **Impacto paisajístico o visual:** la instalación de parques eólicos supone un innegable impacto visual sobre el paisaje, al introducir en el mismo,

elementos no presentes de forma natural. Sin embargo, el carácter de este impacto visual responde a una percepción subjetiva de los observadores, multitud de veces con opiniones encontradas, al igual que ocurre con el ruido.

Conviene poner de manifiesto, que una adecuada selección de la posición de los aerogeneradores, desde un punto de vista del máximo aprovechamiento energético, trae consigo una mayor visibilidad del parque eólico, puesto que se debe buscar las zonas más expuestas a los vientos, y por tanto sin obstáculos cercanos (Méndez, 2012).

Esto se suma a que los aerogeneradores actuales son de gran tamaño, con rotores fácilmente visibles desde varios kilómetros de distancia. En un ámbito mucho más cercano, no solo es apreciable el aerogenerador, sino que los caminos, e incluso plataformas de montaje para la construcción alteran el paisaje. Además, la implantación de la subestación y de la línea eléctrica resulta, en algunos casos, una alteración visual en el paisaje original.

Por otro lado, es totalmente necesario calcular la proyección de la sombra del aerogenerador sobre una zona habitada, ya que el resultado que se percibe es la sombra de la pala de una forma intermitente y se ha demostrado que una larga exposición a este efecto puede ser una fuente de estrés (Talayero y Telmo, 2011).

- **Ocupación y degradación del terreno:** la obra civil necesaria para la implantación de parque eólico supone un levantamiento y movimiento de tierras, no sólo en el emplazamiento final de los aerogeneradores, sino en las zonas colindantes, en las que frecuentemente se construyen subestaciones, tendidos eléctricos de evacuación, vías de acceso para trasladar la maquinaria, etc. En caso de que se lleven a cabo desmontes y aplanamientos también la geomorfología del terreno se verá afectada, pudiéndose acentuar el riesgo de erosión. Además, el terreno se desbroza, eliminándose la cubierta vegetal existente en él (Atienza, 2011).

Por otro lado, la ocupación del terreno para la construcción del parque eólico constituye una pérdida de territorio que previamente estaba dedicado a otros usos ambientales, tales como la agricultura, la ganadería y los usos forestales.

La compatibilidad con la agricultura es moderada, ya que no es recomendable la existencia de cultivos de porte alto en torno a los aerogeneradores (Méndez, 2012). Esto, por tanto, provoca cierta limitación en la realización de la práctica.

Mayor limitación existe con los usos forestales; ya que para mantener la capacidad de generación energética del parque, y además de reducir el riesgo de incendio, es necesario establecer servidumbres de viento, libres de vegetación arbórea alta alrededor de los aerogeneradores, lo que puede suponer la corta de árboles en un radio de aproximadamente 100 metros (Méndez, 2012).

En cuanto a la ganadería, al contrario que con los usos agrícolas y forestales, la compatibilidad es total, llegando incluso a producirse un beneficio mutuo entre ambas, ya que el ganado reduce la rugosidad del terreno manteniendo la vegetación baja y los aerogeneradores sirven de refugio, siendo común ver a vacas y caballos protegiéndose del viento o del sol a la sombra de los aerogeneradores (Méndez, 2012).

- **Impactos sobre la fauna:** se generan principalmente sobre los animales vertebrados y se manifiestan durante la fase de obra, con desplazamientos temporales de los animales, y en la fase de explotación (Talayero y Telmo, 2011).

Los elementos lineales artificiales pueden actuar como obstáculos frente al movimiento de los animales y provocar la fragmentación de sus poblaciones y territorios (Forman & Alexander, 1998). Además, suponen una causa de mortalidad no natural en animales silvestres que puede contribuir al declive de sus poblaciones.

Entre los efectos más destacables que generan las estructuras artificiales se incluyen la pérdida directa de hábitat y la fragmentación, el desplazamiento ocasionado por las perturbaciones originadas, la muerte debida a las colisiones, y la interrupción de los movimientos locales, con el consiguiente aumento de gasto energético y reducción de la supervivencia. Además, también se producen una serie de efectos indirectos que son acumulativos e implican cambios en la estructura de las comunidades y en los procesos ecológicos que aún no se conocen bien (Muñoz, 2014).

Los estudios existentes hasta la fecha demuestran que los grupos faunísticos más afectados son las aves y los quirópteros (Atienza, 2011).

1.3. Los parques eólicos y la avifauna.

Se ha demostrado que los parques eólicos pueden tener distintos efectos adversos sobre la flora y la fauna, centrándose la mayoría de los estudios en la mortalidad de aves y murciélagos y en la pérdida de hábitat para la avifauna (de Lucas et al., 2007).

Los efectos de los parques eólicos sobre la fauna son muy variables y dependen de un elevado número de factores que, entre otros, incluyen el diseño del parque, el tipo de hábitat ocupado, las especies presentes en su entorno, su abundancia, la orografía del terreno y todo ello variable en función de las condiciones meteorológicas y del momento del año. Además, estos factores pueden interactuar entre sí haciendo muy compleja la estima de la afección potencial que se incluye en los estudios de impacto ambiental. (Muñoz, 2014).

Las principales afecciones a la avifauna se pueden enumerar en la siguiente lista:

- **Colisiones:** mortalidad directa que resulta de la colisión con las palas del aerogenerador, u otras partes del mismo (torre, góndola y otras estructuras asociadas, tales como los tendidos eléctricos o las torres de medición), o

también mediante el efecto de los vórtices de viento que originan el movimiento de las aspas, provocando la caída de las aves (Winkelman, 1992).

Según estudios, la incidencia global de la mortalidad por colisión es relativamente baja (Talayero y Telmo, 2011; Percival, 2003; Drewitt & Langston, 2006; De Lucas et al., 2008), pero sobre especies protegidas en precario estado de conservación su repercusión puede ser importante (Talayero y Telmo, 2011). No obstante, es complicado aproximarse al impacto real ya que existe una gran falta de transparencia en los seguimientos del impacto por parte de las compañías y las administraciones; además, en muchas ocasiones la metodología empleada no es la adecuada (Atienza, 2011).

Hay especies que son más propensas a sufrir este tipo de accidentes, suelen ser especies con elevado peso corporal y baja envergadura alar (algunos ejemplos serían cigüeñas, grullas, avutardas, etc.), el comportamiento gregario también incrementa el riesgo por colisión (Talayero y Telmo, 2011).

Aunque los grupos de especies afectadas son muy diversos; desde aves marinas, acuáticas, rapaces, passeriformes, etc. (de Lucas et al., 2007).

El problema es que el impacto real sobre las distintas especies no puede ser conocido por precisión, ya que el muestreo está muy sesgado, debido a que los cadáveres de especies pequeñas desaparecen rápidamente por la acción de los predadores, sobre todo zorros. Es muy probable que los passeriformes y otras aves de tamaño pequeño a medio se vean mucho más afectados de lo que los estudios muestran.

- **Molestias y desplazamiento:** los aerogeneradores, el ruido, el electromagnetismo y las vibraciones que provocan, así como el tráfico de personas o vehículos durante las obras suponen unas molestias para las aves que pueden llevar a que éstas eviten las zonas donde están

emplazadas, viéndose obligadas a desplazarse a otros hábitats (Atienza, 2011). Existen estudios sobre la abundancia de aves en parques eólicos, en los que se concluye con que, generalmente, a mayor tiempo de funcionamiento de un parque eólico es mayor la disminución en el número de aves de la zona (Stewart et al., 2005).

El problema surge cuando éstas áreas alternativas no tienen la suficiente extensión o se encuentran demasiado lejos, en cuyo caso el éxito reproductivo y supervivencia de la especie puede llegar a disminuir (Atienza, 2011).

- **Efecto barrera:** los parques eólicos suponen una obstrucción al movimiento de las aves, ya sea en las rutas de migración o entre las áreas que utilizan para alimentación y descanso. Este efecto barrera puede tener consecuencias fatales para el éxito reproductor y supervivencia de la especie ya que las aves, al intentar esquivar los parques eólicos, sufren un mayor gasto energético que puede llegar a debilitarlas (Atienza, 2011). Además de esto, el gasto energético puede verse aumentado cuando el parque eólico obstaculiza una línea de vuelo entre las zonas de cría y las de alimentación, ya que podrían producirse incrementos significativos en las distancias de vuelo realizadas por las aves.

En última instancia, el efecto barrera depende del tipo de especie, del tipo de movimiento que realicen las aves en la zona, de la altura de vuelo, de la distancia entre aerogeneradores, de la distribución espacial de los mismos y del régimen de vientos de la zona, y puede llegar a ser muy variable (Muñoz, 2014).

- **Destrucción del hábitat:** como ya se ha comentado, la ocupación del terreno por los parques eólicos supone que dichas áreas ya no estén disponibles para las aves, o que sufran una degradación importante en sus valores naturales y sistémicos (Atienza, 2011).

Según estudios, la pérdida directa de hábitat es considerada de escasa importancia, puesto que el espacio que ocupa el parque eólico se restringe a la base de los aerogeneradores, los caminos de mantenimiento y la línea de evacuación (Percival, 2000). Normalmente las pérdidas reales de hábitat suelen afectar a alrededor del 3-5% del total de la superficie afectada (Mcdonald et al., 2009).

Hoy día se acepta que la afección principal de un parque eólico a la fauna voladora no se refleja en el porcentaje real de hábitat alterado, sino en la fragmentación del hábitat que se produce, en la evitación de la zona por parte de las diferentes especies y en la mortalidad por colisión asociada a los aerogeneradores (Drewitt & Langston, 2006).

1.4. Objetivos generales

Estimar la magnitud del efecto de los aerogeneradores sobre la avifauna de Aragón e identificar las principales variables de control sobre un hábitat concreto de la Depresión del Ebro.

1.5. Objetivos específicos

- Estimar las afecciones sobre la avifauna a nivel de parque eólico, identificando los que registran una mayor siniestralidad.
- Indicar la casuística por especies, señalando las más afectadas.
- Relacionar el grado de siniestralidad para la avifauna con una serie de variables objetivas y cuantificables para un hábitat concreto:
 - o Altitud sobre el nivel del mar y la desviación de la altitud del aerogenerador respecto a la media.

- Localización del aerogenerador dentro del parque eólico (centro/periferia o si está más al W o al N).
- Distancia del aerogenerador a la pendiente más cercana y porcentaje de dicha pendiente.
- Cobertura vegetal.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La información básica de este trabajo procede de la base de datos del Centro de Recuperación de Fauna Silvestre “La Alfranca”. Esta base de datos ha sido elaborada mediante las contribuciones de los diferentes Agentes de Protección de la Naturaleza del Gobierno de Aragón, en diferentes parques eólicos de todo el territorio de Aragón durante el período de 2002 a 2016 (aunque el mayor número de individuos registrados se encuentran dentro del período de tiempo que va de 2006 a 2009, cuando la DGA obligó a las empresas privadas eléctricas a hacer seguimiento).

El primer paso ha sido extraer todos los datos necesarios de la base de datos y agruparlos en archivos Excel por parques eólicos. Dentro de estos archivos, podemos ver la especie afectada, el sexo, la edad, la fecha de la colisión, el municipio, el parque eólico y las coordenadas y/o número del aerogenerador.

A continuación se detalla la metodología a seguir para cumplir cada uno de los objetivos específicos propuestos:

2.1. Estimar las afecciones sobre la avifauna a nivel de parque eólico, identificando los más impactantes.

Se ha llevado a cabo una lista de parques eólicos con el número de sus correspondientes colisiones, el número de aerogeneradores y una tasa de peligrosidad teniendo en cuenta el número de colisiones y de aerogeneradores.

2.1.1. Selección de los parques de estudio

Dado que la información recogida en la base de datos es deficiente; ya que según el gestor de dicha base, existe una falta de muestreo que es debida a que no se lleva un seguimiento estricto de todos los parques eólicos, es decir, los Agentes de Protección de la Naturaleza no pasan por todos los parques eólicos con la misma afluencia, y esto hace que haya parques con muchos individuos y escasos en otros, lo que provoca que tengamos que eliminar

ciertos parques con poca muestra. Se han considerado como muestras fiables aquellos con 10 o más individuos.

Dentro de los parques eólicos de interés, existen algunos que por su proximidad y similitud de hábitat se han unido considerándolos como un único parque eólico, éstos son:

- La Atalaya + El Águila + El Bayo + Los Monteros (Pedrola)
- La Plana II + La Plana III + La Muela Norte + La Muela II + La Muela III + El Pilar + Aragón + La Carracha (La Muela)
- Sierra de la Virgen + Almarén unificado (Sestrica, Viver de la Sierra, Calatayud y Morés)
- Sos del Rey Católico I y II
- Tarazona Sur + Grisel
- Tardienta I + Tardienta II + Santa Quiteria (Tardienta)

Además de estos conjuntos de parques eólicos, se dispone de otros que no se han agrupado, éstos son:

- El Saso (Belchite)
- La Loba (Mallén)
- La Puntaza (Remolinos)
- La Selva (Uncastillo)
- Los Visos (Rueda del Jalón, Plasencia del Jalón y Fuendejalón)
- Planas de María (María de Huerva)
- Rabosera (Luna)
- San Juan de Bargas (Magallón, Alberite de San Juan, Bureta)
- Santo Cristo (Magallón)
- Saso Plano (Almudévar)

2.2. Indicar las afecciones a nivel de especie, señalando las más afectadas.

Posteriormente, resulta interesante conocer las especies afectadas y sus características, para establecer alguna relación con las colisiones. Para ello se ha realizado una tabla en la que aparecen las especies afectadas, la familia y orden a los que pertenecen, su estatus migratorio (“E” estival, “I” invernante, “N” nidificante, “P” Paso y “S” sedentario), el hábitat al que pertenecen, el número total de impactos, siendo la más afectada la que tenga este valor más alto y la catalogación de la especie según el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y según el Decreto 181/2005, de 6 de febrero, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón.

Tras esto, se presentan unas gráficas con los resultados obtenidos gracias a dicha tabla; como son la especie más afectada, el orden taxonómico con más individuos colisionados, el orden con más especies afectadas, si el estatus migratorio es decisivo, si el tipo de movilidad de la especie es influyente en la colisión o las catalogaciones de las especies afectadas.

2.3. Evaluar la importancia de las siguientes variables sobre la colisión de la avifauna:

Las fases que se han llevado a cabo para resolver este objetivo se podrían enumerar de la siguiente manera:

- Selección de los parques eólicos objeto de estudio.
- Identificación de las variables a estudiar.
- Obtención de datos necesarios para analizar las variables de estudio.
 - Trabajo de campo.
 - Sistema de la Información Geográfica (QGIS).
- Análisis estadístico de las variables de estudio.

2.3.1. Selección de los parques eólicos objetivo de estudio:

Se ha optado por elegir dos parques eólicos, éstos serán: San Juan de Bargas (Magallón, Alberite de San Juan, Bureta, Borja) y La Loba (Mallén).

De los parques seleccionados como muestra fiable en el primer objetivo, tras calcular la tasa de peligrosidad observamos que los más mortales son La Loba, seguido de Rabosera (Luna) y San Juan de Bargas, siendo esta la razón de su elección.

Además, otro criterio a tener en cuenta, es la similitud del hábitat, ya que si los parques se parecen en cuanto a vegetación o geomorfología, se podrían comparar mejor los resultados que si son hábitats totalmente diferentes. Es por ello que nos quedamos con La Loba y San Juan de Bargas, ambos pertenecientes a la Comarca de Borja, y desechamos Rabosera.

Otra razón de elegir estos dos parques se debe a que son muestras muy representativas en cuanto al objetivo del estudio; es decir, en estos parques, la gran mayoría de los impactos registrados corresponden con unos pocos aerogeneradores muy concretos, y por otra parte, existen otros que no han recibido ninguna colisión en toda su vida útil.

2.3.2. Identificación de las variables a estudiar.

El siguiente paso a dar, sería la identificación de diferentes variables relacionadas con los aerogeneradores y las colisiones de la avifauna. Para ello, se han buscado variables con las que estudiar esas diferencias existentes entre los aerogeneradores conflictivos y los que no, dentro de un mismo parque eólico. Dichas variables son:

- Altura sobre el nivel del mar de cada aerogenerador.
- Desviación de la altitud del aerogenerador respecto a la media, para ver si los aerogeneradores más conflictivos están más altos o más bajos respecto a la altitud media del parque eólico.
- Situación del aerogenerador para ver si está en la periferia del parque o en el centro.

- Situación del aerogenerador según las coordenadas UTM “X” e “Y” respecto a la dirección del viento dominante (ver si los aerogeneradores implicados están más al W o al N).
- Distancia a la pendiente más cercana y porcentaje de dicha pendiente; con ello se determinará si la orografía es determinante, es decir, si caen más individuos en aerogeneradores próximos a laderas.
- Cobertura vegetal: mediante SIG. Valoración subjetiva de la superficie ocupada por vegetación y se mide en %.

2.3.3. Obtención de datos necesarios para analizar las variables de estudio.

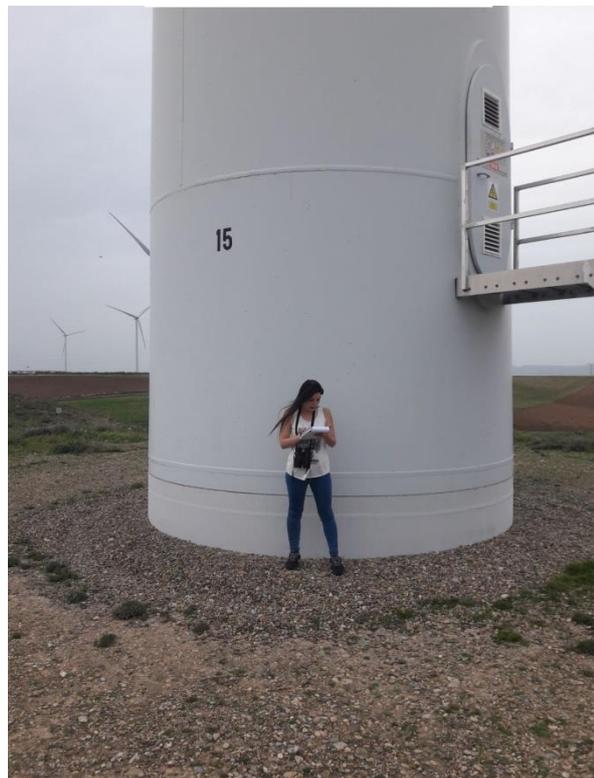
Este apartado, a su vez, se podría dividir en otros dos apartados, ya que se ha resuelto mediante dos pautas: trabajo de campo y utilización de un Sistema de Información Geográfica.

- TRABAJO DE CAMPO

Se determinó hacer una visita a los dos parques eólicos objeto de estudio, que consistió en observar el hábitat, realizar fotografías y recoger las coordenadas de cada uno de los aerogeneradores, para posteriormente realizar una capa de puntos, utilizarla en SIG y obtener los datos que necesitamos en el análisis estadístico. Las coordenadas se recogen mediante GPS en grados decimales. (Figura 1)

Figura 1: Toma de datos.

Fuente: elaboración propia.



- SIG (Sistemas Información Geográfica)

Para obtener la información relativa a las variables que deseamos estudiar, se ha optado por utilizar SIG, ya que con esta herramienta podemos ubicar los aerogeneradores en el mapa y desde ahí obtener los datos necesarios mediante diferentes herramientas. Dichos datos aparecen en el ANEXO 2.

Se ha optado utilizar el programa QGIS, ya que se trata de una herramienta de acceso libre en internet.

Para obtener los mapas y datos deseados, necesitaremos utilizar varias capas dentro del programa; estas serán:

- Capa de puntos en la que se muestren los aerogeneradores, el número de impactos y sus correspondientes coordenadas obtenidas en el trabajo de campo.
- Ortofoto.
- Modelo Digital Elevaciones (MDE).
- Mapa de pendientes.
- Capa con las curvas de nivel.

Para la obtención de los datos necesarios para las variables se ha realizado la siguiente metodología:

- Altura sobre el nivel del mar: a partir del MDE y la capa con las coordenadas de los aerogeneradores realizamos una capa de altitud, de la que obtenemos la altitud en metros de cada aerogenerador.
- Desviación de la altitud del aerogenerador respecto a la cota media topográfica del entorno: se obtendría con la resta del valor

de la altitud media de todos los puntos menos la altitud correspondiente al aerogenerador.

- Cobertura vegetal: dado que hacer transectos en cada uno de los aerogeneradores de los dos parques eólicos sería muy laborioso, se ha optado realizar un buffer o zona de influencia de 100 metros alrededor de cada aerogenerador y se ha estimado visualmente el porcentaje de cobertura vegetal en cada uno de ellos.
- Distancia a la pendiente más cercana: con la ayuda del mapa de pendientes creado a partir del MDE, se puede ver la pendiente más cercana y mediante la herramienta de QGIS de medir, se calcula la distancia en metros a dicha pendiente.
- Porcentaje de la pendiente más cercana: este dato se obtiene gracias al mapa de pendientes y al MDE.

En el caso del parque eólico “La Loba”, la pendiente está concentrada alrededor de la curva de nivel de 310 m, por lo que con el mapa de pendientes se puede conseguir directamente, el cual nos da este valor en porcentaje, entre un rango de 0 – 20%.

Para el parque eólico “San Juan de Bargas”, la pendiente se extiende por más de una curva de nivel, no está tan localizada como en “La Loba”, por lo que se considera importante conseguir el valor de la pendiente global de la ladera, ya que no es lo mismo el valor de la pendiente en un cierto punto que el que se puede obtener si tenemos en cuenta la ladera completa. Para ello, se ha calculado la diferencia entre la altitud del punto más alto de la pendiente y el más bajo, y se ha dividido por la distancia horizontal entre ambos puntos, obteniendo así el porcentaje global de dicha pendiente.

- Orientación de la pendiente más cercana: se puede observar con el mapa de pendientes, una vez que sabemos cuál es la más cercana.
- Situación del aerogenerador dentro del parque eólico: mediante las herramientas de QGIS, se ha elaborado un área de trabajo que consiste en un polígono trazando los límites del parque eólico y se ha calculado el centro de dicho polígono mediante los algoritmos que nos proporciona el programa.

Tras esto, se ha calculado la distancia que hay entre el aerogenerador implicado y el centro del polígono.

Además, se han utilizado estas distancias al centro y se han dividido por la distancia máxima que se podría alcanzar (distancia entre el aerogenerador más extremo del polígono y el centro, lo que nos daría un valor de 1300,693 m) lo que nos proporcionará un valor en tanto por uno para conseguir así una “tasa” comparable entre ambos parques eólicos; siendo el valor de 1 el valor máximo que significa que está más en el extremo (periferia) y el valor de 0 que significa que está más en el centro.

En el caso del parque eólico San Juan de Bargas, se han considerado dos polígonos separados, ya que 6 aerogeneradores están aislados del resto. Si delimitáramos el área incluyéndolos y calculásemos el centro, no sería un valor real; ese aislamiento aumentaría considerablemente el área del parque, cuando realmente las 50 turbinas restantes están bastante agrupadas, y no están tan extendidas en el terreno.

- Aerogenerador más al W o al N: comprobar si el viento dominante que es W–NW, genera más impactos en los aerogeneradores que están más al W dentro del parque eólico (serían los que tengan el menor valor en la UTM “x”) o si están más al N (siendo los que

tengan un valor de la “y” más elevado). Se eligen estos valores porque la X mínima y la Y máxima son los valores con mayor grado de exposición.

Para establecer algo comparable entre ambos parques, se realiza la siguiente operación para las dos coordenadas:

- ✓ Valor de X del aerogenerador de interés – X mínima = metros de desviación al W

El que tenga el valor de 0 será el que más al W esté.

- ✓ Y máxima – valor de Y del aerogenerador de interés = metros de desviación al N

El que tenga el valor de 0 será el que más al N esté.

2.4. Análisis estadístico de las variables de estudio.

Por un lado se ha realizado para el parque eólico La Loba y por otro lado, para San Juan de Bargas, con la posterior comparación entre ambos.

La herramienta principal utilizada para resolver este apartado ha sido el programa de ordenador R Commander, con la versión 3.5.0.

Como todo estudio estadístico, se considera necesario partir de un estudio descriptivo. Para ello se ha realizado; para las variables cuantitativas, una tabla con diferentes medidas de posición, dispersión y forma, en la que aparecen la media, la desviación típica, la mediana, el mínimo, el máximo, el recorrido, el recorrido intercuartílico, el coeficiente de variación y el coeficiente de Fisher, y para las variables cualitativas, una tabla de frecuencias.

Posteriormente, se representa de una forma más visual mediante histogramas (variables cuantitativas continuas) y mediante diagrama de barras (variables cuantitativas discretas y variables cualitativas).

A continuación del estudio descriptivo, se realiza el estudio inferencial, separando las variables cuantitativas de las cualitativas, ya que han de trabajarse de diferente manera:

a) Cuantitativas:

Previamente se realizan los diagramas de dispersión entre la variable de interés “número de impactos” y el resto de variables del estudio, en los que además aparecen diagramas de caja y la línea de suavizado, que nos ayuda a comprender mejor el resultado. Con ellos podemos hacernos ya una idea de la relación que pueden guardar las variables elegidas con la variable de interés “número de impactos”.

Tras esto, debemos corroborar numéricamente dichas relaciones; para ello utilizaremos el coeficiente de correlación de Pearson y los p-valores emparejados (ANEXO 3), entre la variable “número de impactos” y el resto de variables. Para determinar qué dos variables guardan correlación es necesario que el coeficiente de Fisher sea mayor que 0,5 (o en el caso de valores negativos, que sea inferior que -0.5) y que el p-valor sea menor que el 5%. En este caso, se eliminan las variables “Desviación de la altitud del aerogenerador respecto a la media” y “% de distancia al centro”, ya que dichas variables provienen de otras que ya se incluyen en el modelo estadístico, lo que conlleva a que se repitan los mismos valores de correlación.

El siguiente paso sería el análisis multivariable o regresión lineal múltiple:

- Ver las correlaciones que guardan todas las variables con todas, mediante coeficiente de Pearson y los p-valor.
- Seleccionar las variables que guardan mayor correlación entre ellas.

- Realizar el modelo de regresión con el programa R Commander, del que nos interesa ver el valor del coeficiente de determinación o R^2 , el cuál determinará el porcentaje de variabilidad de la variable Y (número de impactos) explicada por la variable X (resto de variables). A mayor porcentaje, mayor variabilidad explica, y a menor porcentaje, menor variabilidad. Además, obtenemos los gráficos residuales que nos ayudarán a ver la normalidad de los datos. Si obtenemos poca normalidad en dichos datos, tendremos que transformar la variable “número de impactos” a logaritmo, ya que así se ajusta la pendiente y resulta más fácil el ajuste. Dicha transformación se ha tenido que hacer para el parque eólico San Juan de Bargas.
- En el caso de que el R^2 sea bajo y explique poca variabilidad, observaremos los p-valores pertenecientes a cada variable del modelo y eliminaremos una a una aquellas que tengan unos valores poco significativos (p-valores por encima del 5%). Tras eliminar la variable en cuestión, se vuelve a realizar la regresión multivariable y se vuelven a observar los p-valores. Se deja de eliminar variables y de hacer la regresión multivariable en el momento en el que los p-valores de dichas variables del modelo queden por debajo de 0,05. Dicho procedimiento se muestra en el ANEXO 4 para La Loba y en el ANEXO 5 para San Juan de Bargas.
- En el caso de que hayamos tenido que eliminar todas las variables y sólo nos quede una variable con p-valor significativo, significará que se considera necesaria la regresión lineal simple, como ha ocurrido nuestro estudio con ambos parques eólicos. De manera que elegiremos las variables que hayan obtenido mayores correlaciones y realizaremos la regresión simple entre ellas.

b) Cualitativas:

Inicialmente se realiza diagrama de caja para ver cómo se distribuye la variable. En el caso de que las variables guarden relación con el número de impactos, se procede a hacer un contraste no paramétrico; test de Wilcoxon para dos muestras independientes.

Si por el contrario, el diagrama no muestra que la variable sea relevante para que colisionen, se descarta el realizar dicho contraste, asumiendo que las variables no guardan correlación entre ellas.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Dado que la parte más importante y de interés del trabajo se da en dos parques eólicos, se considera necesaria la explicación de su área de estudio.

LA LOBA

Este parque eólico se encuentra en el término municipal de Mallén, un municipio perteneciente a la provincia de Zaragoza en la Comarca del Campo de Borja, ubicada en la parte central de la Depresión del Ebro. Dicho parque tiene una potencia instalada de 30 MW y un total de 15 aerogeneradores, como se muestra en la figura 2.

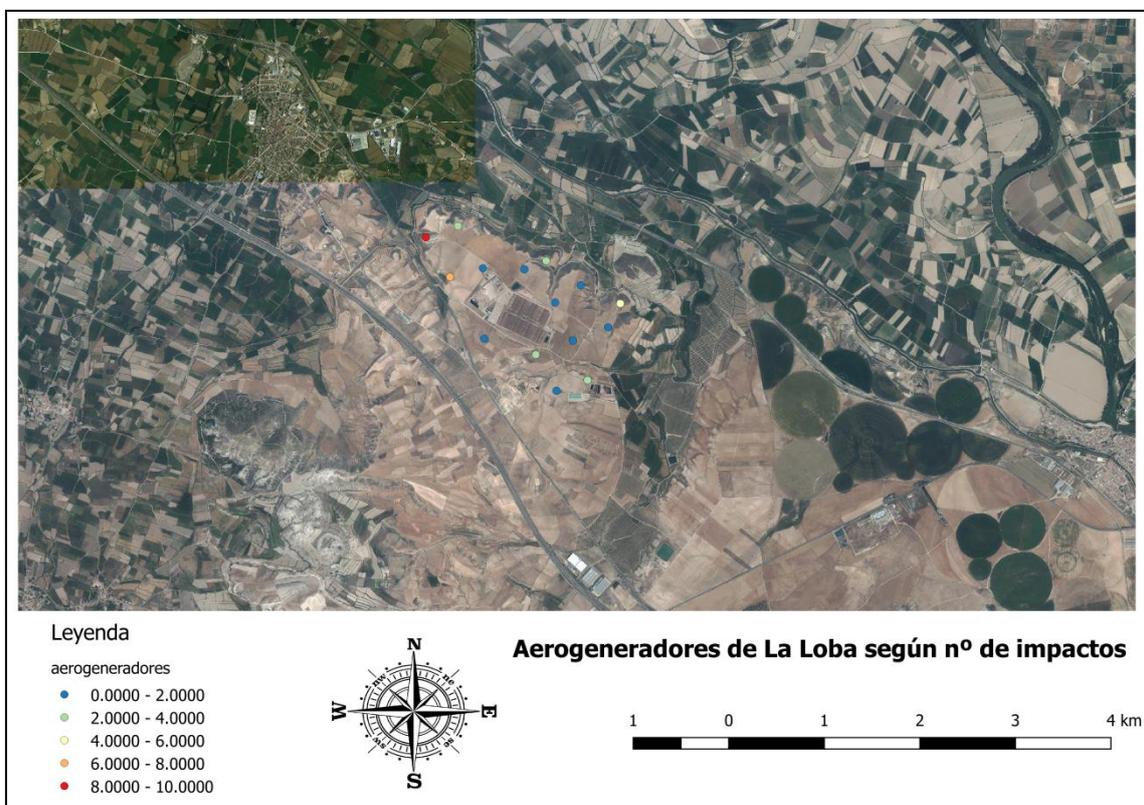


Figura 2: Distribución de los aerogeneradores en el parque eólico La Loba

Fuente: QGIS

La altitud media de la zona en la que se asienta el parque es de 307 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones climáticas de la zona son las siguientes:

- Clima mediterráneo continentalizado.
- Lluvias entre 300 y 500 mm anuales.
- 24° C de media de temperatura en verano y de 6,5° C en invierno.
- Viento dominante del NO (cierzo) en invierno.
- Viento dominante del E (bochorno) en verano.

Se asienta sobre un terreno seco y rocoso, que se podría considerar un saso; ya que existen pequeñas elevaciones con poca pendiente, cuyas partes más altas son llanuras, como se muestra en las figuras 3 y 4.



Figura 3: Parque eólico La Loba

Fuente: elaboración propia



Figura 4: Parque eólico La Loba

Fuente: elaboración propia

La actividad del territorio está repartida; mayoritariamente hay presencia de cultivos alternados con campos en barbecho (figuras 5 y 6), y por otro lado, la existencia de dos granjas; por un lado, la denominada “Rancho de las Nieves” (figura 7), en la que se crían vacas en todas sus etapas y están dedicadas a la producción lechera, y por otra, una granja de pollos (figura 8).



Figura 5: Parque eólico La Loba

Fuente: elaboración propia



Figura 6: Parque eólico La Loba

Fuente: elaboración propia



Figura 7: Parque eólico La Loba
Fuente: elaboración propia



Figura 8: Parque eólico La Loba
Fuente: elaboración propia

Los cultivos que están a los pies de los aerogeneradores son de secano (almendros y trigo) como se muestra en la figura 9, mientras que conforme nos vamos alejando encontramos pastos naturales y cultivo de regadío (maíz y alfalfa). En el caso del trigo, se hace rotación de cultivo anual; un año se cultiva

trigo y al siguiente se deja descansar la tierra en forma de barbecho. Y con los cultivos de regadío se hace la rotación maíz – alfalfa cada cuatro años.



Figura 9: Parque eólico La Loba

Fuente: elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra el aspecto que tiene el parque eólico y su hábitat circundante desde otros puntos cercanos.



Figura 9: Parque eólico La Loba

Fuente: elaboración propia

Las extensas superficies cerealistas de secano y barbechos con puntos de agua localizados en las proximidades da lugar a la presencia de aves esteparias como el cernícalo primilla (*Falco naumani*), ganga ortega (*Pterocles orientalis*), ganga ibérica (*Pterocles alchata*), sisón (*Tetrax tetrax*) y alcaraván (*Burhinus oedicephalus*). Además de servir como área de campeo para rapaces como el aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) y aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*) y zona de paso de la grulla común (*Grus grus*).

Por otro lado, el parque se implanta en una zona de paso migratorio de aves canalizado a través del corredor del río Ebro y muy próximo al Embalse de La Loteta, lugar que ciertas aves aprovechan para su descanso. Además, otros humedales de menor tamaño pero que están muy próximos a la zona son la Laguna de Plantados y Laguna de Agón; lagunas de origen endorreico de gran interés por la vegetación halófila (pastizales, juncales y matorrales) que rodean la laguna temporal. En periodos de aguas estancadas, es aprovechada por numerosas especies acuáticas, sobre todo durante los pasos migratorios.

Respecto a la Red Natura 2000, cabe decir que las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) más próximas son “Loma Negra - Bárdenas” a 13.5 kilómetros (km) al N, “Montes de Zuera, Castejón de Valdejasa y El Castellar” a 14.7 km al E, “Dehesa de Rueda y Montolar” a 26 km al SE, y “Sierra del Moncayo – Los Fallos – Sierra de Armas” a 32 km al SO.

Además la zona cuenta con Lugares de Interés Común (LIC) como; “Sotos y mejanas del Ebro” a 3.5 km y “Loma Negra” a 13.5 km al N ambos, “El Castellar” a 25 km al E, “Dehesa de Rueda – Montolar” a 25 km al SE, “Laguna de Plantados y Laguna de Agón” a 4.3 km y “Monte Alto y Siete Cabezos” 8.6 km al S ambos, “Sierra de Nava Alta – Puerto de Chabola” a 25 km al SO, y en esta misma dirección, “Moncayo” y “Barranco de Valdeplata” a 32 km.

En ANEXO 1 se muestra un mapa en el que se ha marcado los parques eólicos objeto de estudio, las ZEPAs, LICs y el área determinada como crítica para el cernícalo primilla.

SAN JUAN DE BARGAS

Este parque está compartido por varios municipios; Magallón, Bureta y Alberite de San Juan, pertenecientes a la Comarca de Borja, y al igual que “La Loba”, se encuentra en la parte central de la Depresión del Ebro, aunque hidrológicamente hablando, pertenece a la cuenca del río Huecha.

Se trata de un parque eólico que consta de 56 aerogeneradores repartidos en dos grupos que quedan separados por la carretera A-121 (como se muestra en la figura 10); a la izquierda de dicha carretera 6 aerogeneradores y a la izquierda los 50 restantes, sumando una potencia total de 45 MW.

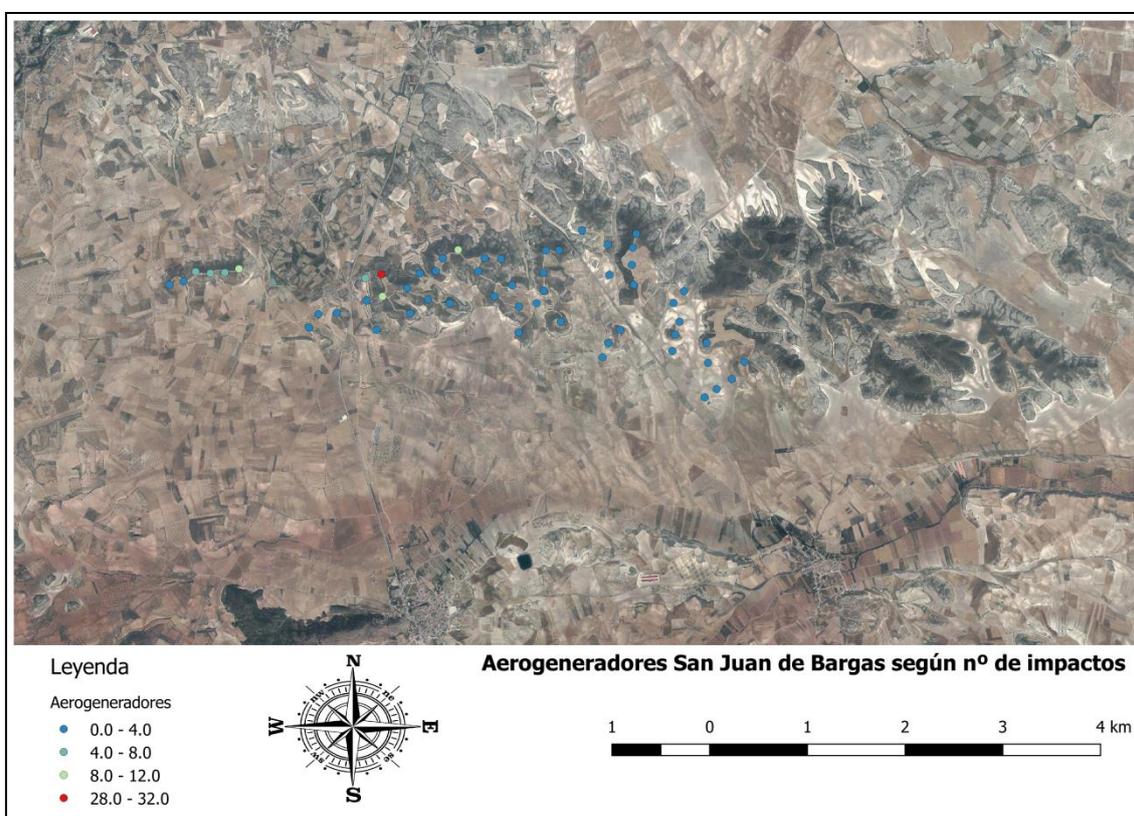


Figura 10: Distribución de los aerogeneradores en el parque eólico San Juan de Bargas

Fuente: QGIS

La altitud media de la zona en la que se asienta el parque es de 475 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones climáticas de la zona son muy similares a las de Mallén, dada su cercanía:

- Clima mediterráneo continentalizado.
- Lluvias entre 300 y 500 mm anuales.
- Una media de 13°C de temperatura anual.
- Viento dominante del NO (cierzo) en invierno.
- Viento dominante del E (bochorno) en verano.

La topografía de la zona, poco contrastada, ha favorecido el intenso aprovechamiento agrícola de este sector del valle del Ebro, por lo que desde el punto de vista paisajístico, la Comarca de Borja, se trata de una extensa área plana o suavemente ondulada dedicada a cultivos agrícolas de secano, entre los que se intercalan manchas irregulares de matorral xerófilo o vegetación natural propia de balsas o humedales existentes en la zona, como se muestra en la figura 11. (nº 185 BOA, 26/09/2017). Aunque la zona sobre la que se asienta el parque, constituye una zona en la que la topografía es más abrupta y con mayores porcentajes de pendiente en las laderas que se forman que el parque eólico La Loba, como se muestra en la figura 12.



Figura 11: Parque eólico San Juan de Bargas
Fuente: elaboración propia



Figura 12: Parque eólico San Juan de Bargas

Fuente: elaboración propia

Por tanto, los usos del suelo son similares al parque eólico “La Loba”, campos de secano a base de almendros (figuras 13 y 14), zonas de vegetación natural (figura 15), cultivos de regadío en los que predomina el maíz y zonas improductivas o barbechos, lo que provoca que las especies de aves que se localizan en esta zona también sean compartidas con Mallén.



Figura 13: Parque eólico San Juan de Bargas

Fuente: elaboración propia



Figura 14: Parque eólico San Juan de Bargas
Fuente: elaboración propia



Figura 15: Parque eólico San Juan de Bargas
Fuente: elaboración propia

En cuanto a la Red Natura 2000, las ZEPAs más próximas son: “Loma Negra - Bardenas” a 25 km al NE, “Montes de Zuera, Castejón de Valdejasa y El

Castellar” a 22 km al E, “Dehesa de Rueda y Montolar” a 23 km al SE, “Desfiladero del Río Jalón” a 26 km al S y “Sierra de Moncayo – Los Fallos, Sierra de Armas” a 21 km al O.

Parte de estas ZEPAs se solapan con el mapa de área crítica de especies como el águila azor perdicera (*Aquila fasciata*) y el cernícalo primilla (*Falco naumanni*). En el caso de la primera especie, coincide con la “Sierra de Moncayo – Los Fallos, Sierra de Armas” y con “Desfiladero del Río Jalón”, y en el caso del cernícalo primilla, el área crítica se extiende desde la margen O del parque eólico (5 aerogeneradores están dentro de dicha área) hasta 35 km más al SO, por lo que es un área muy extensa en la que parte de ella se solapa con “Dehesa de Rueda y Montolar”. Se trata de una zona en la que existen varias colonias de cría de cernícalo primilla y un dormitorio donde se han llegado a contabilizar más de un millar de ejemplares; por lo que este parque eólico resulta una grave amenaza para una especie catalogada como en peligro de extinción. Este problema también sucede en el parque eólico “La Loba” de Mallén, pero existe mayor riesgo en “San Juan de Bargas” porque hay más proximidad a la zona.

Por otro lado, es una zona rodeada de LICs; “Monte Alto y Siete Cabezos” se extiende de NE a E y cabe decir que 18 aerogeneradores están dentro de este LIC, a 6.5 km hacia el NE se encuentra “Laguna de Plantados y Laguna de Agón”, y a 15 km y 20 km en la misma dirección “Sotos y mejanas del Ebro” y “Loma Negra” respectivamente, hacia el SE a 23 km “Dehesa de Rueda y Montolar” y en dirección SO se ubican a 13 km “Sierra de Nava Alta – Puerto de la Chabola”, y a 21 km “Moncayo”, “Barranco de Valdeplata” y “Maderuela”.

Además de estos espacios de interés catalogados, el parque eólico se encuentra a escasos 9 km del Embalse de La Loteta, humedal de cierta importancia para diversas aves, sobre todo en época de migración de grullas (*Grus grus*) y que no tiene ninguna figura de protección.

En ANEXO 1 se muestra un mapa en el que se ha marcado los parques eólicos objeto de estudio, las ZEPAs, LICs y el área determinada como crítica para el cernícalo primilla.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Afecciones sobre la avifauna a nivel de parque eólico:

A continuación, en la tabla 2 se muestra el listado de parques eólicos y el número de colisiones y aerogeneradores registrados, con una correspondiente tasa de peligrosidad. Por otro lado, en la tabla 3, se muestran los mismos resultados obtenidos pero para los diferentes conjuntos de parques eólicos que se han agrupado por cercanía.

PARQUES EÓLICOS	NÚMERO DE COLISIONES	NÚMERO DE AEROGENERADORES	Nº colisiones / nº aerogenerador
El Saso (Belchite)	28	30	0,93333333
La Loba (Mallén)	43	15	2,86
La Puntaza (Remolinos)	11	18	0,61111111
La Selva (Uncastillo)	23	27.5	0,83636364
Los Visos (Rueda del Jalón, Plasencia del Jalón y Fuendejalón)	38	25	1,52
Planas de María (María de Huerva)	14	32	0,4375
Rabosera (Luna)	53	19	2,78947368
San Juan de Bargas (Magallón, Alberite de San Juan, Bureta, Borja)	140	56	2,5
Santo Cristo (Magallón)	33	20	1,65
Saso Plano (Almudévar)	52	49	1,06122449

Tabla 2: Listado de parques eólicos, nº de aerogeneradores y colisiones

Fuente: elaboración propia

CONJUNTOS DE PARQUES EÓLICOS	NÚMERO DE COLISIONES	NÚMERO DE AEROGENERADORES	Nº colisiones / nº aerogenerador
La Atalaya + El Águila + El Bayo + Los Monteros (Pedrola)	113	60 + 15 + 60 + 30 = 165	0,68484848
La Plana II + La Plana III + La Muela Norte + La Muela II + La Muela III + El Pilar + Aragón + La Carracha (La Muela)	34	25 + 35 + 35 + 40 + 25 + 25 + 16 + 66 = 267	0,12734082
Sierra de la Virgen + Almarén unificado (Sestrica, Calatayud)	42	36 + 14 = 50	0,84
Sos del Rey Católico I y II	16	22 + 20 = 42	0,38095238
Tarazona Sur + Grisel	15	12 + 18 = 30	0,5
Tardienta I + Tardienta II + Santa Quiteria (Tardienta)	137	75 + 52 + 40 = 167	0,82035928

Tabla 3: Listado de conjuntos de parques eólicos, nº de aerogeneradores y colisiones

Fuente: elaboración propia

El parque eólico en el que más individuos han colisionado ha sido en San Juan de Bargas, seguido de los pertenecientes a Tardienta y a Pedrola. Siendo “La Puntaza” en Remolinos, en el que menos individuos han colisionado.

Resulta más interesante que en un solo parque eólico se hayan registrado más individuos que en otros conjuntos eólicos como, por ejemplo es La Muela, que engloba a 8 parques, y en el que resulta sorprendente la baja cifra que se registra, dada su gran extensión y número de aerogeneradores; siendo un total de 34 individuos, frente a los 140 individuos de San Juan de Bargas.

Una de las razones que justifica que en unos parques haya más individuos que en otros, se debe a que los datos están recogidos por diferentes personas dentro del Cuerpo de Agentes de Protección de la Naturaleza; lo que significa que dependiendo del volumen de tarea a realizar, tienen más o menos disponibilidad para hacer seguimiento en los parques eólicos pertenecientes a su área de trabajo correspondiente.

A esto, además, se suman diferentes características; como el tipo de hábitat, la altitud, vientos dominantes, que hacen que unos parques difieran de otros y que por ello sean más perjudiciales que el resto, pero no es el objetivo de este estudio.

Así que si tenemos en cuenta la relación entre el número de colisiones y el número de aerogeneradores, podemos ver que los parques eólicos más perjudiciales son La Loba (Mallén) seguido de La Rabosera (Luna) y San Juan de Bargas (Magallón, Bureta, Alberite de San Juan).

4.2. Casuística por especies de avifauna:

A continuación se presenta la tabla 4, en la que aparecen las especies afectadas en la totalidad de los parques eólicos objeto de estudio; siendo un total de 42 especies diferentes. Dicha tabla muestra diversos factores que se trabajarán en los apartados siguientes.

Nombre vulgar Nombre científico	Familia	Orden	Estatus migratorio	Hábitat	Nº individuos	RD139/2011 D 181/2005
Cigüeña blanca <i>Ciconia ciconia</i>	Ciconiidae	Ciconiforme	E, P, S, N	Áreas abiertas	2	Vulnerable Interés Esp.
Buitre leonado <i>Gyps fulvus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N con desplazamientos diarios muy largos y dispersión juvenil	Zona con cortados	996	/ /

Buitre negro <i>Aegypius monachus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	P	Forestal	1	Vulnerable /
Alimoche común <i>Neophron percnopterus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	E, N	Zona con cortados	2	Vulnerable Vulnerable
Águila real <i>Aquila chrysaetos</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N pero dispersión juvenil	Zona con cortados	8	/ /
Águila culebrera <i>Circaetus gallicus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	E, N	Forestal con zona abierta	17	/ /
Águila calzada <i>Aquila pennata</i>	Accipitridae	Accipitriforme	E, N	Forestal; también sotos, dehesas...	3	/ /
Milano real <i>Milvus milvus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N, I	Zona abierta y forestal	29	En Peligro de Extinción SAH
Milano negro <i>Milvus migrans</i>	Accipitridae	Accipitriforme	E, N	Zona abierta y forestal	25	/ /
Aguilucho lagunero <i>Circus aeruginosus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N, I	Humedales	6	/ /
Aguilucho cenizo <i>Circus pygargus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	E, N	Cultivo cereal	1	Vulnerable Vulnerable
Busardo ratonero <i>Buteo buteo</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N, I	Zona abierta y forestal	3	/ /
Abejero europeo <i>Pernis apivorus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	P	Forestal con zona abierta	1	/ /
Gavilán común <i>Accipiter nisus</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N, I	Forestal	2	/ /

Azor común <i>Accipiter gentilis</i>	Accipitridae	Accipitriforme	S, N	Forestal	1	/
Cernícalo vulgar <i>Falco tinnunculus</i>	Falconidae	Falconiforme	E, S, N	Áreas abiertas	19	/
Cernícalo primilla <i>Falco naumanni</i>	Falconidae	Falconiforme	E, N	Áreas abiertas	27	/ SAH
Halcón peregrino <i>Falco peregrinus</i>	Falconidae	Falconiforme	S, N, I	Zona abierta con cortados	3	/
Esmerejón <i>Falco columbarius</i>	Falconidae	Falconiforme	I	Zona abierta	1	/
Grulla <i>Grus grus</i>	Gruidae	Gruiforme	I, P	Zona abierta, humedal	1	/ SAH
Ganga sp.	Pteroclididae	Pterocliiforme	S, N	Esteparia	1	Vulnerable Vulnerable
Cuco común <i>Cuculus canorus</i>	Cuculidae	Cuculiforme	E, N	Forestal	1	/
Búho real <i>Bubo bubo</i>	Strigidae	Strigiforme	S, N	Zona con cortados	2	/
Mochuelo europeo <i>Athene noctua</i>	Strigidae	Strigiforme	S, N	Generalista (campos secano, sotos, dehesas)	4	/
Chotacabras europeo <i>Caprimulgus europaeus</i>	Caprimulgidae	Caprimulgiforme	E, N	Arbolado disperso	1	/
Vencejo común <i>Apus apus</i>	Apodidae	Apodiforme	E, N	Generalista	5	/

Vencejo real <i>Apus melba</i>	Apodidae	Apodiforme	E, N	Generalista	1	/
Cogujada común <i>Galerida cristata</i>	Alaudidae	Passeriforme	S, N	Áreas abiertas	1	/
Cogujada montesina <i>Galerida theklae</i>	Alaudidae	Passeriforme	S, N	Esteparia	10	/
Alondra totovía <i>Lullula arborea</i>	Alaudidae	Passeriforme	S, N	Zona abierta y forestal	2	/
Calandria común <i>Melanocorypha calandra</i>	Alaudidae	Passeriforme	S, N	Esteparia	10	/
Alondra ricotí <i>Chersophilus duponti</i>	Alaudidae	Passeriforme	S, N	Esteparia	1	Vulnerable SAH
Colirrojo tizón <i>Phoenicurus ochruros</i>	Muscicapidae	Passeriforme	S, N, I	Generalista	1	/
Collalba gris <i>Oenanthe oenanthe</i>	Muscicapidae	Passeriforme	E, N	Áreas abiertas (estepa, cortados)	1	/
Curruca capirotada <i>Sylvia atricapilla</i>	Sylviidae	Passeriforme	S, N, I	Sotobosques y setos arbustivos	4	/
Reyezuelo listado <i>Regulus ignicapilla</i>	Regulidae	Passeriforme	S, N, I	Forestal y sotos	3	/
Chova piquirroja <i>Pyrhacorax pyrrhacorax</i>	Corvidae	Passeriforme	S, N	Zona con cortados	2	/ Vulnerable

Gorrión chillón <i>Petronia petronia</i>	Passeridae	Passeriforme	S, N	Zona abierta con cortados	1	/ /
Pardillo común <i>Carduelis cannabina</i>	Fringillidae	Passeriforme	S, N, I	Zona abierta	5	/ Interés esp.
Verdecillo <i>Serinus serinus</i>	Fringillidae	Passeriforme	S, N	Zona abierta, parques	1	/ Interés esp.
Escribano soteño <i>Emberiza cirlus</i>	Emberizidae	Passeriforme	S, N	Humedales y bosque	1	/
Escribano triguero <i>Miliaria calandra</i>	Emberizidae	Passeriforme	S, N	Zona abierta	7	/
TOTAL					1213	

Tabla 3: Listado de conjuntos de parques eólicos, nº de aerogeneradores y colisiones
Fuente: Centro de Recuperación de Fauna Silvestre "La Alfranca". Elaboración propia

4.2.1. Especie más afectada

Existen evidencias de que el número de colisiones es mayor que el número de cadáveres encontrados, realmente se subestima la tasa de mortalidad de las aves por colisión (Barrios y Rodríguez, 2004). Resulta complicado hacer un seguimiento y que siempre que se haga se localicen individuos, ya que hay ocasiones que el animal es golpeado, herido y se desploma en lugares que no son los pies del propio aerogenerador, o como ya se ha comentado, las bajas tasas de permanencia que tienen ciertas especies.

A pesar de esto, según los resultados de la tabla, el buitre leonado (*Gyps fulvus*) es el ave que más colisiones registra, con un total de 996 individuos, suponiendo el 82,1% del total de las colisiones.

Es un resultado que coincide con otros trabajos realizados por otros autores en otros parques eólicos (Barrios y Rodríguez, 2004; Lekuona y Ursúa 2007; Lekuona, 2001; De Lucas, 2007):

- La mayoría de los cadáveres fueron de buitre leonado (63%). (Barrios y Rodríguez, 2004).
- El buitre leonado fue la especie que se encontró muerta con mayor frecuencia en las plantas eólicas de Navarra, representando el 63,1% de todas las muertes (Lekuona y Ursúa, 2007).
- Entre las aves, las rapaces han sido el grupo más afectado por las colisiones con los aerogeneradores (93 ejemplares, de 138 individuos). Entre las rapaces la especie más abundante ha sido el buitre leonado con 88 ejemplares, lo que supone el 63,8% (Lekuona, 2001).
- La probabilidad de colisión depende de las características de cada especie, siendo el buitre leonado la víctima más frecuente (De Lucas, 2007).

La razón por la que el buitre leonado es el ave más perjudicado por esta energía, es porque las aves grandes tienen poca maniobrabilidad y por ello, mayor riesgo de colisión con estructuras (Brown, 1992; Janss, 2000).

Por otro lado, los cadáveres de aves grandes, como en este caso son los buitres, persisten durante periodos más largos en el campo (Barrios y Rodríguez, 2004). Esto se debe a que dichos cadáveres, al ser grandes y difíciles de arrastrar, no son consumidos por completo. Además, su olor los hace menos apetecibles para los carnívoros que otras especies como las avutardas, grullas o perdices, que resultan muy palatables y son eliminadas rápidamente. Por estas razones, es más sencillo encontrar este tipo de cadáveres que de otras aves más pequeñas, ya que éstas resultan alimento para otras especies de animales y no duran mucho tiempo en el campo. En otros estudios se confirma que la mayor parte de las aves pequeñas era consumida rápidamente por los carroñeros:

- 70-80% durante los 2 días del estudio de actividad de los carroñeros (Lekuona y Ursúa, 2007).

- Muchos de los cadáveres de los paseriformes se han localizado a primeras horas de la mañana y su permanencia en el campo no superó en la mayor parte de los casos más de 24 horas (Lekuona, 2001).

Hay que tener en cuenta, que esta especie es muy abundante en el territorio aragonés (según el censo de 2013, existen 5161 parejas reproductoras); y según otros estudios, la abundancia relativa de una especie no es un buen indicador de la frecuencia relativa con que colisiona con los aerogeneradores, salvo en el caso de los buitres leonados y milanos (Lekuona y Ursúa, 2007).

Otro problema que hace que la mayor parte de las colisiones sean buitres es que haya presencia de muladares y basureros en las cercanías de los parques eólicos (Lekuona y Ursúa, 2007; SEO, 2008)

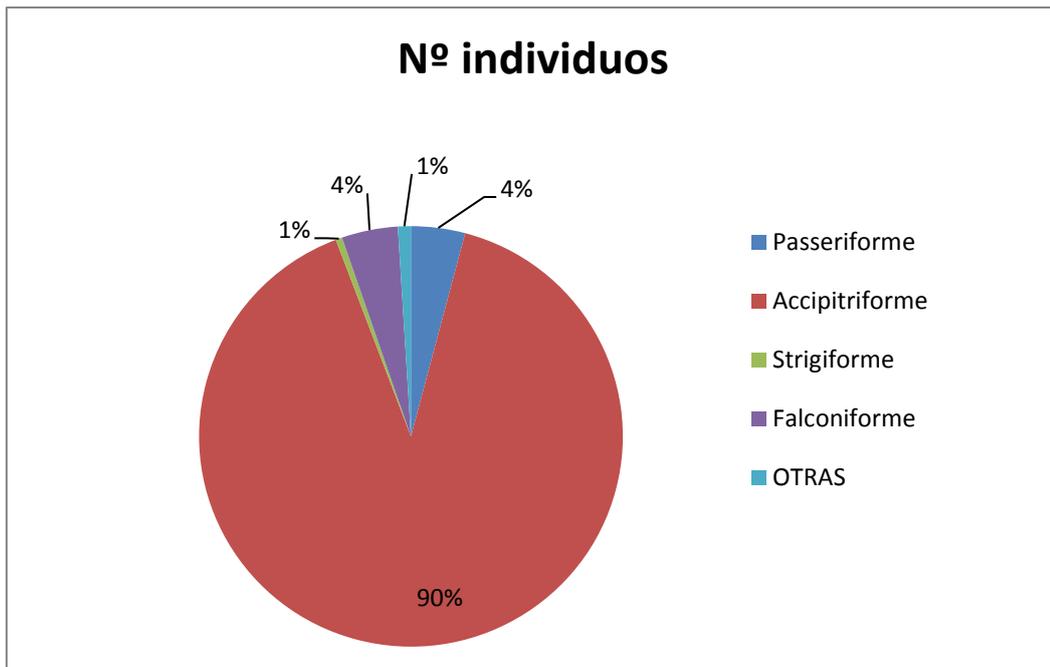
4.2.2. Orden taxonómico más afectado por número de individuos colisionados

Además, gracias a estos datos que se recogen en la tabla 4, se ha llegado a otros resultados que también son interesantes:

ORDEN	Nº individuos
Passeriforme	50
Accipitriforme	1093
Strigiforme	6
Falconiforme	52
OTRAS	12
	1213 individuos

Tabla 4: Número de individuos afectados por orden taxonómico

Fuente: elaboración propia



Gráfica 2: Porcentaje de individuos afectados por orden taxonómico
Fuente: elaboración propia

En la gráfica 2 se muestra que el orden Accipitriforme es el más afectado en cuanto al número total de individuos. Esto sería lógico, ya que como se ha comentado, el buitre representa el 82,1% de todas las colisiones.

Una de las razones por las que se da esta situación puede ser porque las aves rapaces diurnas tienen grandes áreas de campeo (Muñoz, 2014) que van en función de sus necesidades; alimentación, descanso, dormidero, nidificación o dispersión juvenil. El buitre leonado, por ejemplo, realiza desplazamientos diarios en busca de alimento de hasta 300 km, lo que le lleva a atravesar parques eólicos con mucha frecuencia. Esto, sumado a su altura de vuelo explica que sean más propensas a colisionar.

Aunque por otra parte, en lo referente a la altura de vuelo, existen estudios en los que se han realizado censos para ver el comportamiento en vuelo de las aves frente a las turbinas y han concluido con lo siguiente:

- Un 82,1% de las aves que estuvieron involucradas en situación de riesgo volaban a altura media (15-75 metros), un 10,2% a una altura baja (5-10 metros) y un 7,7% a altura elevada (más de 75 metros). (Lekuona, 2001)

- Las aves planeadoras aparentemente detectan y evitan la presencia de los aerogeneradores sobre todo cuando éstos están en funcionamiento, como se deduce de los cambios en su dirección de vuelo. En el presente estudio, los buitres leonados, águilas culebreras, los milanos negros y los cernícalos vulgares aumentan su altura de vuelo desde que entran hasta que abandonan el área del parque eólico, lo que interpretamos como un comportamiento de evasión (De Lucas et al, 2007).

Otra idea que comentan ciertos autores es que, el hábito de las rapaces de posarse en las turbinas explica en buena parte las tasas de mortalidad más elevadas (Hunt, 1994; Orloff & Flannery, 1996). Estudios cuantitativos de comportamiento señalan que el uso de cubreposaderos reduce este comportamiento en un 54% (Nelson y Curry, 1995).

4.2.3. Orden taxonómico más afectado por número de especies implicadas

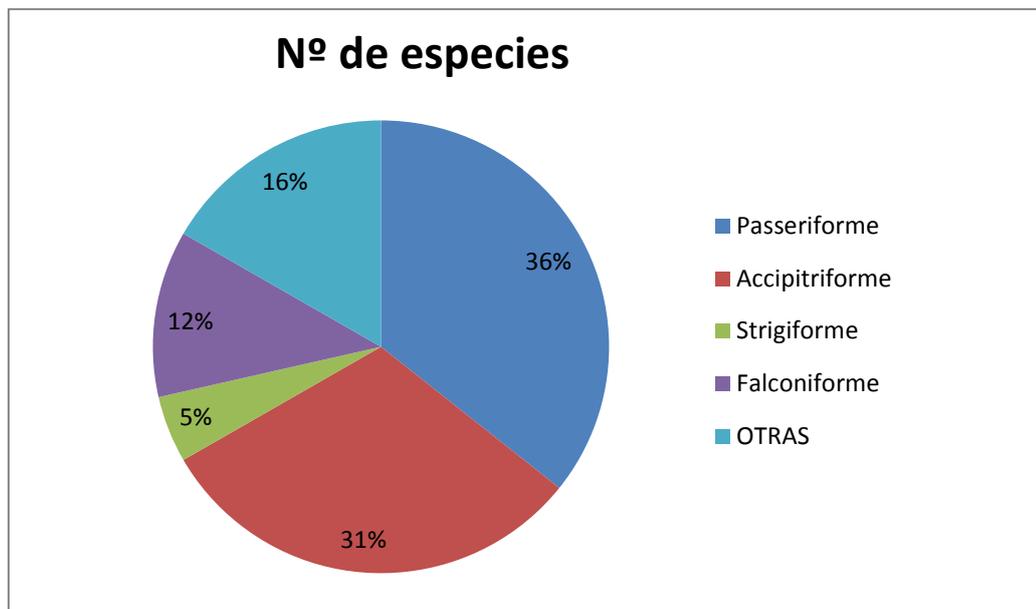
Por otro lado, se ha querido comprobar si además de ser el orden taxonómico con más individuos colisionados, es el que más número de especies afectadas tiene. Los resultados se muestran en la tabla 5 y gráfica 3:

ORDEN	Nº especies afectadas
Passeriforme	15
Accipitriforme	13
Strigiforme	2
Falconiforme	5
OTRAS	7
Ciconiforme	1
Cuculiforme	1
Caprimulgiforme	1

Pterocliforme	1
Gruiforme	1
Apodiforme	2
	42

Tabla 5: Número de especies afectadas por orden taxonómico

Fuente: elaboración propia



Gráfica 3: Porcentaje de especies afectadas por orden taxonómico

Fuente: elaboración propia

Al igual que “Barrios & Rodríguez, 2004”, en nuestros resultados también encontramos aves no planeadoras, sobre todo paseriformes, que habían colisionado con las turbinas y el tendido eléctrico.

Con nuestros datos podemos decir, que en este caso, el orden taxonómico con mayor número de especies afectadas es Passeriforme y que esto sea porque es el que más biodiversidad tiene, ya que la mayoría de especies de la Península Ibérica pertenecen a este orden.

Como ya se ha ido comentando a lo largo de la memoria, la baja tasa de permanencia de los cadáveres de los paseriformes debido a la abundante

presencia de depredadores oportunistas puede considerarse un factor muy importante que está afectando seriamente a las estimaciones de la mortalidad que se están realizando en los parques eólicos (Lekuona, 2001), influyendo tanto en el número de especies afectadas como al número de individuos. Esta mortalidad puede ser elevada provocada por esto, sumado a que desconocemos las tasas de vuelo y riesgo que se pueden producir en los parques eólicos de noche; momento en el cuál muchas de estas especies de paseriformes utilizan para realizar sus desplazamientos, como es el caso de las currucas (Tellería et al. 1999).

4.2.4. Afecciones a la avifauna según el estatus migratorio

Otra cuestión en la que se pueden relacionar especies de aves y colisiones, sería si son especies migradoras o locales. Para ello, se ha realizado esta tabla a partir de la tabla 6.

	nº especies	nº individuos
Migradoras	26	165
Sedentarias	27	1125
TOTAL	42	1213

Tabla 6: Número de especies y de individuos afectados según estatus migratorio

Fuente: elaboración propia

En un primer momento, se podría sospechar que la incidencia es mucho menor en especies de rapaces grandes sedentarias, que permanecen en su territorio, bien conocido por ellas, y que las rapaces migradoras se vieran más afectadas porque las rutas migratorias atraviesan territorios mucho menos conocidos, sobre todo para los jóvenes en sus primeros viajes.

Pero según nuestro estudio, eso no sería así; ya que tanto el número de especies afectadas, como el número de individuos totales afectados es superior para las especies sedentarias o residentes que para las migratorias. Cabe decir, que en el número de individuos afectados, la cifra es tan superior por los buitres leonados, ya que suponen un total de 996 individuos.

Esta situación podría darse porque las principales especies sedentarias afectadas (buitre leonado, busardo ratonero, milano real, aguilucho lagunero, azor...) hacen muchos desplazamientos a lo largo del año entre territorios diferentes, incluso algunas de ellas, como el buitre leonado, al día. Lo que provoca que aumente el riesgo por colisión.

Resulta interesante que nuestro resultado coincida con otros estudios realizados previamente:

- En el estudio de Lekuona en 2001, de 138 aves afectadas (93 rapaces de las cuales 88 eran buitres y 45 paseriformes) sólo 18 especies eran migradoras, lo que representa un 13%.
- Según Barrios & Rodríguez en su estudio de 2007, realizaron un trabajo en dos parques eólicos de Gibraltar, donde la afluencia de aves migratorias es muy grande, concluyeron que las aves residentes (buitre leonado y cernícalo vulgar en su mayoría) se veían más afectadas que las migratorias; esto pudiera ser porque las rutas migratorias estaban ligeramente separadas de las filas de turbinas o por el comportamiento que muestran las aves, ya que en el censo para el estudio se observó que las especies migratorias no se acercaban a las filas de turbinas y las que lo hicieron pasaron muy por encima de ellas, mientras que los buitres vuelan cerca de los aerogeneradores, sin mostrar reacción aparente ante los mismos.

Es por ello, que es más determinante el comportamiento a la hora de vuelo que adquieren las diferentes especies en el emplazamiento del parque eólico que el estatus migratorio de las especies como tal.

El hecho de que los parques eólicos hayan tenido relativamente poca incidencia sobre las especies migratorias no implica que las instalaciones sean inocuas para la migración de las aves. El grado en que un parque eólico suponga una amenaza para las aves residentes y migratorias dependerá de la conducta de las aves en la localidad (Barrios & Rodríguez, 2007).

Además, hay que tener en cuenta que las especies migradoras pasan por sus rutas migratorias dos veces al año, por lo que es el doble de probabilidad de

colisionar, siendo el efecto acumulativo de colisiones una de las mayores preocupaciones cuando se evalúa el efecto negativo de los parques eólicos sobre la vida silvestre (Drewitt & Langston, 2006).

En definitiva, hace falta más estudios ya que el efecto de los parques eólicos como barreras para los flujos de las aves migratorias todavía no se comprenden, aunque algunos informes sugieran que constituyen una perturbación (Camiña, 2002).

4.2.5. Afecciones a la avifauna según el tipo de movilidad

Además del estatus migratorio, se ha querido dividir las especies en dos categorías; por un lado las especies con movilidad elevada (tanto especies locales como migratorias) y por otro las especies que están más fijadas a un territorio.

Esto es porque como ya se ha comentado, el estatus migratorio no es muy relevante a la hora de la colisión, pero sí se sospecha que a mayor movilidad y mayores desplazamientos realiza una especie, mayor probabilidad tiene de colisionar.

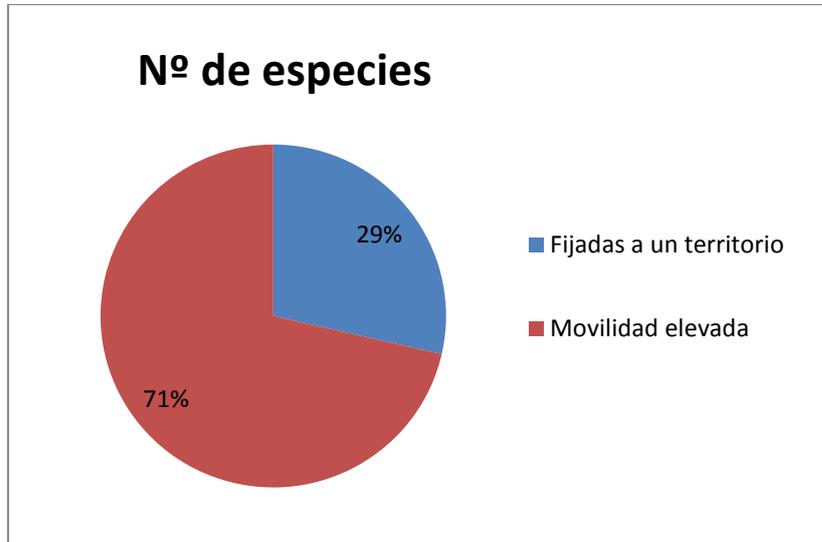
Es por ello que podríamos clasificar nuestras especies objeto de estudio de la siguiente manera:

- Fijadas a un territorio: halcón peregrino, cernícalo vulgar, águila real, azor, busardo ratonero, búho real, mochuelo común, cogujada común y montesina, gorrión chillón, alondra totovía y alondra ricotí.
- Movilidad elevada: el resto de especies de la tabla.

	Nº de especies	Nº de individuos
Fijadas a un territorio	12	55
Movilidad elevada	30	1158
TOTAL	42	1213

Tabla 7: Número de especies e individuos afectados según su movilidad

Fuente: elaboración propia



Gráfica 4: Porcentaje de especies afectadas según su movilidad

Fuente: elaboración propia

Según los resultados recogidos en la tabla 7 se puede afirmar que las especies con mayor movilidad son las más afectadas.

4.2.6. Afecciones a la avifauna según su catalogación

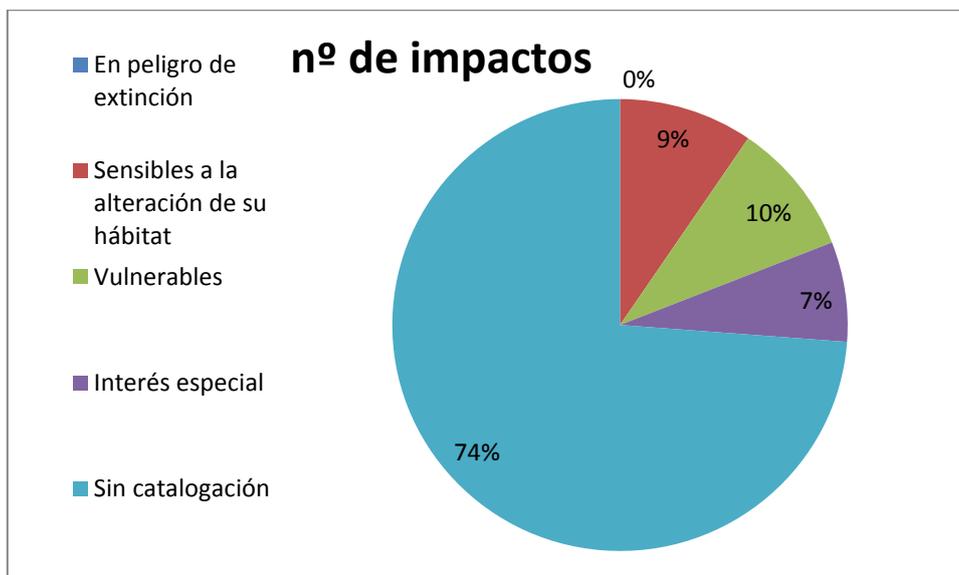
Se han catalogado todas las especies según el Real Decreto 139/2011 que regula el Catálogo Español de Especies Amenazadas y según el Decreto 181/2005 que regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. Pero resulta más interesante elegir el Decreto 181/2005 ya que es el que prevalece en el territorio objeto de estudio. Con esto, se ha elaborado la siguiente tabla y gráfica correspondiente:

Categoría	nº de impactos
En peligro de extinción	0
Sensibles a la alteración de su hábitat	4
Vulnerables	4

Interés especial	3
Sin catalogación	31

Tabla 8: Número impactos según su catalogación en Aragón

Fuente: elaboración propia



Gráfica 5: Porcentaje de nº de impactos según su catalogación en Aragón

Fuente: elaboración propia

Las tres cuartas partes de los individuos afectados no tienen ninguna catalogación y el otro cuarto se reparte entre vulnerables, sensibles a la alteración de su hábitat e interés especies, en respectivo orden.

Cabe destacar que de todas las especies afectadas, ninguna de ellas está en peligro de extinción.

4.3. Importancia de variables ambientales sobre la colisión de la avifauna:

4.3.1. CASO 1: PARQUE EÓLICO LA LOBA

4.3.1.1. Estudio descriptivo de las todas variables

Lo primero que debemos saber es qué tipo de variables son, para así decidir qué tipo de gráfico es más adecuado utilizar y cómo realizar el estudio descriptivo:

- Nº impactos: cuantitativa discreta
- Altura (msnm): cuantitativa continua
- Desviación de la altitud respecto a la altitud media: cuantitativa continua
- % Cobertura vegetal: cuantitativa continua
- Tipo de cobertura vegetal: cualitativa nominal
- Distancia a la pendiente más cercana: cuantitativa continua
- % Pendiente: cuantitativa continua
- Orientación de la pendiente: cualitativa nominal
- Distancia al centro del parque eólico (m): cuantitativa continua
- % Distancia al centro: cuantitativa continua
- Aerogenerador más al W: cuantitativa continua
- Aerogenerador más al N: cuantitativa continua

A continuación se muestra la tabla 9 con los resultados obtenidos para las medidas de posición, dispersión y forma de todas las variables cuantitativas, que posteriormente se han representado mediante un histograma (menos “nº de impactos” que al ser una cuantitativa discreta se utiliza el diagrama de barras), y por otro lado se muestra la tabla de frecuencias que se ha utilizado para la única variable cualitativa, con la presentación de la misma mediante

el diagrama de barras. Los datos a partir de los cuales podemos realizar el estudio descriptivo y la parte de inferencia estadística se pueden consultar en el ANEXO 2.

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
Nº impactos	2,867	2,77	2	0	10	10	2,5	0,9662	1,1216
Altura (msnm)	307,2	2,2	307,1	302,9	310,2	7,3	3,3	0,0072	-0,2951
Desv. altitud respecto a la media	0	2,2	-,048	-4,315	2,985	7,3	3,35	0	-0,2951
% Cobertura vegetal	88,33	8,59	90	75	100	25	5	0,0972	-0,3037
Distancia a pendiente más cercana	115,82	133,22	76,17	11	511,89	500,89	85,39	1,1502	1,8916
% Pendiente	10,082	5,05	10	3,78	20,69	16,91	8,17	0,5009	0,4772
Distancia al centro (m)	743,1	288,48	626,3	283,3	1300,7	1017,4	408,1	0,3882	0,2537
% Distancia al centro	0,5713	0,22	0,4815	0,2178	1	0,7822	0,3138	0,3851	0,2537
Aerogenerador más al W	1116	627,14	1257	0	2034	2034	974	0,5619	-0,2942
Aerogenerador más al N	823,1	526,44	805,5	0	1736,2	1736,2	747	0,6396	0,1858

Tabla 9: Medidas de posición, dispersión y forma para las variables cuantitativas.

Fuente: elaboración propia

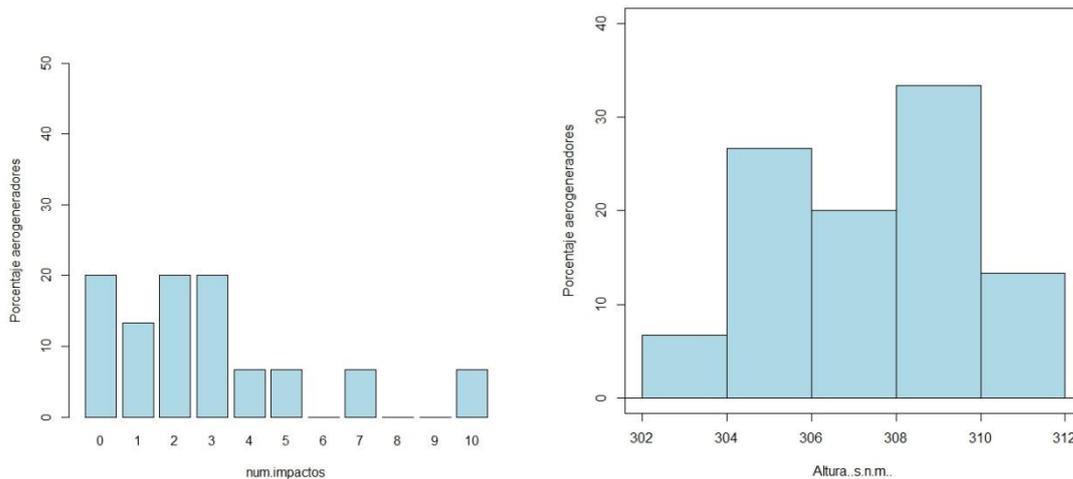
Frecuencia	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Nº veces	5	1	4	0	2	0	1	2
Porcentaje	33,33	6,67	26,67	0	13,33	0	6,67	13,33

Tabla 10: Tabla de frecuencia de la variable cualitativa "Orientación de la pendiente"

Fuente: elaboración propia

Las representaciones gráficas correspondientes a las variables anteriores son las siguientes:

VARIABLES CUANTITATIVAS

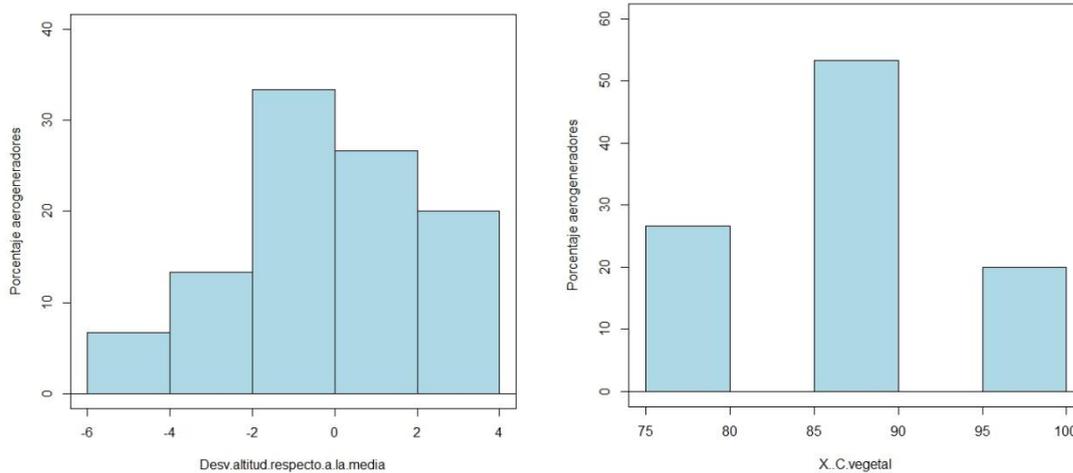


Gráfica 6: Diagrama de barras para "nº de impactos"

Fuente: R Commander. Elaboración propia

Gráfica 7: Histograma para "altura"

Fuente: R Commander. Elaboración propia

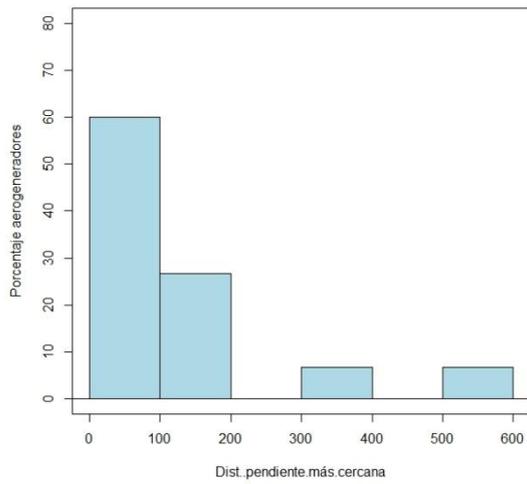


Gráfica 8: Histograma para "desviación de la altitud respecto a la media"

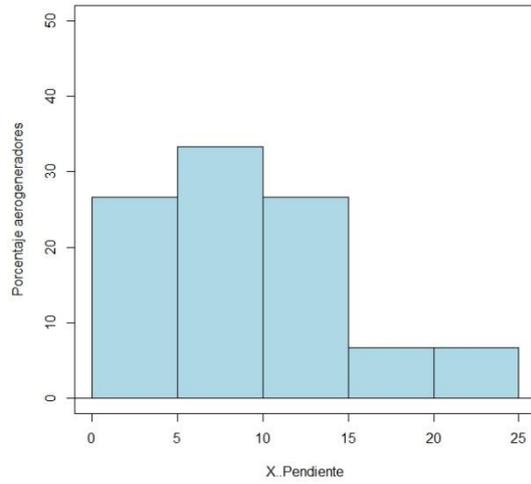
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Gráfica 9: Histograma para "% Cobertura vegetal"

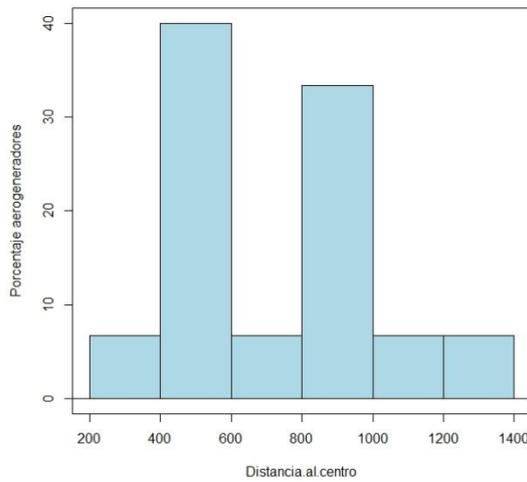
Fuente: R Commander. Elaboración



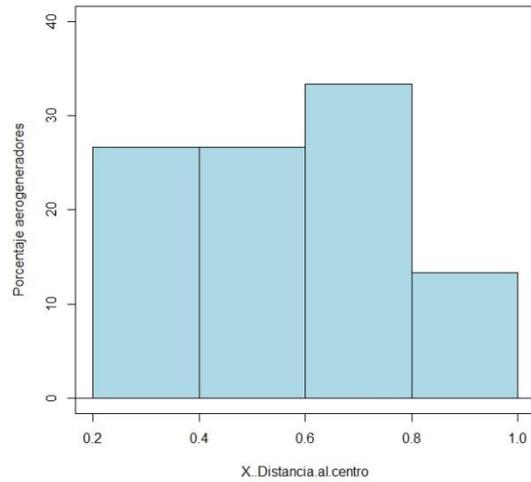
Gráfica 10: Histograma para “distancia a la pendiente más cercana (m)”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



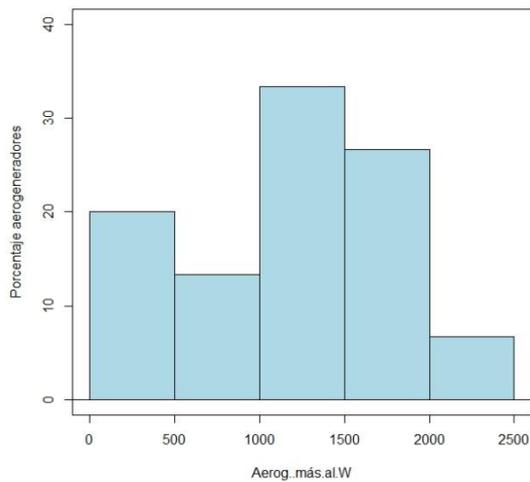
Gráfica 11: Histograma para “% de pendiente”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 12: Histograma para “distancia al centro (m)”
Fuente: R Commander. Elaboración propia

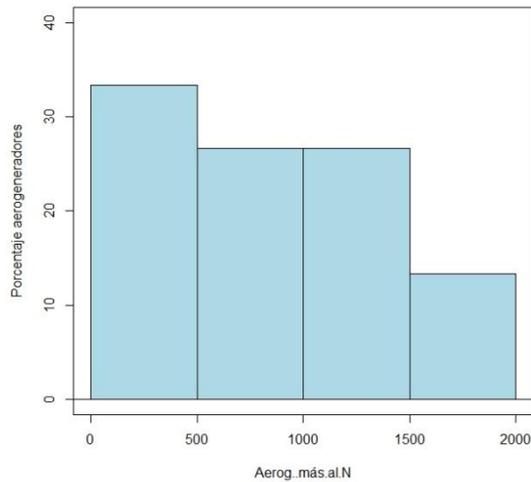


Gráfica 13: Histograma para “% de distancia al centro”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 14: Histograma para “% de distancia al centro”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 15: Histograma para “% de distancia al centro”

Fuente: R Commander. Elaboración propia

Según las gráficas, podemos llegar a los siguientes resultados en cada una de las variables:

- **Nº impactos:**

El número de impactos oscila entre 0 y 10 impactos, mostrando la mayor frecuencia entre 0 y 3 impactos. La media equivale a 2,87 impactos con una desviación típica de 2,77 impactos.

Tanto el diagrama de barras como el coeficiente de Fisher (valor positivo) nos indica que la variable tiene una asimetría positiva.

- **Altura (msnm):**

La altura a la que están situados los aerogeneradores oscila entre 302 y 312 metros sobre el nivel del mar. El mayor grueso de frecuencia lo tiene entre los 304 y 310 metros, por lo que lo más frecuente en este parque

es que los aerogeneradores estén próximos a la altura media del terreno. Dicha altura es 307,2 m con una desviación típica de 2,2 m.

El histograma no deja claro que tipo de asimetría presenta, pero si recurrimos al coeficiente de Fisher podemos ver que es un valor negativo, por lo que tiene cierta tendencia negativa o lo que es lo mismo, una asimetría negativa.

- **Desviación de la altitud respecto a la altitud media:**

Esta variable toma valores desde -6 a 4, siendo los valores negativos los que están por debajo de la media y los positivos los que están por encima. El gráfico nos muestra que existe mayor frecuencia cuando los aerogeneradores están en torno a la media de la altura topográfica del terreno, por lo que nos confirma la anterior variable.

Tanto el histograma como el coeficiente de Fisher (valor negativo) nos indica que la variable tiene una asimetría negativa.

- **% Cobertura vegetal:**

Se trata de una variable que va desde el 75% de cobertura vegetal al 100%, siendo la máxima frecuencia entre el 85 – 90 %. La media es 88,3% con una desviación típica de 8,59%.

Visualmente, en el histograma, se podría pensar que es simétrica, pero al comprobarlo en el coeficiente de Fisher se muestra que tiene una ligera asimetría negativa.

- **Distancia a la pendiente más cercana:**

Esta variable tiene un recorrido que va desde los 0 a los 600 metros, siendo de 0 a 150 metros a la pendiente más cercana donde muestra la

mayor frecuencia. La distancia media está en 115,82 metros con una desviación típica de 133,22 metros.

Tanto en el histograma como en el coeficiente de Fisher se observa claramente que muestra una asimetría positiva.

- **% Pendiente:**

En esta parque encontramos un porcentaje de pendiente que va desde el 0 al 25%, mostrando que la mayor frecuencia está entre el 0-15 % de pendiente. La media de esta variable es de un 10% con una desviación típica del 5%.

De forma visual, en el histograma, se podría pensar que es simétrica, pero al comprobarlo en el coeficiente de Fisher se muestra que tiene una ligera asimetría positiva.

- **Distancia al centro del parque eólico (m):**

Se trata de una variable que adquiere valores desde los 200 hasta los 1400 metros. El gráfico representa que la máxima frecuencia es entre los 400 – 600 metros del centro y entre los 800 – 1000. La media es 743,1 metros con una desviación típica de 288,48 metros.

Viendo el histograma se podría pensar que es una distribución simétrica, si comprobamos el coeficiente de Fisher podemos afirmarlo y añadir que tiene una ligerísima tendencia positiva.

- **% Distancia al centro:**

Su recorrido va desde el 0,2 al 1%, siendo el 0,2% los aerogeneradores que están más en el centro y el 1% los que están más en la periferia. La frecuencia es mayor en 0,3-0,5% y en 0,6-0,8%. La media es 0,57% con una desviación típica de 0,22%.

Al igual que en el caso anterior, según el histograma se podría pensar que es una distribución simétrica, si comprobamos el coeficiente de Fisher podemos afirmarlo y añadir que tiene una ligerísima tendencia positiva.

- **Aerogenerador más al W:**

Se trata de una variable que va desde los 0 hasta los 2500 metros. El que está en los 0 metros es el que está más al W y el que está en 2500 es el que está más al E. El mayor grueso de frecuencia se registra entre los 1000 y 2000 metros, por lo que está más o menos a mitad entre W y E. Tiene una media de 1116 metros con una desviación típica de 627,14 metros.

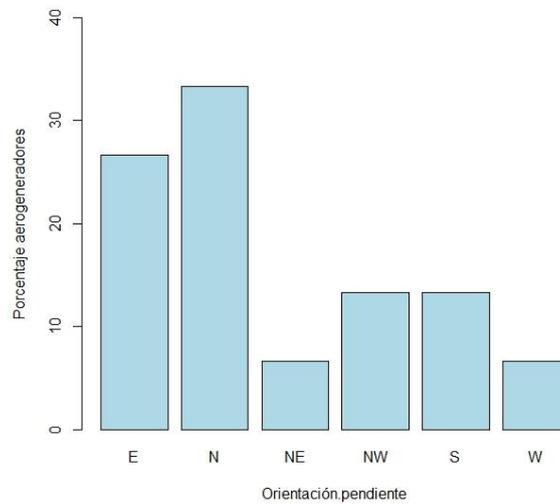
En primer momento, viendo el histograma se podría pensar que es una distribución simétrica, pero si comprobamos con el coeficiente de Fisher, tiene un valor negativo no muy elevado, por lo que tiene tendencia a asimetría negativa.

- **Aerogenerador más al N:**

Variable cuyo recorrido oscila entre los 0 y 2000 metros. El que está en los 0 metros es el que está más al N y el que está en 2000 es el que está más al S. La máxima frecuencia se presenta en los que están entre 400 y 600 metros más alejados del N. La media tiene un valor de 823,1 metros con una desviación típica de 526,44 metros.

El histograma parece indicar que la distribución es simétrica con cierta tendencia a la asimetría positiva, deducción que se corrobora con el coeficiente de Fisher.

VARIABLES CUALITATIVAS



Gráfica 16: Diagrama de barras para “orientación de la pendiente”

Fuente: R Commander. Elaboración propia

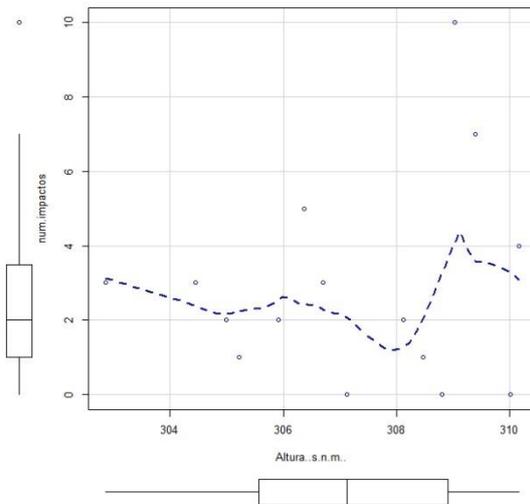
- **Orientación de la pendiente:**

En este caso, al tratarse de una variable cualitativa nominal, no disponemos de coeficiente de Fisher y además, se utiliza el diagrama de barras en vez de histograma. Con dicho gráfico obtenemos que la mayor frecuencia está en los aerogeneradores que están próximos a pendientes con orientación N y E.

4.3.1.2. Estudio inferencial para variables cuantitativas

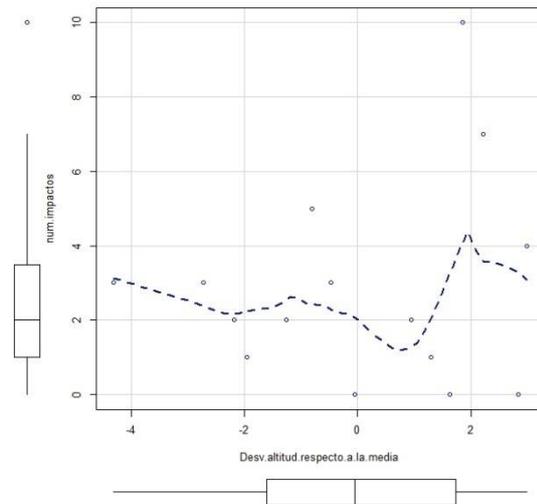
4.3.1.2.1. Diagramas de dispersión

A continuación se adjuntan los diagramas de dispersión realizados para el “nº de impactos” y el resto de variables cuantitativas, y los resultados que podemos obtener de ellos:



Gráfica 17: Diagrama de dispersión para “altura”

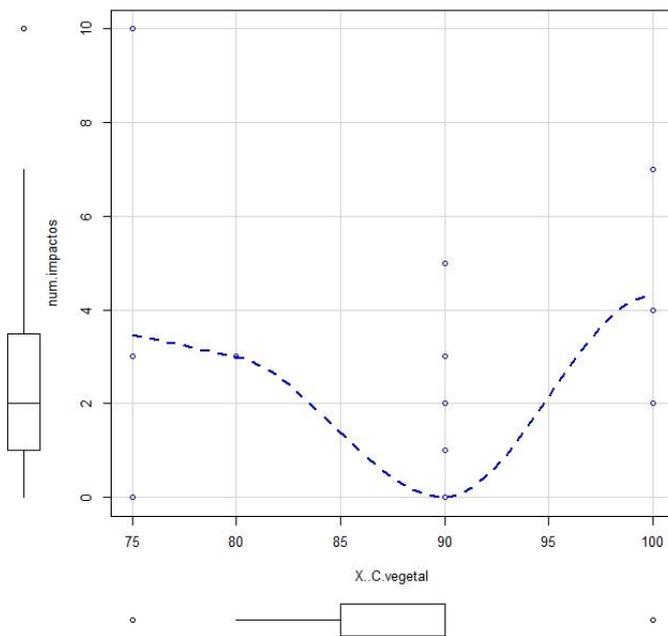
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 18: Diagrama de dispersión para “desviación de la altitud respecto a la media”

Fuente: R Commander. Elaboración propia

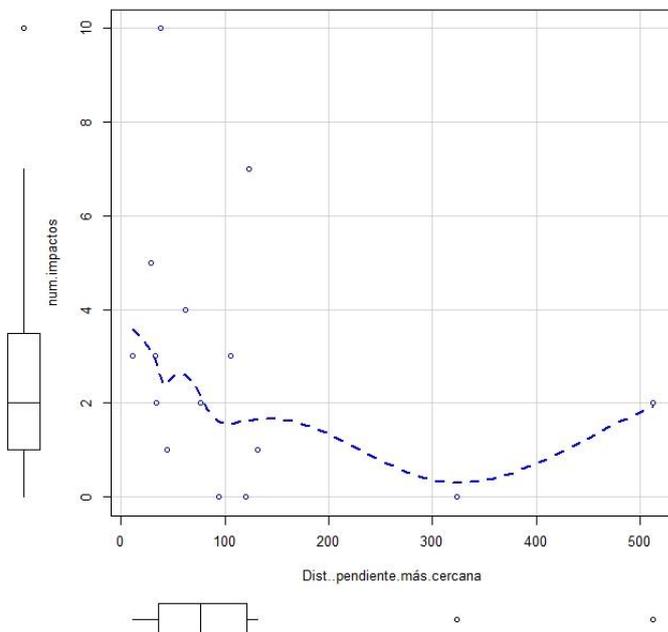
Para “Altura (m.s.n.m.)” y “Desviación de la altitud respecto a la altitud media” que están relacionadas entre sí (de hecho se observa la misma línea de suavizado y los mismos puntos distribuidos por el diagrama), se puede ver que tienen cierta relación con “nº de impactos”, aunque dicha relación no es lineal.



En este caso, el porcentaje de cobertura vegetal no parece que sea muy relevante, ya que no existe ningún tipo de relación entre ambas variables.

Gráfica 19: Diagrama de dispersión para “% Cobertura vegetal”

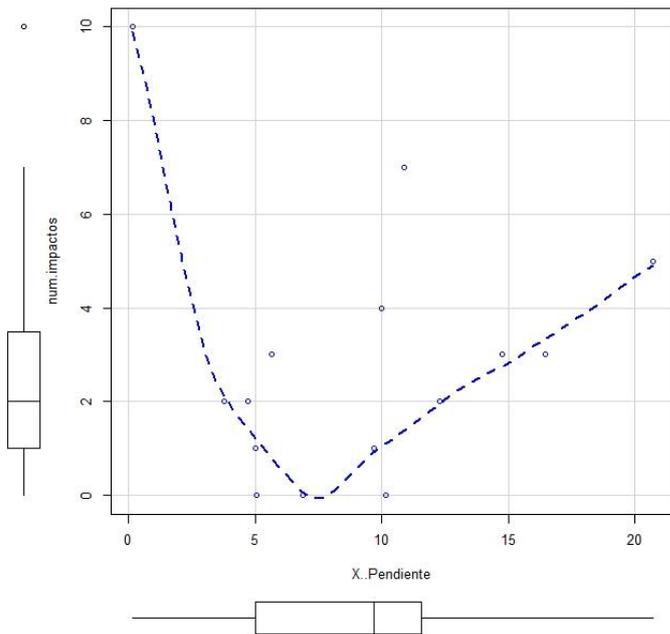
Fuente: R Commander. Elaboración propia



La distancia a la pendiente más cercana (m) parece que tiene más relación con el n° de impactos, aunque tampoco resulta una relación lineal. La mayoría de los impactos se recogen entre los primeros 100 metros, por lo que seguramente resulte decisiva.

Gráfica 20: Diagrama de dispersión para “distancia a la pendiente más cercana (m)”

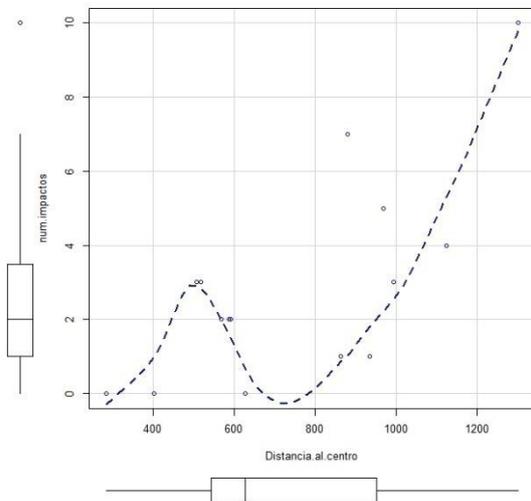
Fuente: R Commander. Elaboración propia



En este caso, se no se aprecia ningún tipo de relación lineal entre el nº de impactos y el porcentaje de pendiente.

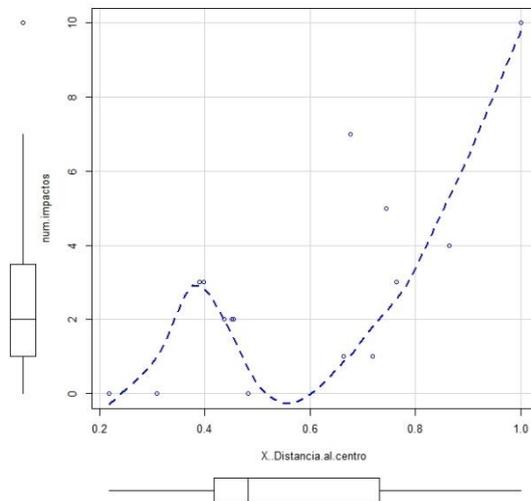
Gráfica 21: Diagrama de dispersión para “% de pendiente”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 22: Diagrama de dispersión para “distancia al centro (m)”

Fuente: R Commander. Elaboración propia

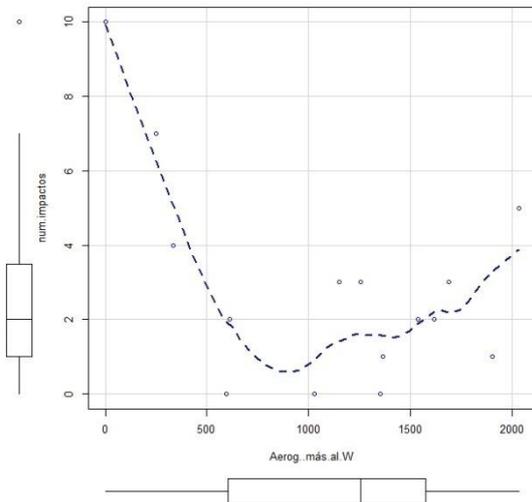


Gráfica 23: Diagrama de dispersión para “% de distancia al centro”

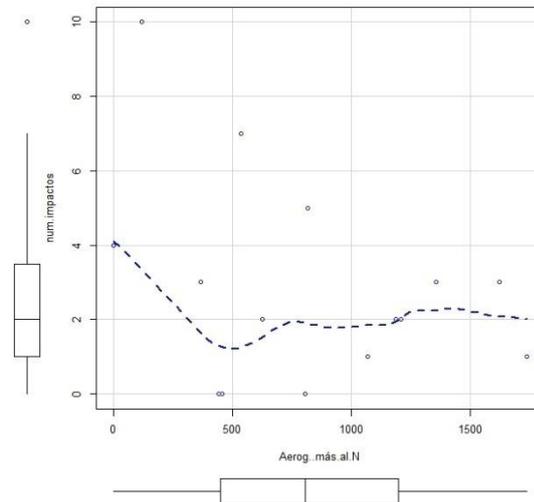
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Para la variable “Distancia al centro (m)” y “% Distancia al centro”, se muestran los mismos valores en el diagrama y la misma línea de suavizado, porque

están íntimamente relacionadas. Se aprecia cierta tendencia lineal desde los 700 metros del centro en adelante, lo que nos hace pensar que estas variables están relacionadas con el número de impactos; siendo más frecuentes los que se ubican más alejados del centro o en la periferia.



Gráfica 24: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al W”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 25: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al N”
Fuente: R Commander. Elaboración propia

En cuanto a si son más conflictivos los aerogeneradores que están más al W o al N, podemos ver gracias a los diagramas, que en el primer caso existe cierta relación lineal entre los 0 y 750 metros, por lo que los que están más al W es probable que sí que sean más conflictivos que los que están al E. Para el segundo caso, se aprecia ningún tipo de relación, por lo que no sería muy relevante que los aerogeneradores estén más al N que al S.

4.3.1.2.2. Coeficientes de correlación de Pearson

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los coeficientes de Pearson correspondientes (los p-valores se pueden encontrar en ANEXO 3):

LA LOBA	Nº impactos	Altura (msnm)	% Cobertura vegetal	Distancia a pendiente más cercana	% Pendiente	Distancia al centro (m)	Aerogenerador más al W	Aerogenerador más al N
Nº impactos	1	0.1615	-0.0699	-0.2855	-0.0114	0.7047	-0.4768	-0.3664

Tabla 11: Coeficientes de correlación de Pearson

Fuente: R Commander. Elaboración propia

Con estos datos se puede ver que la mayor correlación existente está entre el nº de impactos y la distancia al centro del parque eólico, ya que en el coeficiente de Pearson se ha obtenido un valor elevado, por lo que ésta sería la variable más influyente sobre número de impactos.

Este resultado no coincide con los de otros autores, los cuales indicaron que la mayor parte de las situaciones de riesgo son la zona central y la zona oriental, principalmente en la zona central (Lekuona, 2001), u otros estudios en los que directamente se concluye con que no había diferencias significativas entre la frecuencia de accidentes asociados con turbinas de la extremidad de una hilera y los que tuvieron lugar en turbinas de la parte central de la hilera (Lekuona y Ursua, 2007).

Por otro lado, existen otros estudios en los que han demostrado que sí que guarda relación:

- Orloff & Flannery (1992, 1996) y Curry & Kerlinger (2000) observaron una mayor tasa de accidentes en las turbinas del extremo de una hilera que en las de la zona central. Estos autores explicaban este patrón por la cercanía de las turbinas distales a desfiladeros y zonas escarpadas, donde los vientos soplan generalmente con mayor velocidad y las rapaces realizan lances de caza laterales y usan los vientos de ladera para ganar altura (Sterner et. al., 2007).
- Otros estudios ponen de manifiesto que unos pocos aerogeneradores eran responsables de múltiples accidentes, mientras que en la mayoría de las turbinas no ocurría ninguna colisión. Sugirieron además una posible asociación entre una mayor

frecuencia de colisiones y la posición de los aerogeneradores en los extremos de una hilera (Thelander & Smallwood, 2007).

Como existe tanta variabilidad en los estudios, se considera necesaria la evaluación de cada parque, ya que las colisiones dependen en gran medida del uso que hace la avifauna del espacio, y los resultados obtenidos en otros estudios no son equiparables al nuestro.

4.3.1.2.3. Análisis multivariable (modelo de regresión)

Para ver qué variables guardan mayor correlación entre ellas, y cuáles de ellas son más óptimas para realizar el análisis multivariable, se muestra a continuación la tabla 12 correspondiente a los coeficientes de Pearson (p-valores en ANEXO 3).

LA LOBA	Altura (msnm)	% Cobertura vegetal	Distancia a pendiente más cercana	% Pendiente	Distancia al centro (m)	Aerogenerador más al W	Aerogenerador más al N
Altura (msnm)	-	-	-	-	-	-	-
% Cobertura vegetal	0.1958	-	-	-	-	-	-
Distancia a pendiente más cercana	0.4451	-0.05101	-	-	-	-	-
% Pendiente	-0.4698	0.0266	-0.3516	-	-	-	-
Distancia al centro (m)	0.2483	-0.06	-0.2774	0.1048	-	-	-
Aerogenerador más al W	-0.7362	0.0691	-0.3789	0.513	-0.2590	-	-
Aerogenerador más al N	-0.3414	0.0319	0.1379	-0.0063	-0.1327	0.5648	-

Tabla 12: Coeficientes de correlación de Pearson

Fuente: elaboración propia

Con estos datos podemos ver que las variables que guardan mayor correlación entre ellas, además de la obtenida en el apartado anterior, son:

- Nº de impactos con la Distancia al centro
- Altura con el aerogenerador más al W
- % Pendiente con el aerogenerador más al W
- Aerogenerador más al W con el aerogenerador más al N

A continuación, en la figura 16, se muestran los datos obtenidos al realizar el modelo lineal multivariable:

```
Call:
lm(formula = nº.impactos ~ Aerog..más.al.N + Aerog..más.al.w +
  Altura..s.n.m.. + Dist..pendiente.más.cercana + Distancia.al.centro +
  X..C.vegetal + X..Pendiente, data = Mallen)

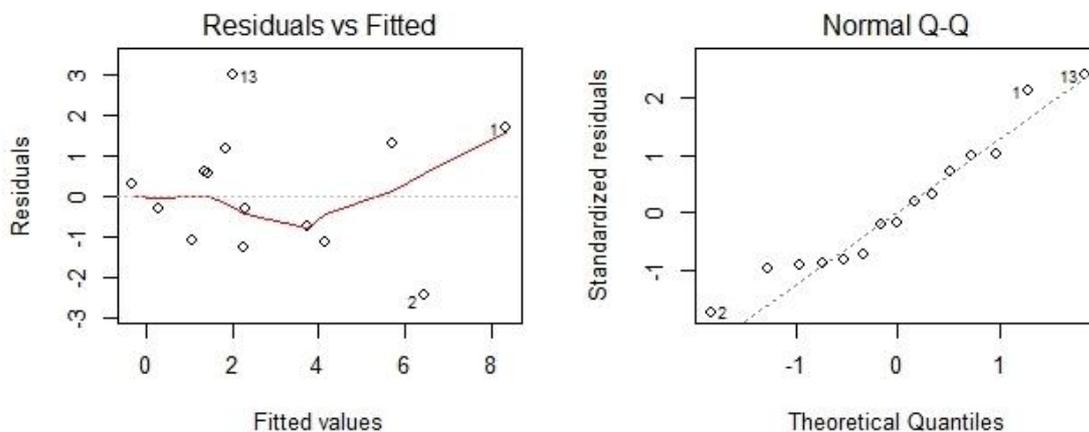
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.4354 -1.1222 -0.2927  0.8905  2.9718

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    175.8826865  131.1643005   1.341   0.2218
Aerog..más.al.N    0.0001374   0.0016447   0.084   0.9358
Aerog..más.al.w   -0.0034973   0.0018938  -1.847   0.1073
Altura..s.n.m..  -0.5716512   0.4342384  -1.316   0.2295
Dist..pendiente.más.cercana -0.0044011   0.0061927  -0.711   0.5003
Distancia.al.centro  0.0053646   0.0025142   2.134   0.0703
X..C.vegetal     0.0303258   0.0690333   0.439   0.6737
X..Pendiente     0.0236643   0.1396721   0.169   0.8703
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.998 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7407,    Adjusted R-squared:  0.4813
F-statistic: 2.856 on 7 and 7 DF,  p-value: 0.0948
```

Figura 16: Modelo lineal multivariable para parque eólico La Loba (nº impactos vs. todas variables)

Fuente: R Commander



Gráfica 26: Gráficas residuales de la regresión multivariable para La Loba (nº impactos vs. todas variables)

Fuente: R Commander

Al realizar dicho modelo lineal, obtenemos que el coeficiente de determinación ajustado (R^2) nos da un valor de 0,4813 y un p-valor de 0,09 (> 0.05), lo que significa que ninguna de las variables incluidas en el modelo tiene influencia. Obtener ese valor significa que sólo se vería explicado el 48,13% de la variabilidad del modelo, así que tenemos que eliminar diferentes variables que tienen correlaciones poco significativas para ver si mejora el modelo multivariable. Además de eso, el modelo no es muy fiable al tener tantas variables.

De los gráficos residuales podemos sacar las siguientes conclusiones:

- El primer gráfico, en el que aparecen los residuos estandarizados frente a los valores ajustados, no muestra ningún patrón, por lo que el modelo recoge toda la información. La línea de tendencia indica que no hay relación entre las variables.
- En el segundo gráfico de comparación de cuantiles de los residuos, la mayoría de los datos están en torno a la línea, hay 5 que se salen de la normalidad.

Como se ha comentado en el apartado de metodología, hay que eliminar las variables con las correlaciones más bajas (p-valores más altos) hasta que sólo nos queden variables con p-valores significativos. Tras hacer esto, que se muestra en el ANEXO 4, obtenemos finalmente que hay que realizar regresión simple con la variable “Distancia al centro”, obteniendo los siguientes resultados:

- Nº de impactos vs. Distancia al centro

En la siguiente figura se muestran los valores obtenidos con la regresión lineal simple:

```

Call:
lm(formula = n°.impactos ~ Distancia.al.centro, data = Mallen)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.1588 -1.5083  0.1894  1.1342  3.3547

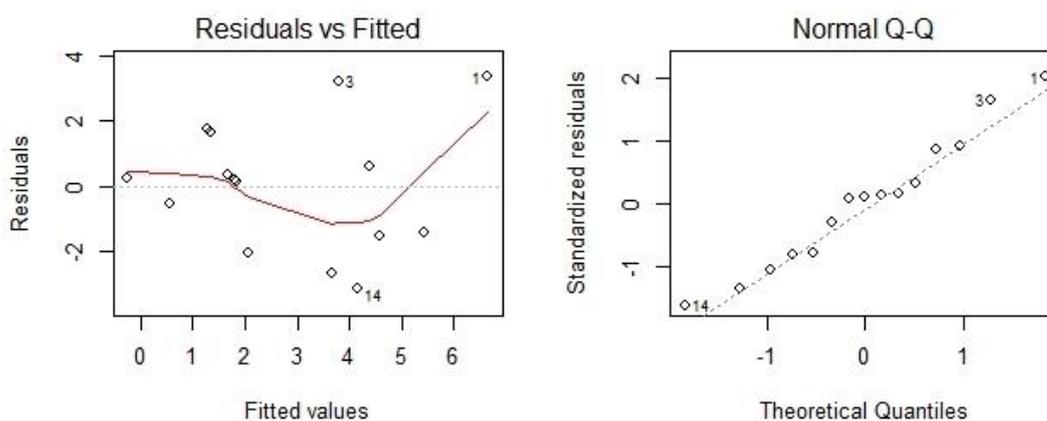
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -2.168372   1.501722  -1.444  0.17243
Distancia.al.centro  0.006776   0.001892   3.581  0.00335 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.043 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4966,    Adjusted R-squared:  0.4578
F-statistic: 12.82 on 1 and 13 DF,  p-value: 0.003352

```

Figura 17: Regresión lineal simple parque eólico La Loba para “nº de impactos” y “Distancia al centro”

Fuente: elaboración propia



Gráfica 27: Gráficas residuales de la regresión simple para parque eólico La Loba (nº impactos vs. Distancia al centro)

Fuente: R Commander

Obtenemos un R^2 de 0,4578, por lo que el 45,78% de la variabilidad del modelo se explica con esta variable, por lo que se demuestra que es la que más importancia tiene.

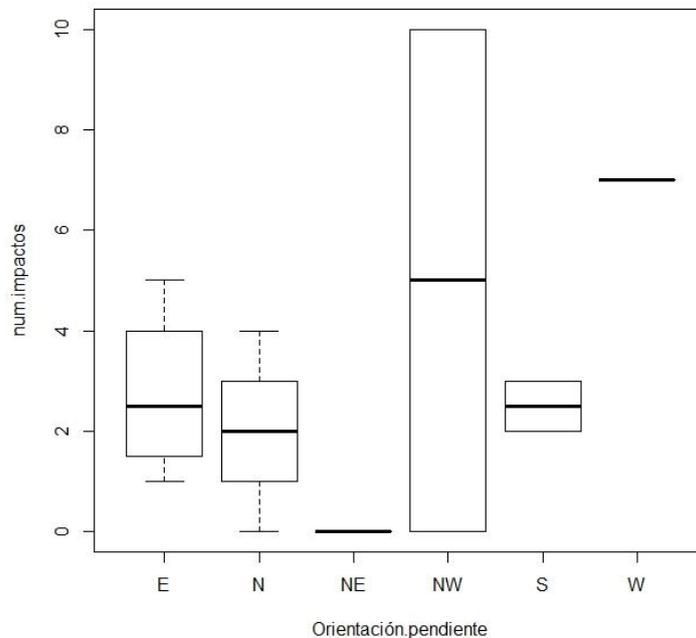
El resto de la variabilidad del modelo (54,22%) se explicaría con otras variables que no se han tenido en cuenta en el estudio, tales como otras variables físicas, relacionadas con la topografía o la meteorología, u otro tipo de

variables tales como el comportamiento de las aves frente a las turbinas o su altura de vuelo.

4.3.1.3. Estudio inferencial para variables cualitativas

4.3.1.3.1. Diagramas de caja

Para la única variable cualitativa se presenta el siguiente diagrama de caja que representa el número de impactos según la orientación de la pendiente, y del que podemos obtener los siguientes resultados:



Gráfica 28: Diagrama de caja para la variable “orientación de la pendiente”

Fuente: R Commander

- Aerogeneradores con pendientes con orientación al E: en su gran mayoría están entre 1,5 y 4 impactos, aunque hay algunos que bajan hasta 1 impacto o que llegan hasta 5 impactos. El 50% de los casos los impactos van desde 1 a 2,5 y el otro 50% desde el 2,5 al 5. No se muestran valores atípicos. Presenta una dispersión de los datos moderada y una cierta asimetría positiva.

- Aerogeneradores con pendientes con orientación al N: toma valores entre 0 y 4 impactos, siendo la mayoría entre 1 y 3. En el 50% de los casos los impactos van desde 0 a 2 y el otro 50% desde el 2 al 4. No se muestran valores atípicos. Presenta una dispersión de los datos moderada y puede considerarse una distribución simétrica.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al NE: sólo un aerogenerador está próximo a una pendiente con dicha orientación, siendo el único valor que toma el de 0 impactos.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al NW: se trata de la orientación que más impactos recibe, de 0 a 10. En el 50% de los casos los impactos van desde 0 a 5 y el otro 50% desde el 5 al 10. No se muestran valores atípicos. Presenta una gran dispersión de los datos y puede considerarse una distribución simétrica.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al S: para esta orientación, se registran impactos desde 2 a 3, siendo el 50% de los casos impactos de 2 a 2,5 y el otro 50% de 2,5 a 3. Es por ello que presenta una clara simetría y una baja dispersión de los datos. No se muestran valores atípicos.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al W: sólo un aerogenerador está próximo a una pendiente con dicha orientación, siendo el único valor que toma el de 7 impactos.

4.3.1.3.2. Test de Wilcoxon para dos muestras independientes

Ya que el diagrama de caja no muestra que la orientación de la pendiente sea muy influyente en cuanto al número de impactos, se ha optado no realizar el test de wilcoxon, ya que no se van a obtener resultados relevantes para el estudio.

4.3.2. CASO 2: PARQUE EÓLICO SAN JUAN DE BARGAS

4.3.2.1. Estudio descriptivo

Las variables son las mismas que para el caso 1, por lo que ya sabemos qué tipo de variables son y cómo hacer el estudio descriptivo.

A continuación se muestra la tabla 13 con diferentes medidas propias de una distribución de frecuencias para las variables cuantitativas continuas y discretas, que permitirán determinar sus características:

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
Nº impactos	2,393	4,9163	1	0	32	32	3	2,0545	4,1449
Altura (s.n.m.)	487,85	19,907	492,6	447	515,7	68,7	33,2	0,0408	-0,462
Desv. altitud respecto a la media	0,0003	19,907	4,776	-40,88	27,9	68,78	33,1	0	-0,462
% Cobertura vegetal	95,804	5,2895	100	80	100	20	10	0,0552	-0,7679
Distancia a pendiente + cercana	47,891	67,976	22,92	0	409,3	409,3	30,5	1,4194	3,4382
% Pendiente	25,957	11,14	25,2	6,2	57,1	50,9	12,87	0,4292	0,6602
Distancia al centro (m)	1079,9	643,22	1038,67	76,63	2497,6	2420,97	956,72	0,5956	0,2906
% Distancia al centro	0,489	0,2533	0,4947	0,0697	1	0,9303	0,3944	0,518	0,3111
Aerogenerador más al W	3415,6	1599,5	3579	0	5890	5890	2376	0,4683	-0,4326
Aerogenerador más al N	688,1	409,52	615,4	0	1722,5	1722,5	545,3	0,5951	0,5885

Tabla 13: Medidas de posición, dispersión y forma para las variables cuantitativas.

Fuente: elaboración propia

Para el caso de las variables cualitativas nominales, se han realizado las siguientes tablas de frecuencias:

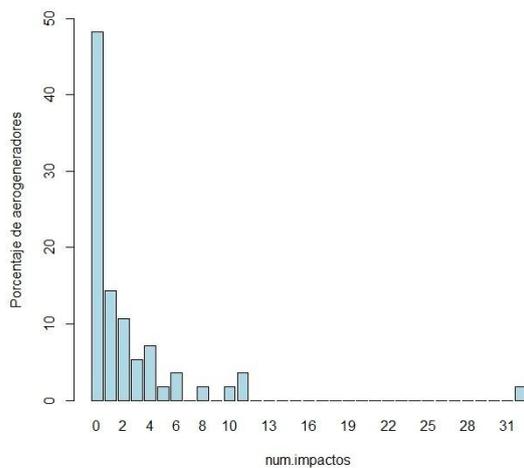
Frecuencia	N	NE	E	S	SW	W	NW
Nº veces	14	11	5	3	6	12	5
Porcentaje	25	19,64	8,93	5,36	10,71	21,43	8,93

Tabla 14: Tabla de frecuencias de la variable "Orientación de la pendiente"

Fuente: elaboración propia

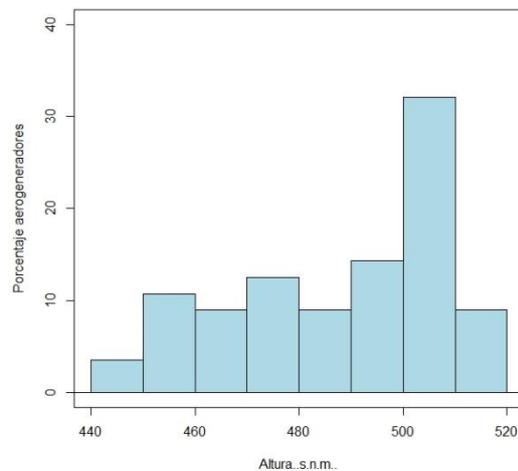
A continuación se presentan las representaciones gráficas de estos datos calculados; histogramas para las variables cuantitativas y diagrama de barras para las cuantitativas discretas y para cualitativas:

VARIABLES CUANTITATIVAS



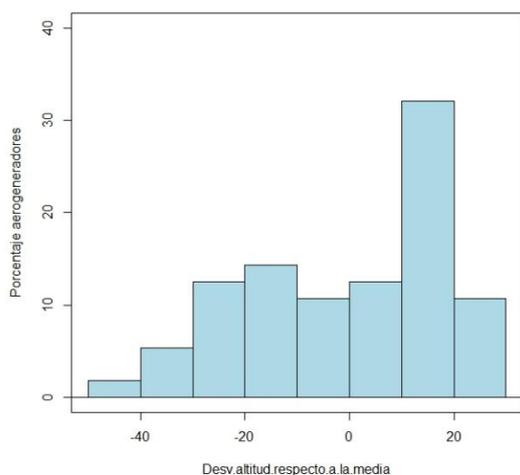
Gráfica 29: Diagrama de barras para "nº de impactos"

Fuente: R Commander. Elaboración propia

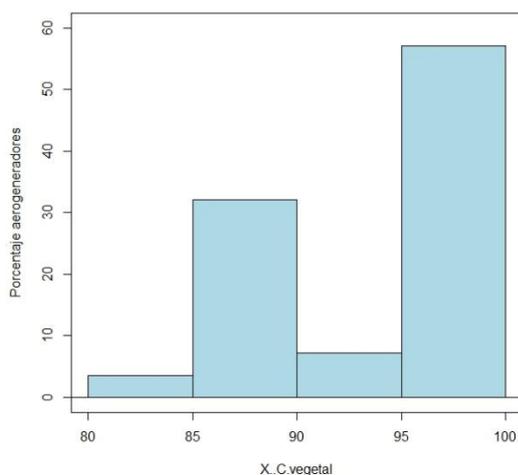


Gráfica 30: Histograma para "altura"

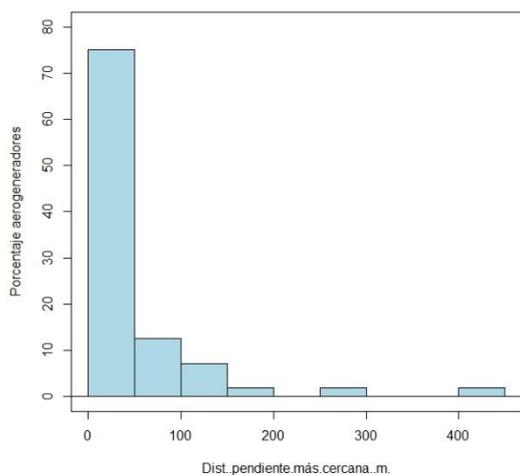
Fuente: R Commander. Elaboración propia



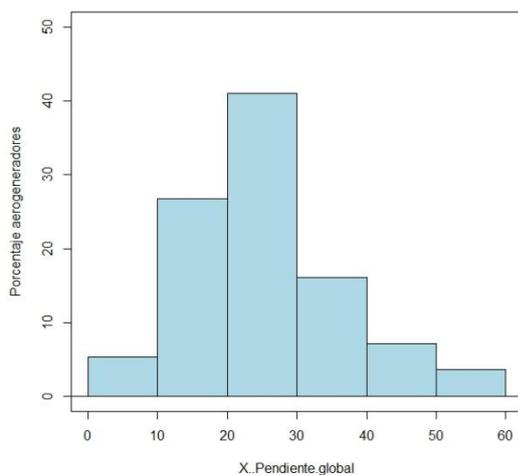
Gráfica 31: Histograma para “desviación de la altitud respecto a la media”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



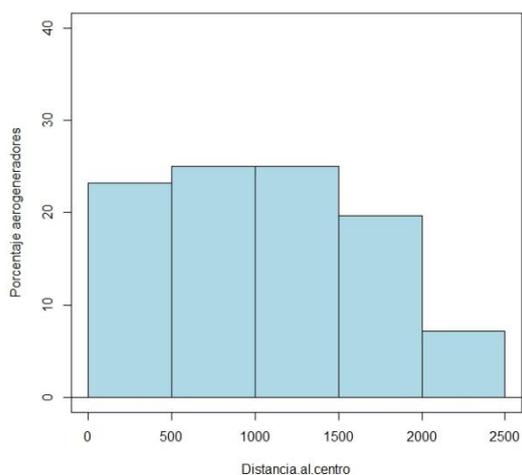
Gráfica 32: Histograma para “% Cobertura vegetal”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 33: Histograma para “distancia a le pendiente más cercana (m)”
Fuente: R Commander. Elaboración propia

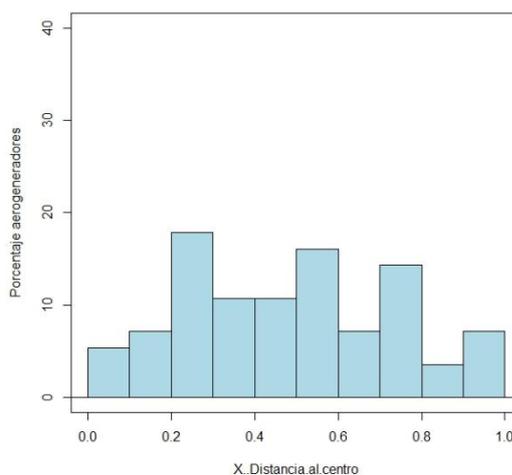


Gráfica 34: Histograma para “% de pendiente”
Fuente: R Commander. Elaboración propia



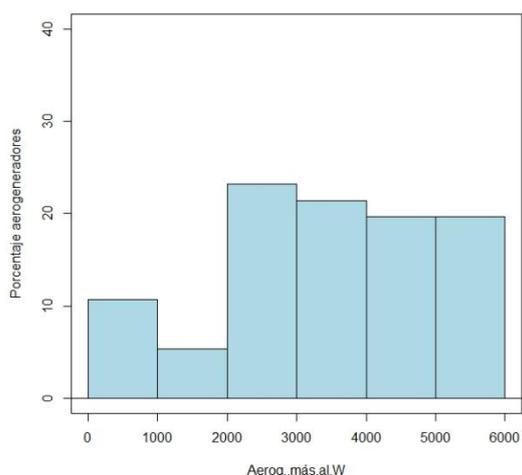
Gráfica 35: Histograma para “distancia al centro (m)”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



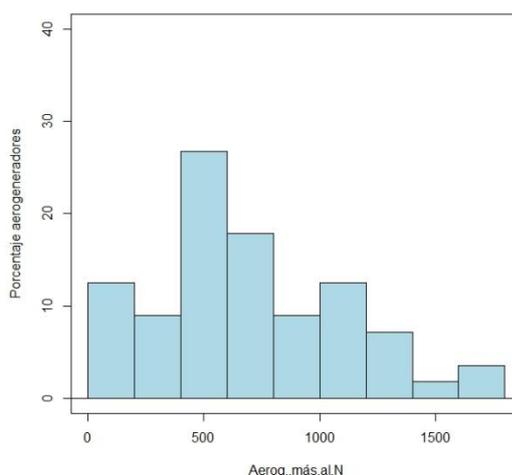
Gráfica 36: Histograma para “% de distancia al centro”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 37: Histograma para “aerogenerador más al W”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 38: Histograma para “aerogenerador más al N”

Fuente: R Commander. Elaboración propia

Según las gráficas, podemos llegar a los siguientes resultados en cada una de las variables:

- **Nº impactos:**

Variable discreta cuyo recorrido va desde los 0 hasta los 32 impactos, mostrando la mayor frecuencia entre 0 y 6 impactos. Tiene

una media de 2,4 impactos con una desviación típica de 4,9 impactos.

Tanto el histograma como el coeficiente de Fisher (valor positivo) nos indica que la variable tiene una asimetría positiva.

- **Altura (msnm):**

La variable toma valores entre los 440 y los 520 metros sobre el nivel del mar, siendo la máxima frecuencia en los 510 m. Su media está en 487,85 m con una desviación típica de 19,9 m.

El histograma da que pensar que pueda tener asimetría negativa, y si recurrimos al coeficiente de Fisher podemos ver que es un valor negativo, por lo que tiene cierta tendencia negativa o lo que es lo mismo, una asimetría negativa.

- **Desviación de la altitud respecto a la altitud media:**

Variable cuyo recorrido va desde -50 a 30, siendo máxima en 10-20, lo que significa que existe mayor frecuencia cuando los aerogeneradores están en torno a las cotas más altas, por lo que nos confirma la anterior variable.

Tanto el histograma como el coeficiente de Fisher (valor negativo) nos indica que la variable tiene una asimetría negativa.

- **% Cobertura vegetal:**

El porcentaje de cobertura vegetal comprende valores entre el 80 y el 100%. La máxima frecuencia se registra entre el 95 – 100 %. La media está en 95,8% con una desviación típica de 5,3%.

Visualmente, en el histograma, se podría pensar que es asimétrica negativa, y al comprobarlo en el coeficiente de Fisher se muestra que claramente tiene una asimetría negativa.

- **Distancia a la pendiente más cercana:**

En este caso el recorrido va desde los 0 a los 450 metros. La mayor frecuencia de impactos está entre los 0 y 50 metros de la pendiente más cercana. Su media toma el valor de 47,9 metros con una desviación típica de 67,97 metros.

Tanto en el histograma como en el coeficiente de Fisher se observa claramente que muestra una asimetría positiva.

- **% Pendiente:**

El porcentaje de pendiente está entre 0-60%, siendo del 20 al 30% la máxima frecuencia. La variable tiene una media de 26% con una desviación típica de 11,14%.

De forma visual, en el histograma, se podría pensar que es simétrica con tendencia hacia la asimetría positiva, y al comprobarlo en el coeficiente de Fisher se muestra que ciertamente tiene una ligera asimetría positiva.

- **Distancia al centro del parque eólico (m):**

Variable cuyo recorrido va desde 0 a 2500 metros. El gráfico representa que la máxima frecuencia es entre los 500 – 1500 metros del centro. La media toma el valor de 1080 m con una desviación típica de 643,22 m.

Viendo el histograma se podría pensar que es una distribución simétrica, si comprobamos el coeficiente de Fisher podemos afirmarlo y añadir que tiene una ligerísima tendencia positiva.

- **% Distancia al centro:**

La variable toma valores entre 0 y 1%. La mayor frecuencia la registra en los siguientes porcentajes: 0,2-0,3% y 0,5-0,6%. El valor de la media es 0,5% con una desviación típica de 0,25%.

Al igual que en el caso anterior, según el histograma se podría pensar que es una distribución simétrica, si comprobamos el coeficiente de Fisher podemos decir que muestra una asimetría positiva.

- **Aerogenerador más al W:**

En este caso, los valores oscilan entre los 0 metros (siendo los que están más al W) y los 6000 metros (aerogeneradores más al E). El grosor de frecuencia está entre los 2000-6000 m. Su media tiene un valor de 3415,6 m con una desviación típica de 1599,5 m.

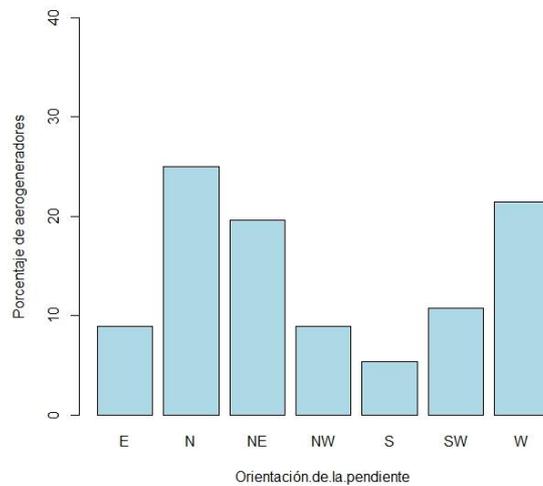
En primer momento, viendo el histograma se podría pensar que es una distribución asimétrica negativa, y si comprobamos con el coeficiente de Fisher, obtenemos también un valor negativo.

- **Aerogenerador más al N:**

El recorrido de esta variable va desde los 0 metros (aerogeneradores más al N) y los 1800 m. Aquí la máxima frecuencia está más localizada siendo entre los 400-600 m que corresponderían con los aerogeneradores que están casi a mitad entre N y S. El valor de la media es 688,1 metros con una desviación típica de 409,52 metros.

El histograma parece indicar que la distribución es simétrica con cierta tendencia a la asimetría positiva, deducción que se corrobora con el coeficiente de Fisher.

VARIABLES CUALITATIVAS



Gráfica 39: Diagrama de barras para “orientación de la pendiente”

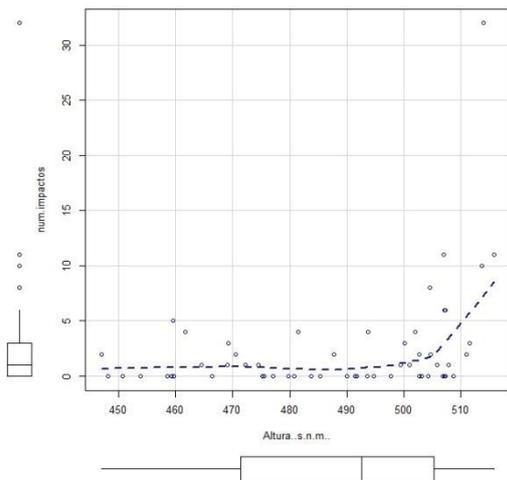
Fuente: R Commander. Elaboración propia

- **Orientación de la pendiente:** en este caso, al tratarse de una variable cualitativa nominal, no disponemos de coeficiente de Fisher y además, se utiliza el diagrama de barras en vez de histograma. Con dicho gráfico obtenemos que la mayor frecuencia de impactos son en los aerogeneradores que están próximos a pendientes con orientación N y W.

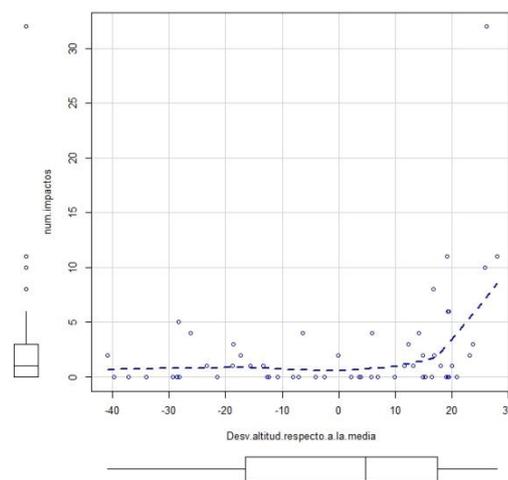
4.3.2.2. Estudio inferencial para variables cuantitativas

4.3.2.2.1. Diagramas de dispersión

A continuación se adjuntan los diagramas de dispersión realizados para el “nº de impactos” y el resto de variables cuantitativas, y los resultados que podemos obtener de ellos:

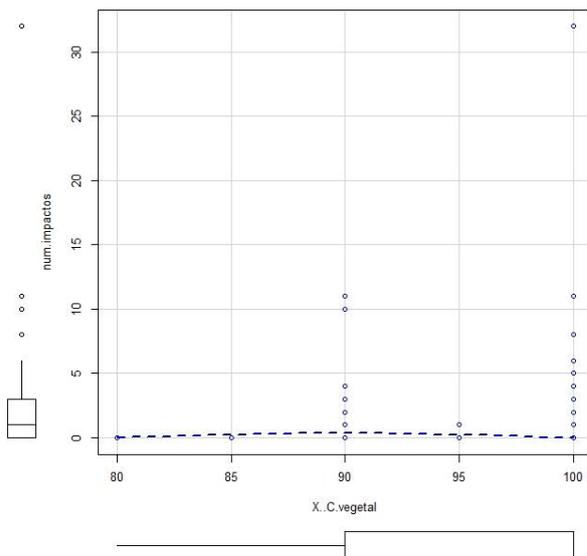


Gráfica 40: Diagrama de dispersión para “altura”
 Fuente: R Commander. Elaboración propia



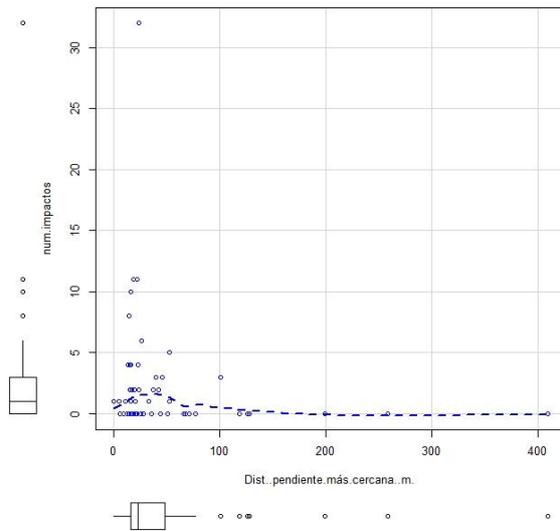
Gráfica 41: Diagrama de dispersión para “desviación de la altitud respecto a la media”
 Fuente: R Commander. Elaboración propia

Para “Altura (m.s.n.m.)” y “Desviación de la altitud respecto a la altitud media” que están relacionadas entre sí (de hecho se observa la misma línea de suavizado y los mismos puntos distribuidos por el diagrama), se puede ver que tienen cierta relación con “nº de impactos”, aunque dicha relación no es lineal. Dicha relación aparece en las altitudes más elevadas.



Gráfica 42: Diagrama de dispersión para “desviación de la altitud respecto a la media”
 Fuente: R Commander. Elaboración propia

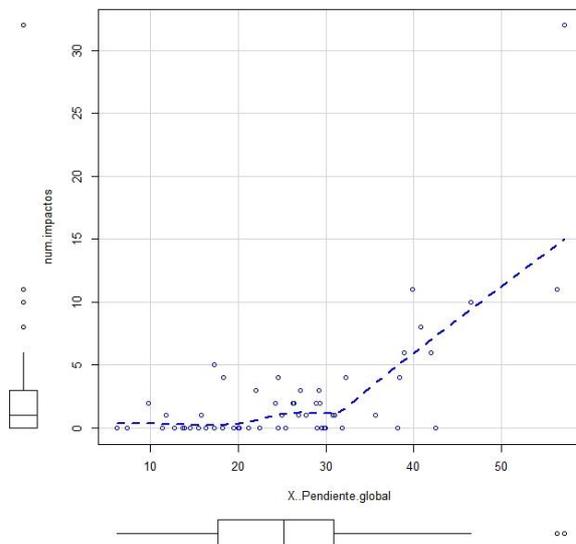
En este caso, el porcentaje de cobertura vegetal no parece que sea muy relevante, ya que no existe ningún tipo de relación entre ambas variables.



Al igual que en el otro parque eólico, la distancia a la pendiente más cercana (m) parece que tiene más relación con el n° de impactos, aunque tampoco resulta una relación lineal. La mayoría de los impactos se recogen entre los primeros 100 metros, por lo que seguramente resulte decisiva.

Gráfica 43: Diagrama de dispersión para “distancia a la pendiente más cercana (m)”

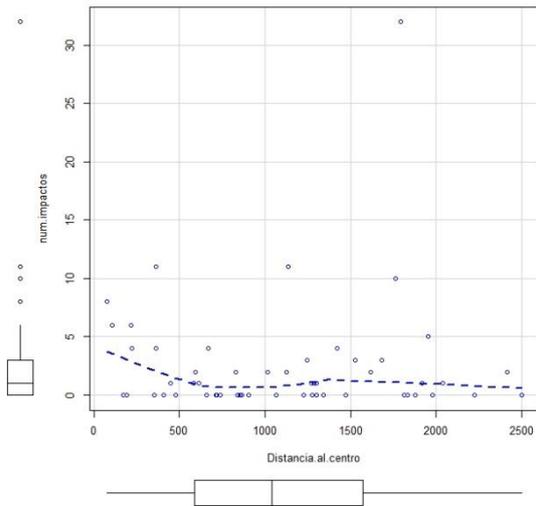
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Para el porcentaje de pendiente global se aprecia cierta relación lineal entre el n° de impactos y el porcentaje de pendiente del 30 al 60%.

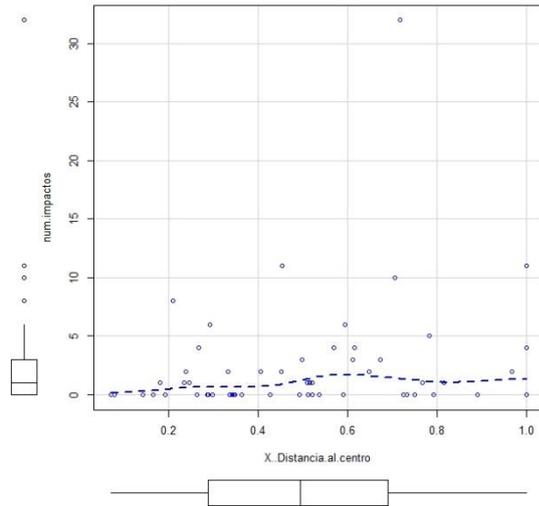
Gráfica 44: Diagrama de dispersión para “% pendiente”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 45: Diagrama de dispersión para “distancia al centro (m)”

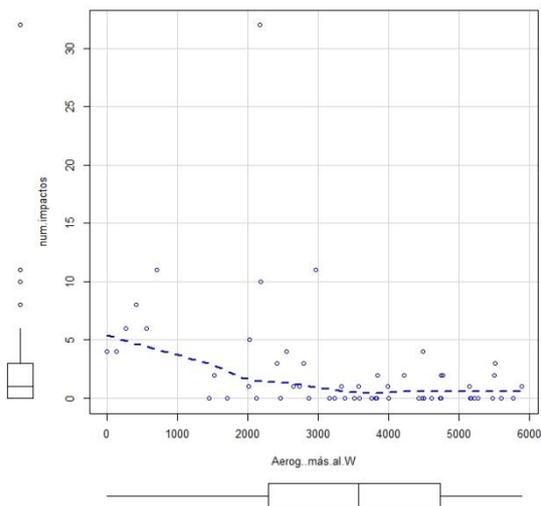
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 46: Diagrama de dispersión para “% distancia al centro”

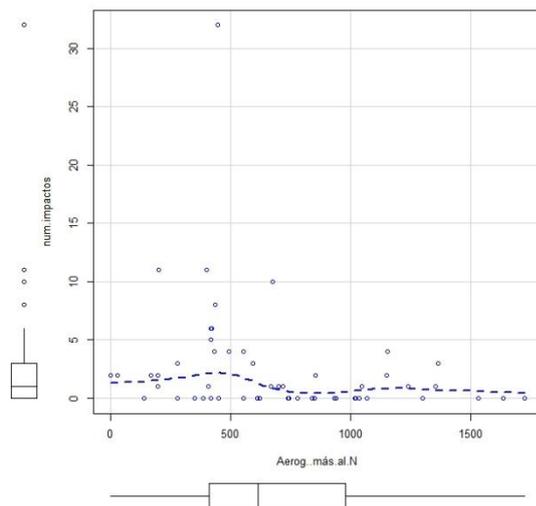
Fuente: R Commander. Elaboración propia

En este caso, parece ser que la variable “nº de impactos” no es muy dependiente de la variable “Distancia al centro (m)” y “% Distancia al centro”, ya que no se observa ningún tipo de relación.



Gráfica 47: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al W”

Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 48: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al N”

Fuente: R Commander. Elaboración propia

En cuanto a si son más conflictivos los aerogeneradores que están más al W o al N, en este parque no está muy claro. Se quiere observar cierta relación en los aerogeneradores que están más al W (entre los 0 y 2000 metros), pero para el segundo caso, no se aprecia ningún tipo de relación, por lo que no sería muy relevante que los aerogeneradores estén más al N que al S.

4.3.2.2.2. Coeficientes de correlación de Pearson

A continuación se presenta una tabla en la que se muestran los coeficientes de Pearson (los respectivos valores de p-valor están en el ANEXO 3) para la variable número de impactos respecto al resto de variables:

SJ BARGAS	Nº impactos	Altura (msnm)	% Cobertura vegetal	Distancia a pendiente más cercana	% Pendiente	Distancia al centro (m)	Aerogenerador más al W	Aerogenerador más al N
Nº impactos	1	0.3388	0.138	-0.1655	0.6482	0.0451	-0.3882	-0.2314

Tabla 15: Coeficientes de correlación de Pearson

Fuente: elaboración propia

Con estos datos se puede ver que la mayor correlación existente está entre el nº de impactos y % de pendiente, ya que en el coeficiente de Pearson se ha obtenido un valor elevado, por lo que ésta sería la variable más influyente sobre número de impactos.

Que hayamos obtenido este resultado podría ser debido a que se trata de un terreno más desigual, con pequeños montículos con pendientes muy pronunciadas entre zonas más llanas. La existencia de estas laderas sería lo que favorecería las colisiones, ya que las aves planeadoras utilizan los vientos de ladera para ganar altura.

Los vuelos para ganar altura son peligrosos cuando las aves grandes, como los buitres, empiezan cicleando por debajo del nivel de las turbinas y, al mismo

tiempo, la fuerza de la corriente de aire sustentadora les permite alcanzar la cima de la ladera pero no es suficiente para que asciendan por encima del nivel del rotor (Barrios & Rodríguez, 2004).

Según algunos autores, la peligrosidad de un área determinada dentro de un parque eólico depende de cómo se comportan las aves allí, del modo en que usan los vientos de ladera y, sobre todo, de las interacciones locales entre viento y topografía (Barrios & Rodríguez, 2004).

Se trata de un resultado que no se puede aplicar al resto de parques eólicos, ya que como se ha mencionado, cada caso es único. Si buscamos otros estudios similares obtenemos los siguientes resultados:

- Las tasas de mortalidad mostraron una relación débil con elementos topográficos tales como la pendiente, pero los aerogeneradores situados en cañones mataron más rapaces (Thelander & Smallwood, 2007).
- Características fisiográficas específicas, como la pendiente, la altura y otros factores relacionados, contribuyen a la mortalidad de las aves en los parques eólicos. En el caso de Altamont Pass se demostró que el factor principal que afecta al comportamiento y la muerte de las aves es la ubicación de las turbinas en las pendientes (Morrison et. al., 2007).

4.3.2.2.3. Análisis multivariable (modelo de regresión)

Para ver qué variables guardan mayor correlación entre ellas, y cuáles de ellas son más óptimas para realizar el análisis multivariable, se muestra a continuación la tabla correspondiente a los coeficientes de Pearson (los valores del p-valor están en el ANEXO 2).

SJ BARGAS	Altura (msnm)	% Cobertura vegetal	Distancia a pendiente más cercana	% Pendiente	Distancia al centro (m)	Aerogenerador más al W	Aerogenerador más al N
Altura (msnm)	-	-	-	-	-	-	-
% Cobertura vegetal	0.0431	-	-	-	-	-	-
Distancia a pendiente más cercana	-0.4141	-0.207	-	-	-	-	-
% Pendiente	0.7047	0.0981	-0.24	-	-	-	-
Distancia al centro (m)	-0.4591	-0.0903	0.2115	-0.2662	-	-	-
Aerogenerador más al W	-0.2967	-0.1596	0.322	-0.4766	0.1593	-	-
Aerogenerador más al N	-0.6793	-0.0341	0.4721	-0.4035	0.4202	0.3858	-

Tabla 16: Coeficientes de correlación de Pearson

Fuente: elaboración propia

Mirando los coeficientes de Pearson más elevados, podemos deducir que las variables que guardan una mayor correlación entre ellas son:

- Nº de impactos con % de pendiente.
- Altura con % de pendiente.
- Altura con la distancia al centro.
- Altura y aerogeneradores más al N.
- Distancia a la pendiente más cercana y los aerogeneradores más al N.
- % de pendiente y los aerogeneradores más al W.

A continuación se muestran los datos obtenidos al realizar el modelo lineal multivariable:

```

Call:
lm(formula = nº.impactos ~ Aerog..más.al.N + Aerog..más.al.W +
  Altura..s.n.m.. + Dist..pendiente.más.cercana..m. + Distancia.al.centro +
  X..C.vegetal + X..Pendiente.global, data = SJ.Bargas)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.9299 -2.1748  0.2301  1.1224 18.2790

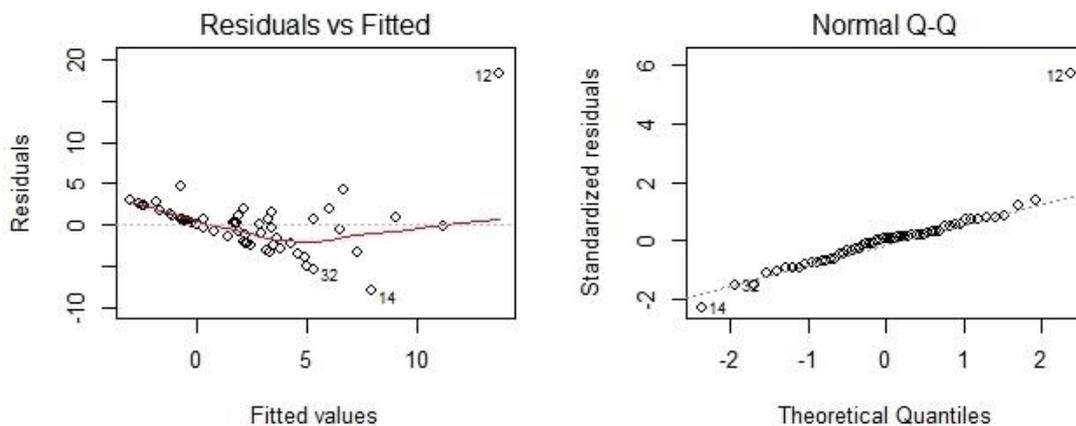
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  13.1736467  25.7596809   0.511  0.6114
Aerog..más.al.N -0.0015321  0.0018624  -0.823  0.4148
Aerog..más.al.W -0.0001561  0.0003918  -0.399  0.6920
Altura..s.n.m.. -0.0540635  0.0488900  -1.106  0.2743
Dist..pendiente.más.cercana..m. -0.0019614  0.0088425  -0.222  0.8254
Distancia.al.centro  0.0017152  0.0008963   1.914  0.0617 .
X..C.vegetal  0.0685910  0.0985346   0.696  0.4897
X..Pendiente.global  0.3410300  0.0729228   4.677 0.000024 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.719 on 48 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5007,    Adjusted R-squared:  0.4279
F-statistic: 6.877 on 7 and 48 DF,  p-value: 0.00001143

```

Figura 18: Modelo lineal multivariable para parque eólico San Juan de Bargas (nº impactos vs. todas variables)

Fuente: R Commander



Gráfica 49: Gráficas residuales de la regresión multivariable para La Loba (nº impactos vs. todas variables)

Fuente: R Commander

Al realizar dicho modelo lineal, obtenemos que el coeficiente de determinación ajustado (R^2) nos da un valor de 0,4279 y un p-valor de 0,00001143 (< 0.05), lo que significa que hay alguna variable que influye sobre el modelo. Si miramos los p-valores, la más influyente parece ser “% de pendiente”. Obtener ese valor en el coeficiente de determinación se traduce en que sólo se vería explicado el 42,79% de la variabilidad del modelo.

Puesto que el gráfico de residuos no muestra unos buenos datos, convertimos la variable “número de impactos” en logaritmo, obteniendo así los siguientes resultados:

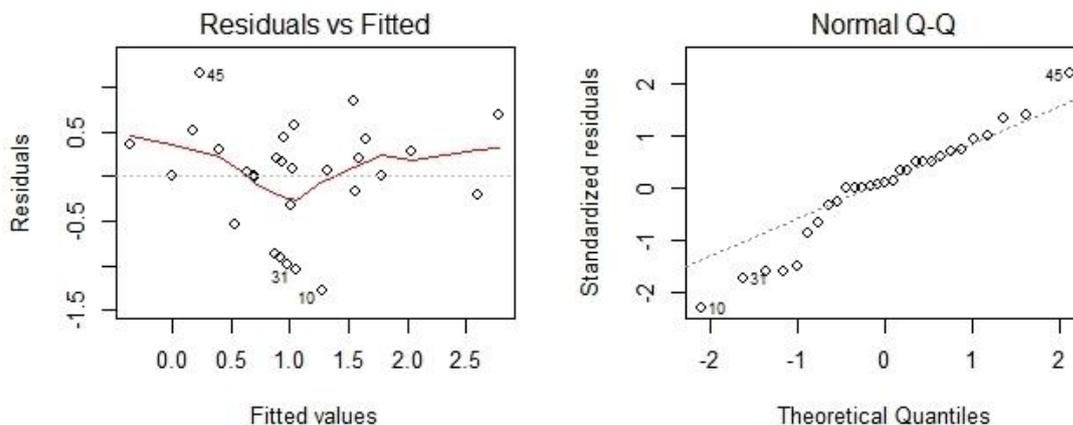
```
Call:
lm(formula = log.num.impactos ~ Aerog..más.al.N + Aerog..más.al.W +
  Altura..s.n.m.. + Dist..pendiente.más.cercana..m. + Distancia.al.centro +
  X..C.vegetal + X..Pendiente.global, data = SJ.Bargas)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.28126 -0.19818  0.06832  0.35461  1.15409

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    5.65240253   6.32589328   0.894  0.38170
Aerog..más.al.N -0.00012701  0.00041810  -0.304  0.76428
Aerog..más.al.W -0.00012352  0.00009062  -1.363  0.18731
Altura..s.n.m.. -0.01266984  0.01133616  -1.118  0.27634
Dist..pendiente.más.cercana..m.  0.00627595  0.00731027   0.859  0.40030
Distancia.al.centro  0.00018538  0.00024207   0.766  0.45231
X..C.vegetal -0.00336807  0.02910128  -0.116  0.90896
X..Pendiente.global  0.06691896  0.01925122  3.476  0.00226 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6788 on 21 degrees of freedom
(27 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.5891,    Adjusted R-squared:  0.4521
F-statistic: 4.301 on 7 and 21 DF,  p-value: 0.004298
```

Figura 19: Modelo lineal multivariable para parque eólico San Juan de Bargas (nº impactos_logarítmica vs. todas variables)
Fuente: R Commander



Gráfica 50: Gráficas residuales de la regresión multivariable para parque eólico San Juan de Bargas (nº impactos_logarítmica vs. todas variables)
Fuente: R Commander

Al hacer la transformación a logaritmo, se ha mejorado algo la situación, pero al igual que en el anterior parque eólico, hay que eliminar las variables con las

correlaciones más bajas (p-valores elevados), hasta que sólo nos queden variables con p-valores significativos. En este caso, tras ir realizando este proceso, que se muestra en el ANEXO 4, se obtiene que es más práctico realizar la regresión simple con la variable “% Pendiente”, de la cuál obtenemos los siguientes resultados:

- Nº de impactos vs. % Pendiente

```
Call:
lm(formula = log.num.impactos ~ X..Pendiente.global, data = SJ.Bargas)

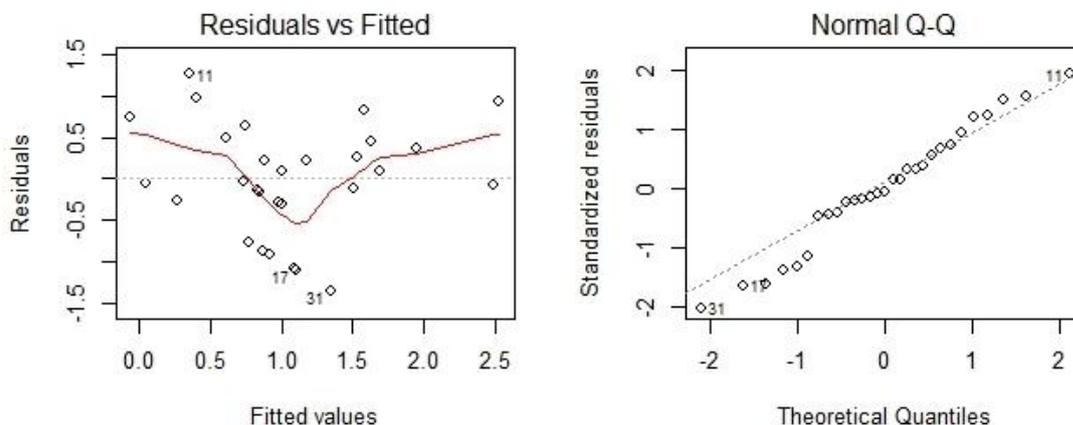
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.35059 -0.29139 -0.03788  0.44474  1.25867

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.59443    0.36389   -1.634    0.114
X..Pendiente.global  0.05464    0.01124    4.860 0.0000444 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6821 on 27 degrees of freedom
(27 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.4666,    Adjusted R-squared:  0.4468
F-statistic: 23.62 on 1 and 27 DF,  p-value: 0.00004442
```

Figura 20: Regresión lineal simple parque eólico San Juan de Bargas para “nº de impactos” y “% Pendiente”

Fuente: elaboración propia



Gráfica 51: Gráficas residuales de la regresión simple para parque eólico San Juan de Bargas (nº impactos_logarítmica vs. % Pendiente)

Fuente: R Commander

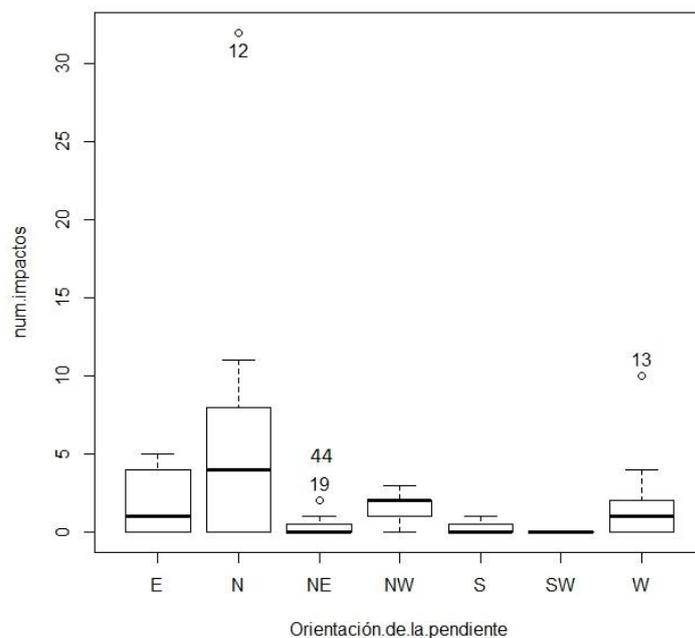
Tras hacer la regresión lineal simple obtenemos un R^2 de 0,4468, por lo que el 44,68% de la variabilidad del modelo se explica únicamente con esta variable, por lo que se demuestra que es la que más importancia tiene.

El resto de la variabilidad del modelo (57,21%) se explicaría con otras variables que no se han tenido en cuenta en el estudio, tales como otras variables físicas, relacionadas con la topografía o la meteorología, u otro tipo de variables tales como el comportamiento de las aves frente a las turbinas o su altura de vuelo.

4.3.2.3. Estudio inferencial para variables cualitativas

4.3.2.3.1. Diagramas de caja

Para la única variable cualitativa se presenta el siguiente diagrama de caja que se corresponde con el número de impactos según la orientación de la pendiente, y del que podemos obtener los siguientes resultados:



Gráfica 52: Diagrama de caja para la variable "orientación de la pendiente"

Fuente: R Commander

- Aerogeneradores con pendientes con orientación al E: en su gran mayoría están entre 0 y 4 impactos, aunque hay algunos que llegan hasta 5 impactos. En el 50% de los casos, los impactos van desde 0 a 1 y el otro 50% desde el 1 al 5. No se muestran valores atípicos. Presenta una dispersión de los datos moderada y una clara asimetría positiva.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al N: toma valores entre 0 y 11 impactos, siendo la mayoría entre 0 y 7,5. En el 50% de los casos los impactos van desde 0 a 4 y el otro 50% desde el 4 al 11. Presenta una gran dispersión de los datos y puede considerarse una distribución simétrica. Aparece un valor atípico que corresponde con el aerogenerador nº12.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al NE: su recorrido es igual a 1, siendo el 50% de los casos 0 impactos y el otro 50% hasta 1 impacto. Presenta una dispersión de los datos muy pequeña y una clara asimetría positiva. En este caso aparecen dos valores atípicos que corresponden con los aerogeneradores nº 19 y 44.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al NW: se registran impactos desde 0 a 3, siendo la mayoría de ellos entre 1 y 2. En el 50% de los casos se producen impactos de 0 a 2 y el otro 50% de 2 a 3. Presenta una baja dispersión de los datos y una clara asimetría positiva. No muestra valores atípicos.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al S: su recorrido es igual a 1, siendo el 50% de los casos 0 impactos y el otro 50% hasta 1 impacto. Presenta una dispersión de los datos muy pequeña y una clara asimetría positiva. No aparecen valores atípicos.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al SW: sólo un aerogenerador está próximo a una pendiente con dicha orientación, siendo el único valor que toma el de 0 impactos.
- Aerogeneradores con pendientes con orientación al W: toman valores de 0 a 4 impactos, registrándose la mayor frecuencia entre los 0 y 2 impactos. En el 50% de los casos se producen de 0 a 1 impactos mientras que en el otro 50% de los casos se producen de 1 a 4 impactos. Presenta una dispersión de los

datos moderada y puede considerarse una distribución simétrica. Aparece un valor atípico que corresponde con el aerogenerador nº 13.

4.3.2.3.2. Test de Wilcoxon para dos muestras independientes

Al igual que el anterior parque eólico, el diagrama de caja no muestra que la orientación de la pendiente sea muy influyente en cuanto al número de impactos, por lo que se ha optado no realizar el test de wilcoxon, ya que no se van a obtener resultados relevantes para el estudio.

4.3.3. COMPARACIÓN DE LOS DOS PARQUES EÓLICOS

4.3.3.1. Estudio descriptivo

En este apartado se exponen los resultados de ambos parques eólicos, para ello se precisa de la comparación de las gráficas correspondientes a cada uno.

VARIABLES CUANTITATIVAS

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	2,867	2,77	2	0	10	10	2,5	0,9662	1,1216
SJ BARGAS	2,393	4,9163	1	0	32	32	3	2,0545	4,1449

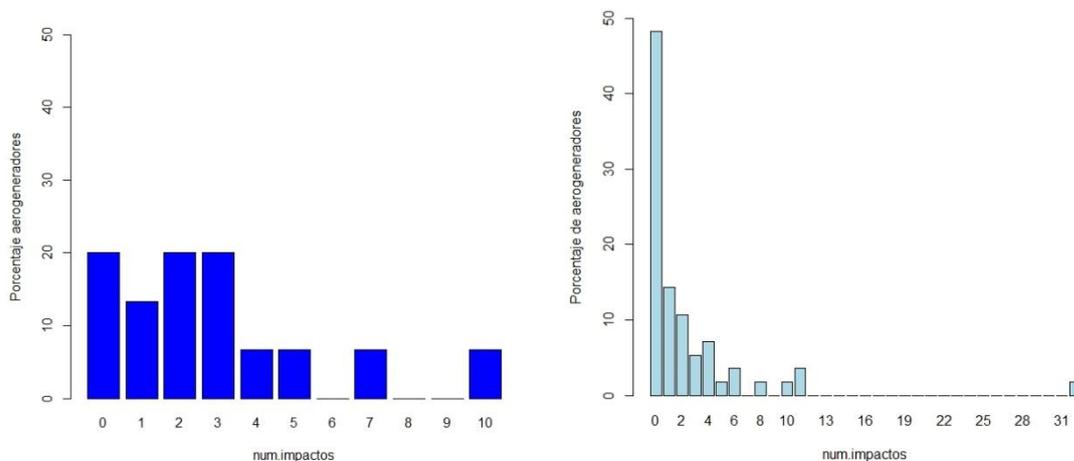
Tabla 17: Diagrama de caja para la variable “orientación de la pendiente”

Fuente: R Commander

- Número de impactos

Tabla X. Medidas de posición, dispersión y forma para “Nº de impactos”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 53: Diagrama de barras para “nº de impactos”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

En ambos parques el número de impactos por aerogenerador oscila entre los 0 y 10 impactos, salvo un caso en San Juan de Bargas que es de 32 impactos. El máximo grueso de frecuencia está entre 0 y 3 impactos. Las medias son bastante similares; para La Loba 2,9 y para San Juan de Bargas 2,4 impactos.

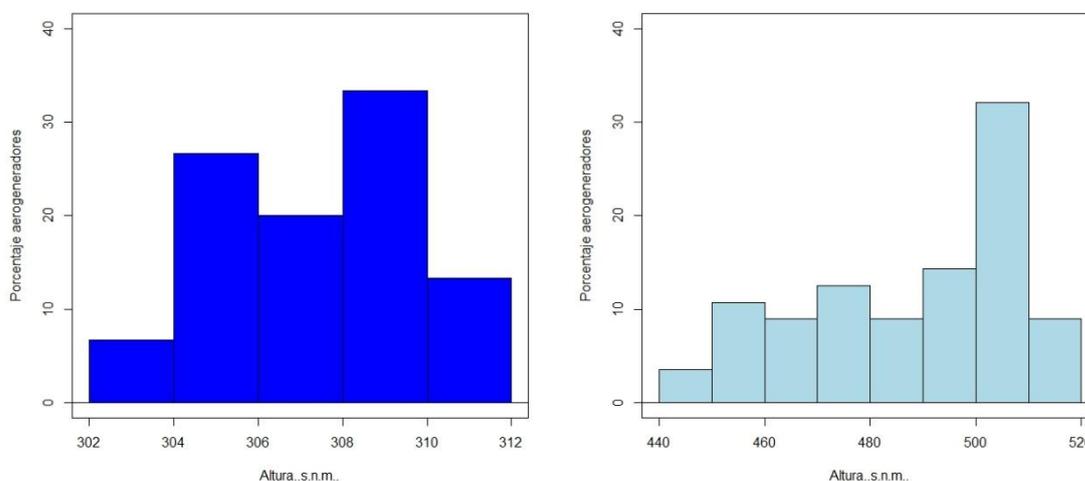
Los dos diagramas de barras muestran una asimetría positiva.

- Altura (m.s.n.m)

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	307,2	2,2	307,1	302,9	310,2	7,3	3,3	0,0072	-0,2951
SJ BARGAS	487,85	19,907	492,6	447	515,7	68,7	33,2	0,0408	-0,462

Tabla 18: Medidas de posición, dispersión y forma para "Altura (m.s.n.m.)".

Fuente: elaboración propia



Gráfica 54: Histograma para "altura"

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

En este caso resulta difícil la comparación ya que para La Loba la media está en 307,2 m frente a 487,85 m que tiene San Juan de Bargas. Para ambos

casos, la mayor frecuencia está para aerogeneradores que están por encima de la media.

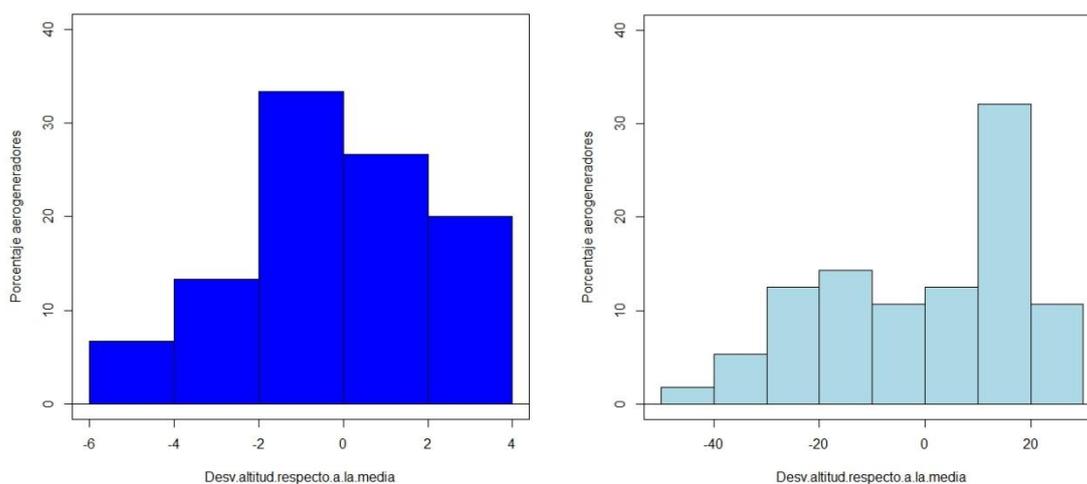
Los dos histogramas muestran asimetría negativa.

- Desviación de la altitud respecto a la media

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	0	2,2	-0,048	-4,315	2,985	7,3	3,35	0	-0,2951
SJ BARGAS	0,0003	19,907	4,776	-40,88	27,9	68,78	33,1	0	-0,462

Tabla 20: Medidas de posición, dispersión y forma para “Desviación de la altitud respecto a la media”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 55: Histograma para “desviación de la altitud respecto a la media”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

Para esta variable también resulta complicada la comparación ya que está íntimamente unida a la anterior variable; en el primer histograma la amplitud es 2 y en el segundo histograma la amplitud es 10. A pesar de ello podemos saber que para La Loba la mayor frecuencia registrada está en los aerogeneradores que están ligeramente por debajo de la media y en San Juan de Bargas pasa todo lo contrario, los más afectados son los que están ligeramente por encima de la media.

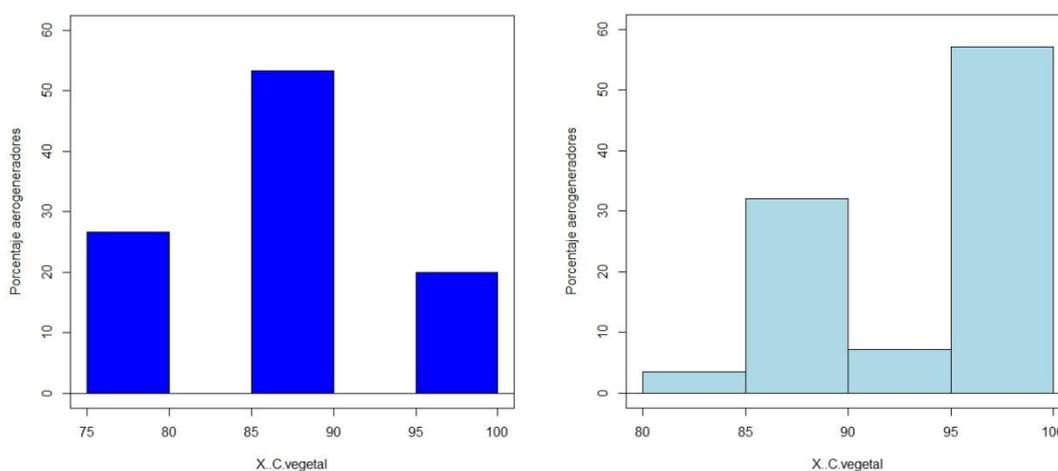
En ambos histogramas se muestra una asimetría negativa.

- % Cobertura vegetal

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	88,33	8,59	90	75	100	25	5	0,0972	-0,3037
SJ BARGAS	95,804	5,2895	100	80	100	20	10	0,0552	-0,7679

Tabla 21: Medidas de posición, dispersión y forma para “% Cobertura vegetal”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 56: Histograma para “% cobertura vegetal”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

Ambos parques cuentan con un porcentaje de cobertura vegetal similar; 75-100% y 80-100%, ya que son hábitats bastante cultivados; siendo una vegetación que se suma a la vegetación natural. Más del 50% de los aerogeneradores afectados tienen una cobertura vegetal del 85-90% en La Loba y del 95-100% en San Juan de Bargas, coincidiendo con la media, que es 88,3% y 95,8% respectivamente.

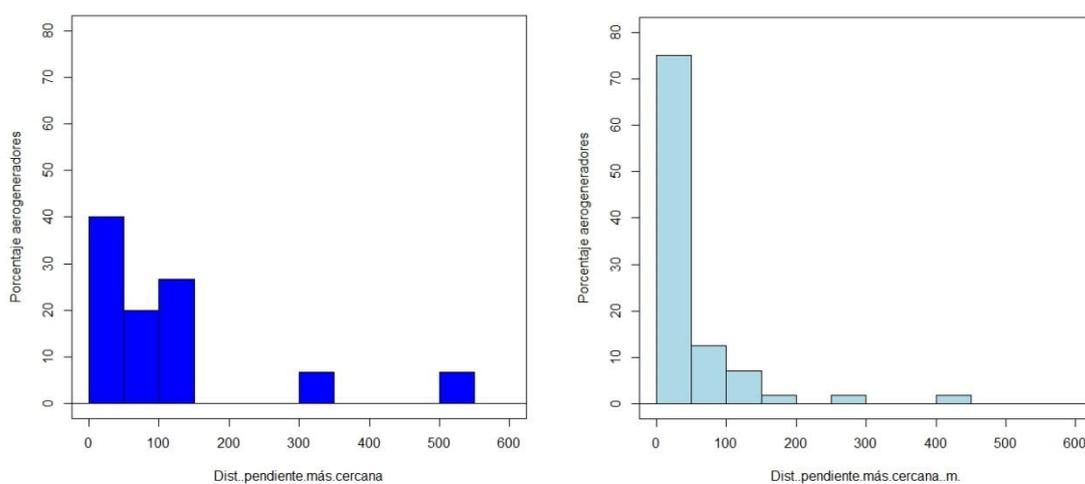
Los dos histogramas muestran una asimetría negativa.

- Distancia a la pendiente más cercana (m)

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	115,82	133,22	76,17	11	511,89	500,89	85,39	1,1502	1,8916
SJ BARGAS	47,891	67,976	22,92	0	409,3	409,3	30,5	1,4194	3,4382

Tabla 22: Medidas de posición, dispersión y forma para “Distancia a la pendiente más cercana (m)”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 57: Histograma para “distancia a la pendiente más cercana”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

En este caso, la distancia a la pendiente más cercana en ambos parques registra su mayoría entre los 0 y los 150 metros, apareciendo algún caso aislado que corresponde con distancias más grandes como los 350 y 550 metros de La Loba y, 300 y 450 en San Juan de Bargas. En el 40% y 75% de los casos, respectivamente, los aerogeneradores más afectados son los que están entre 0 y 50 metros a las pendientes más cercanas, coincidiendo con la media de San Juan de Bargas que es 47,9.

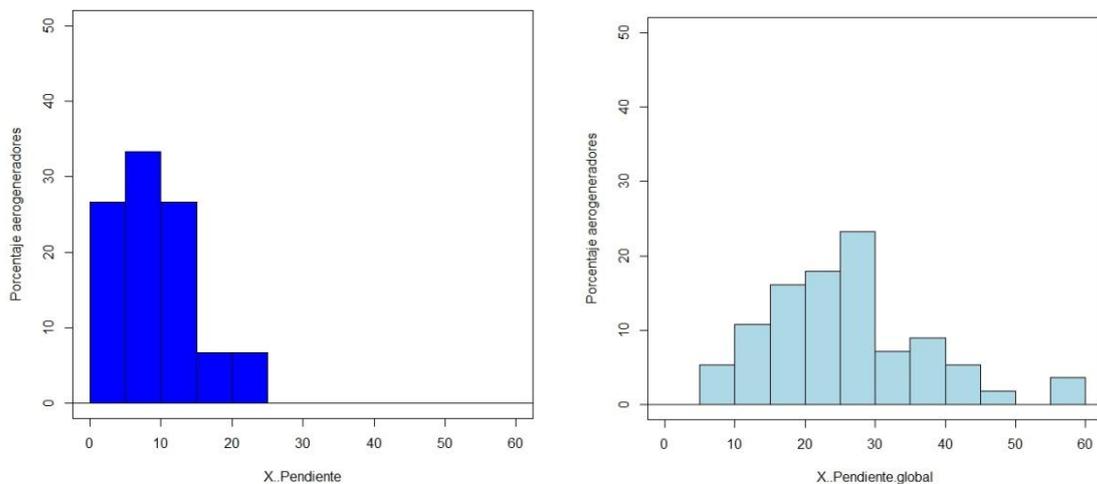
El histograma de ambos parques muestra una clara asimetría positiva.

- % Pendiente:

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	10,082	5,05	10	3,78	20,69	16,91	8,17	0,5009	0,4772
SJ BARGAS	25,957	11,14	25,2	6,2	57,1	50,9	12,87	0,4292	0,6602

Tabla 23: Medidas de posición, dispersión y forma para “% Pendiente”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 58: Histograma para “% de pendiente”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

En los histogramas se puede ver como esta variable adquiere valores mayores de hasta un 60% en el caso de San Juan de Bargas, mientras que en La Loba no supera el 25%; se trata de un terreno menos abrupto y con menores curvas de nivel. La máxima frecuencia se registra del 5-10% para el primer caso, y del 25-30% en el segundo caso, coincidiendo con sus respectivas medias; 10% y 26%.

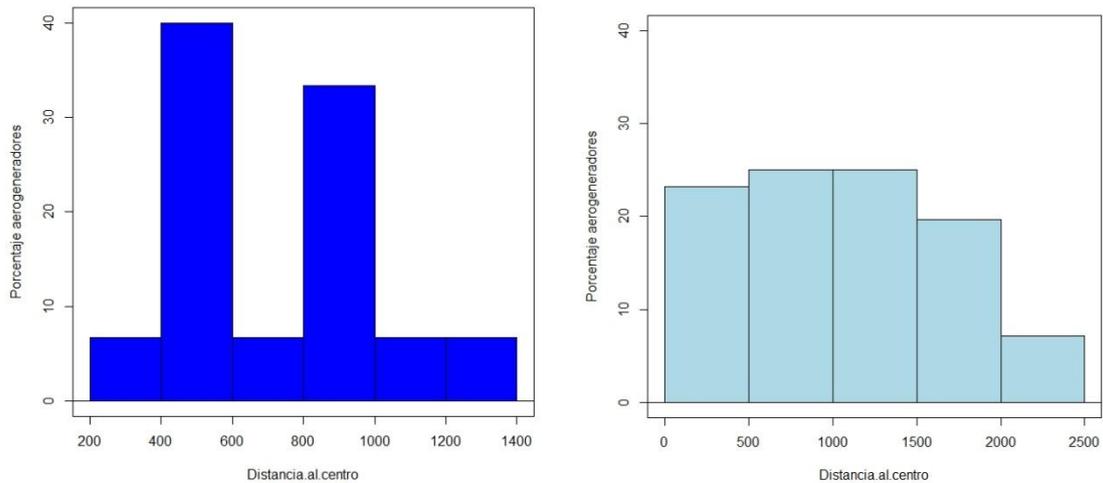
Ambos histogramas presentan una asimetría positiva.

- Distancia al centro (m)

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	743,1	288,48	626,3	283,3	1300,7	1017,4	408,1	0,3882	0,2537
SJ BARGAS	1079,9	643,22	1038,67	76,63	2497,6	2420,97	956,72	0,5956	0,2906

Tabla 24: Medidas de posición, dispersión y forma para “Distancia al centro (m)”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 59: Histograma para “distancia al centro (m)”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

En este caso, el recorrido es mucho mayor en San Juan de Bargas porque tiene mayor extensión, mostrando un grosor de frecuencia que se reparte entre los 0 y los 2000 metros. En La Loba sí que se ve más claramente que la máxima frecuencia está entre los 400-600 metros y 800-1000 metros que corresponden al 40% y al 30% de los aerogeneradores, respectivamente.

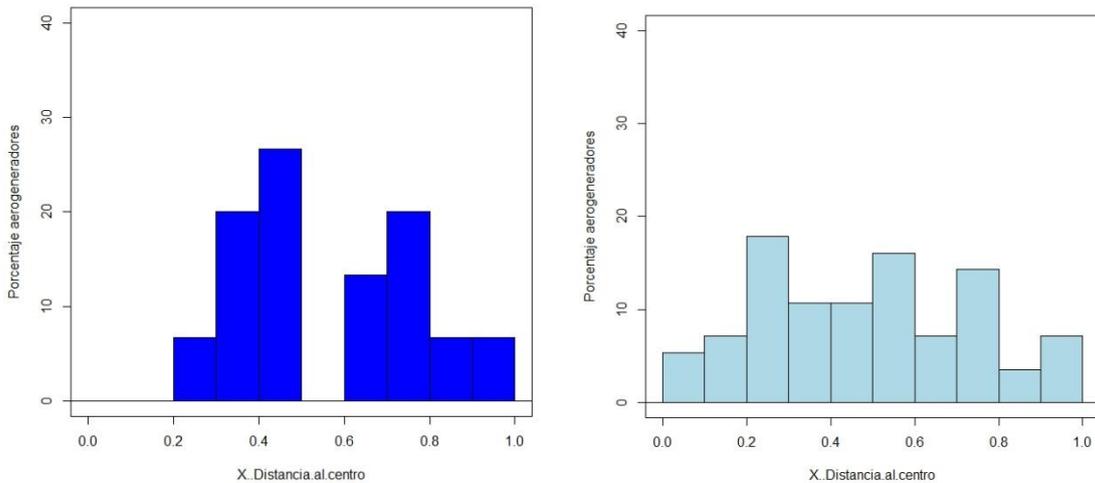
Ambos histogramas muestran una asimetría positiva.

- % Distancia al centro

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	0,5713	0,22	0,4815	0,2178	1	0,7822	0,3138	0,3851	0,2537
SJ BARGAS	0,489	0,2533	0,4947	0,0697	1	0,9303	0,3944	0,518	0,3111

Tabla 25: Medidas de posición, dispersión y forma para “% Distancia al centro”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 60: Histograma para “% de distancia al centro”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

Contando con que el 0% son los aerogeneradores más próximos al centro y que el 1% son los más alejados; en La Loba la máxima frecuencia está en 0,4-0,5%, coincidiendo con la media que es 0,57%, por lo que están a la misma distancia del centro que de la periferia, y en San Juan de Bargas la máxima frecuencia está en 0,2-0,3%, siendo su media 0,49%.

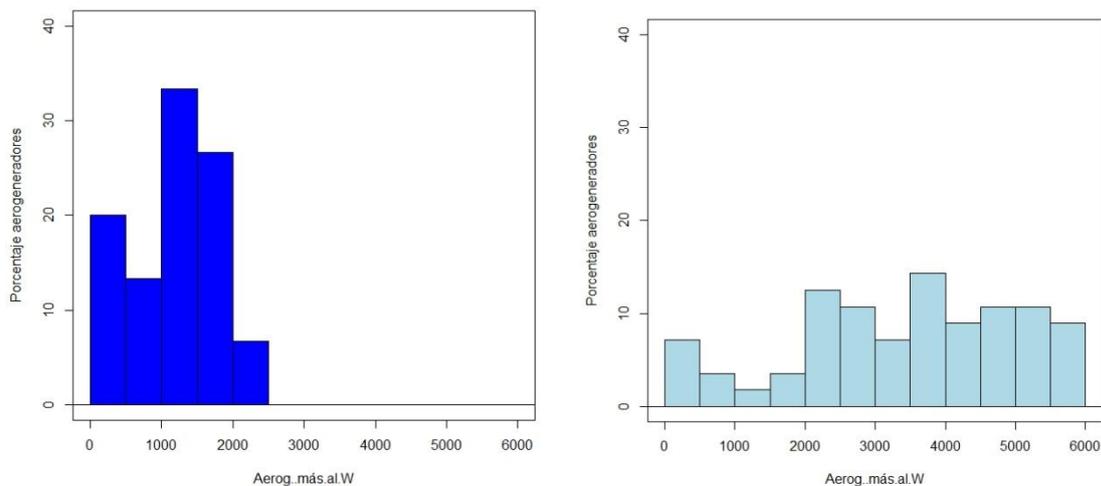
Los dos histogramas representan una asimetría positiva.

- Aerogenerador más al W

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	1116	627,14	1257	0	2034	2034	974	0,5619	-0,2942
SJ BARGAS	3415,6	1599,5	3579	0	5890	5890	2376	0,4683	-0,4326

Tabla 26: Medidas de posición, dispersión y forma para “Aerogenerador más al W”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 61: Histograma para “aerogenerador más al W”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

Esta variable se traduce en que los aerogeneradores que están más próximos al 0 son los que están más al W y los más alejados los que están más al E.

Dado que la extensión de San Juan de Bargas es mucho más amplia, el eje X de coordenadas también es más amplio, extendiéndose hasta los 6000 metros, mientras que en La Loba lo hace hasta los 2500 metros. La máxima frecuencia en el primer parque, que corresponde con más del 30% de los aerogeneradores, está entre los 1000 y 1500 metros, mientras que para el segundo parque la frecuencia está más repartida, destacando el 15% de los aerogeneradores entre los 3500 y 4000 metros. Ambas frecuencias coinciden prácticamente con la media obtenida; 1116 y 3415,6 metros respectivamente.

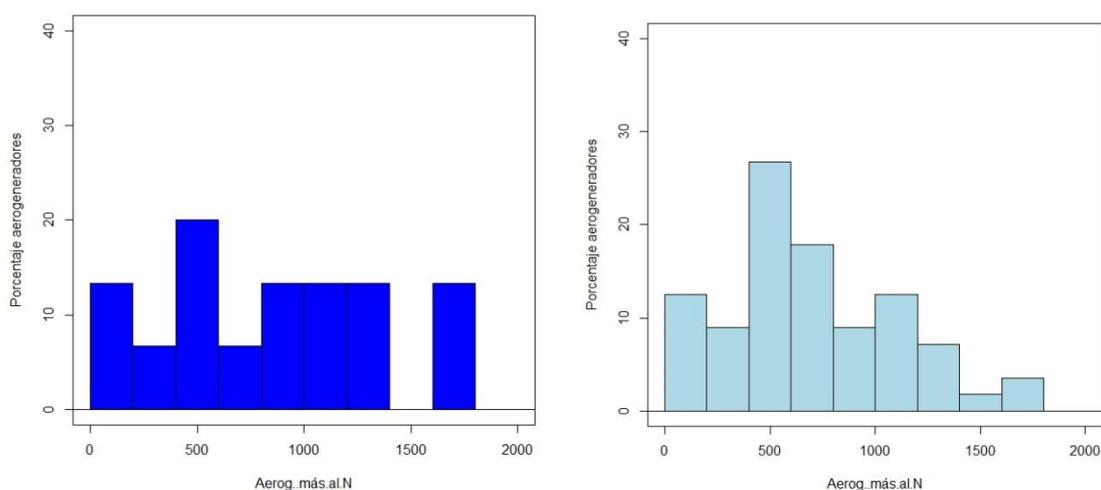
Ambos histogramas muestran una asimetría negativa.

- Aerogenerador más al N

	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIANA	MÍN.	MÁX.	RECORRIDO	R.I.	C.V.	COEF. FISHER
MALLEN	823,1	526,44	805,5	0	1736,2	1736,2	747	0,6396	0,1858
SJ BARGAS	688,1	409,52	615,4	0	1722,5	1722,5	545,3	0,5951	0,5885

Tabla 27: Medidas de posición, dispersión y forma para “Aerogenerador más al N”.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 62: Histograma para “aerogenerador más al N”

Fuente: R Commander. Elaboración propia.

Al igual que en la anterior variable, los aerogeneradores que están más próximos al 0 son los que están más al N y los más próximos al 2000 están más al S.

Ambos parques tienen la misma extensión de Norte a Sur, por lo que resulta más sencilla su comparación. En el histograma de La Loba se aprecia que el 20% de los aerogeneradores está entre los 450-550 metros, coincidiendo este resultado con San Juan de Bargas. Las medias de ambos parques no coinciden con dicha frecuencia.

Los dos histogramas muestran una asimetría positiva.

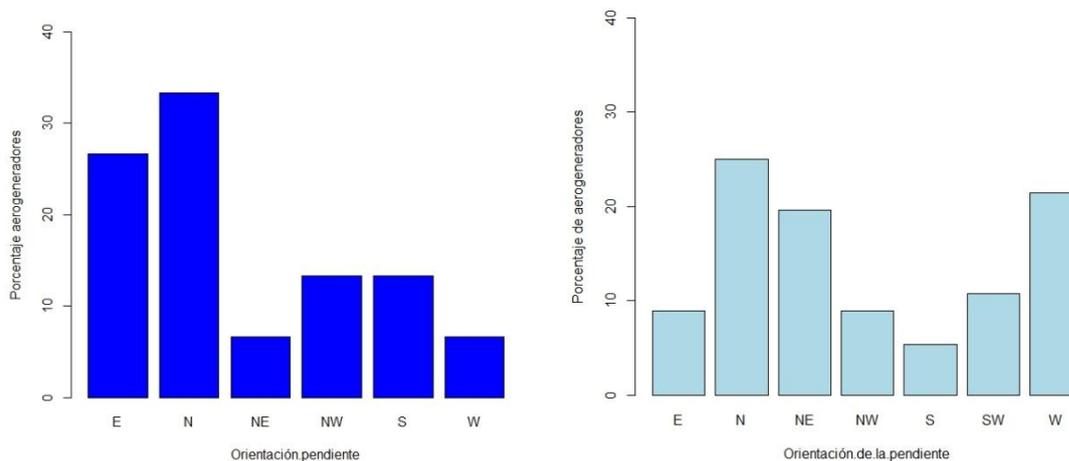
VARIABLES CUALITATIVAS

- Orientación de la pendiente

Frecuencia (%)	N	NE	E	S	SW	W	NW
MALLEN	33,33	6,67	26,67	0	13,33	0	6,67
SJ BARGAS	25	19,64	8,93	5,36	10,71	21,43	8,93

Tabla 28: Tabla de frecuencias de la variable “Orientación de la pendiente”

Fuente: elaboración propia



Gráfica 63: Diagrama de barras para “orientación de la pendiente”

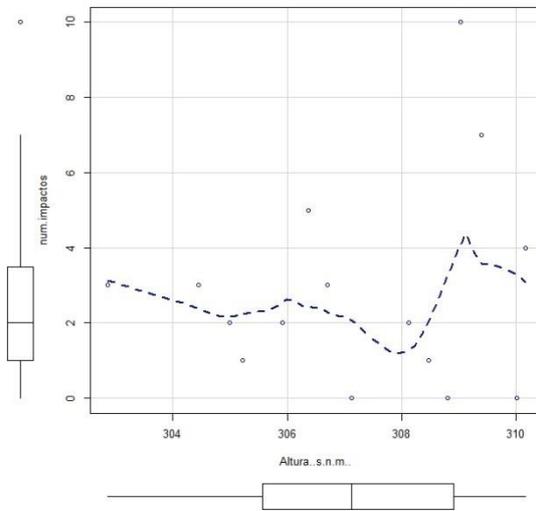
Fuente: R Commander. Elaboración propia.

Para el caso de La Loba, se aprecia que el 35% de los aerogeneradores están en pendientes orientadas al N, seguidos del 26% que están orientadas al E, coincidiendo en parte con San Juan de Bargas, que su máxima frecuencia también está en pendientes orientadas al norte (un 25%), mientras que éste está seguido del 23% de los aerogeneradores que están en pendientes orientadas al W y del 20% al NE.

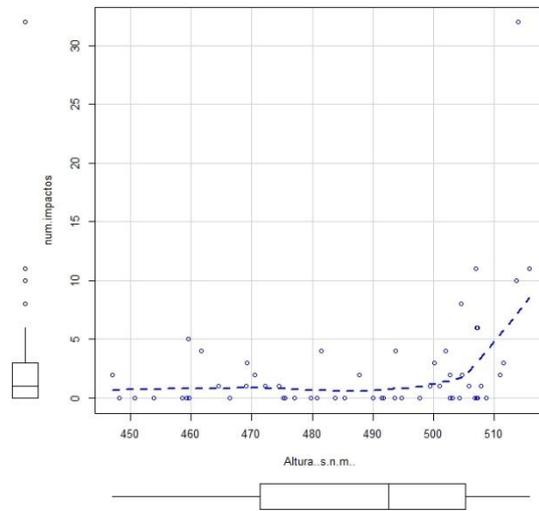
4.3.3.2. Estudio inferencial para variables cuantitativas

4.3.3.2.1. Diagramas de dispersión

A continuación se adjuntan los diagramas de dispersión realizados para el “nº de impactos” y el resto de variables cuantitativas para ambos parques. Con ambos resultados redactados anteriormente, podemos llegar a las siguientes conclusiones:



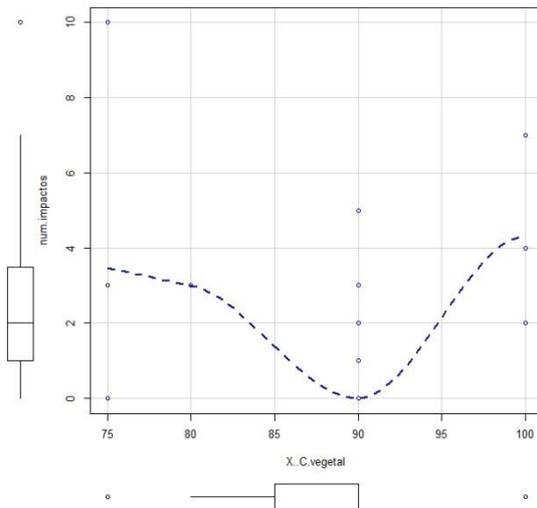
Gráfica 64: Diagrama de dispersión para “altura” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia



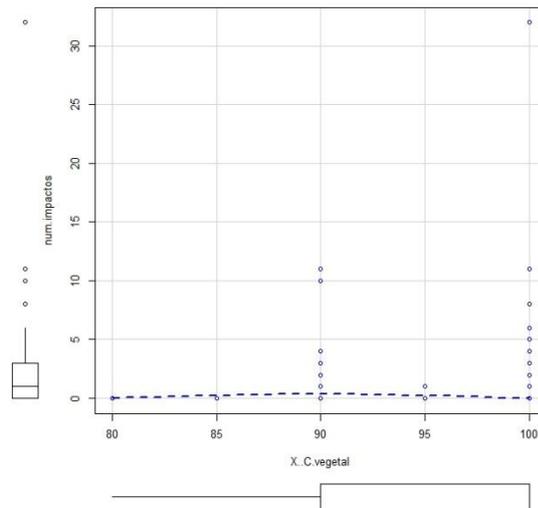
Gráfica 65: Diagrama de dispersión para “altura” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Dado que el diagrama de dispersión de la variable “Altura (m.s.n.m.)” y de “Desviación de la altitud respecto a la media” se ha visto que adquieren los mismos valores y la misma línea de suavizado, se ha optado por no incluirlas en la comparación.

Para ambos parques eólicos se puede ver que tienen cierta relación con “nº de impactos”, aunque dicha relación no es lineal.

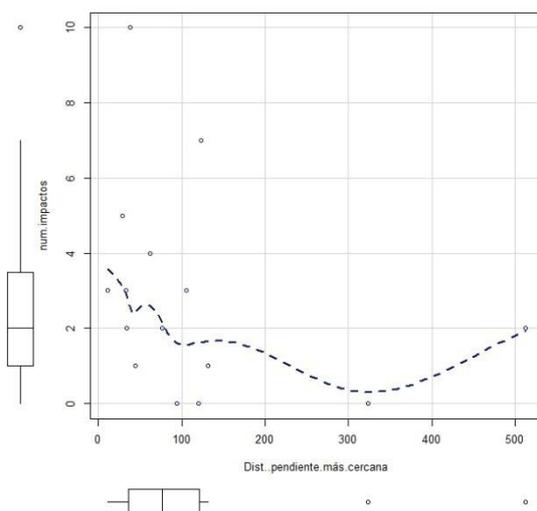


Gráfica 66: Diagrama de dispersión para “% Cobertura vegetal” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia

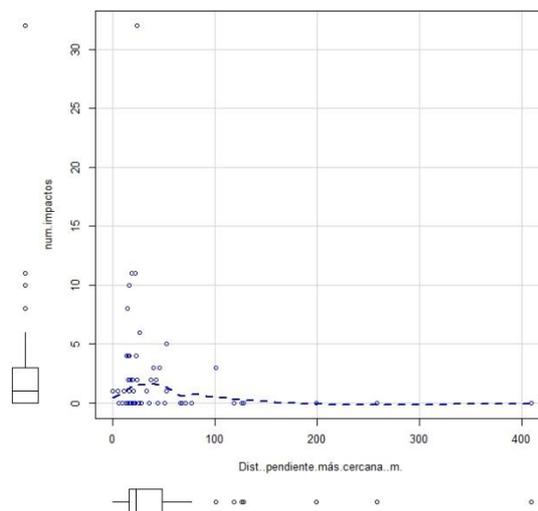


Gráfica 67: Diagrama de dispersión para “% Cobertura vegetal” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

El porcentaje de cobertura vegetal no parece ser muy decisivo a la hora de ver el número de impactos, ya que ambos diagramas de dispersión no guardan ningún tipo de relación.

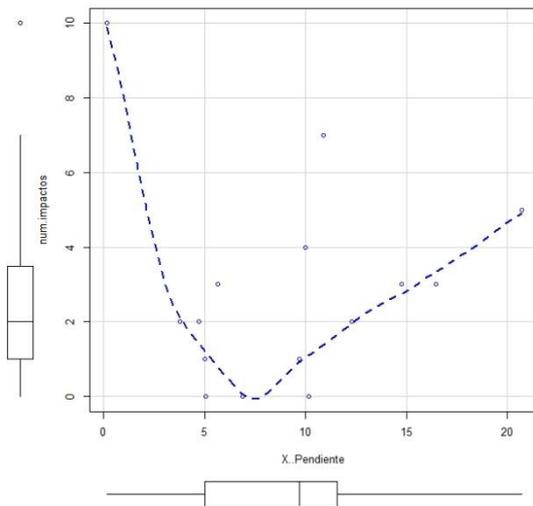


Gráfica 68: Diagrama de dispersión para “distancia a la pendiente más cercana” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia

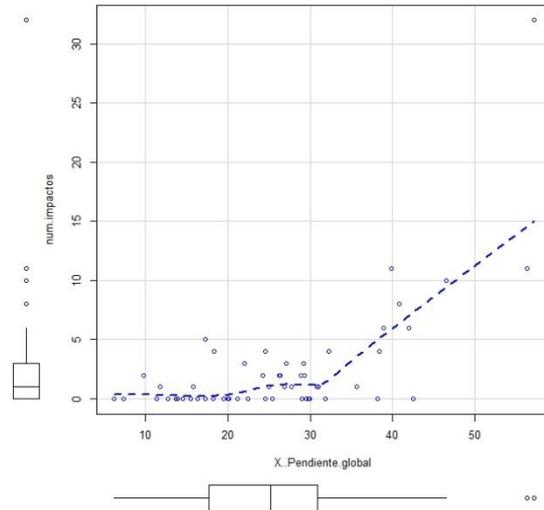


Gráfica 69: Diagrama de dispersión para “distancia a la pendiente más cercana” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Tal como muestran ambos diagramas de dispersión, la mayoría del número de impactos se registran en los 100 primeros metros, por lo que la distancia a la pendiente más cercana pudiera ser una variable muy decisiva. Los diagramas muestran relación aunque no sea lineal.

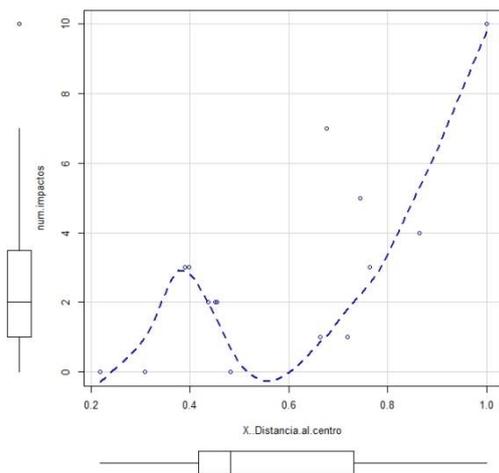


Gráfica 70: Diagrama de dispersión para “% pendiente” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia

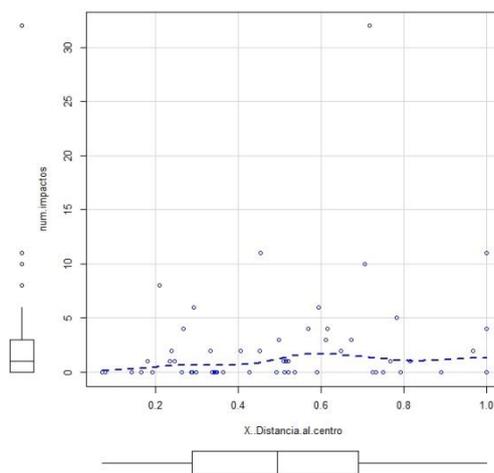


Gráfica 71: Diagrama de dispersión para “% pendiente” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

En este caso, el porcentaje de pendiente parece tener cierta relación lineal con el número de impactos para los dos parques eólicos, pero en pendientes medias a elevadas; es decir, en La Loba, la máxima pendiente es el 20%, y parece ser que la relación lineal comienza en el 7,5% hasta el 20%. En San Juan de Bargas ocurre lo mismo, dicha relación lineal comienza en el 30% de pendiente hasta el máximo que es 60%.

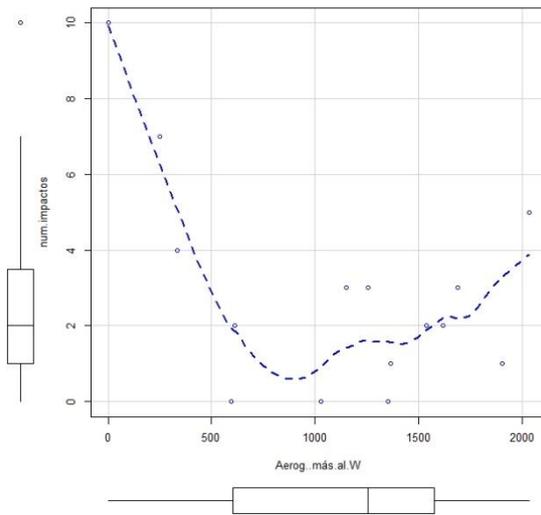


Gráfica 72: Diagrama de dispersión para “% distancia al centro” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia

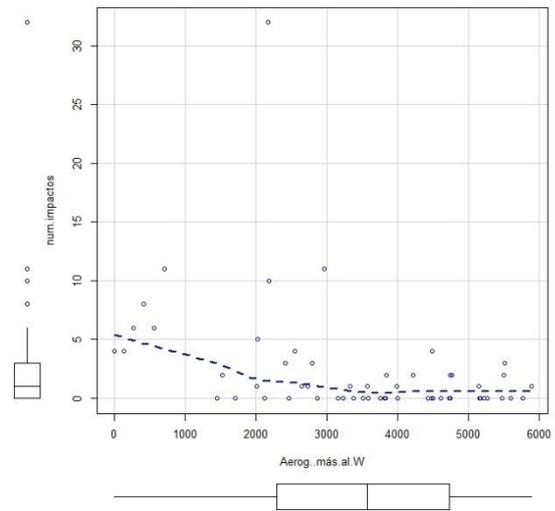


Gráfica 73: Diagrama de dispersión para “% distancia al centro” en San Juan de -bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Dado que la variable “% Distancia al centro” es obtenida a partir de la variable “Distancia al centro (m)”, y su representación gráfica es similar, se ha optado utilizar la primera ya que es más comparable entre ambos parques eólicos. En este caso, se trata de una variable que no responde de la misma manera en las dos plantas eólicas; en La Loba existe una cierta relación lineal a partir del 0,5% hasta el 1%, lo que significa que los aerogeneradores que están más alejados del centro, es decir, en la periferia, son los que se ven más afectados, mientras que en San Juan de Bargas no se aprecia ningún tipo de relación.

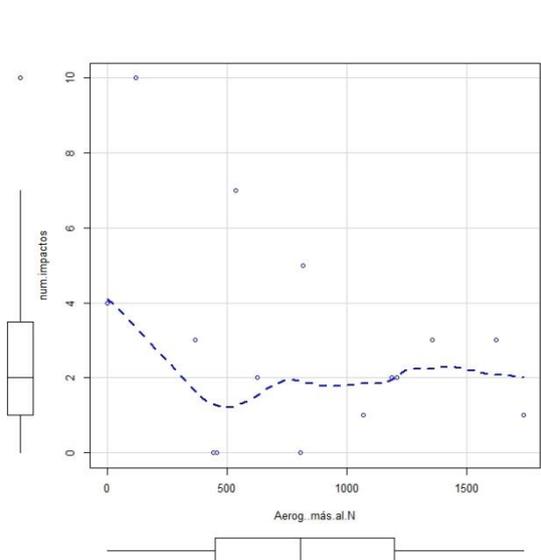


Gráfica 74: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al W” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia

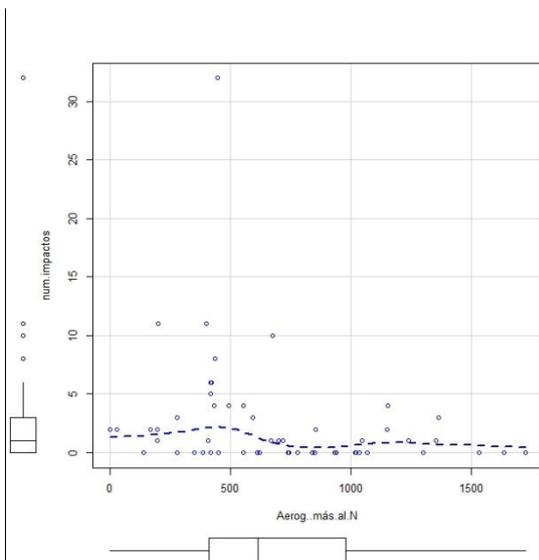


Gráfica 75: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al W” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

En cuanto a si son más conflictivos los aerogeneradores que están más al W o al E, podemos ver gracias a los diagramas, que en el primer caso existe cierta relación lineal entre los 0 y 750 metros, y para el segundo caso entre los 0 y 2000 metros, por lo que los que están más al W es probable que sí que sean más conflictivos que los que están al E.



Gráfica 76: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al N” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 77: Diagrama de dispersión para “aerogenerador más al N” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Por el contrario, para la ubicación N o S, podemos observar que no existe ningún tipo de relación con el número de impactos.

4.3.3.2.2. Coeficientes de correlación de Pearson

En la siguiente tabla se muestran para ambos parques eólicos, los coeficientes de Pearson y sus correspondientes valores de p-valor para la variable número de impactos respecto al resto de variables:

	Nº impactos	Altura (msnm)	% Cobertura vegetal	Distancia a pendiente más cercana	% Pendiente	Distancia al centro (m)	Aerogenerador más al W	Aerogenerador más al N
LA LOBA	1	0.1615	-0.0699	-0.2855	-0.0114	0.7047	-0.4768	-0.3664
SJ BARGAS	1	0.3388	0.138	-0.1655	0.6482	0.0451	-0.3882	-0.2314

Tabla 29: Coeficientes de correlación de Pearson

Fuente: elaboración propia

Para el parque eólico La Loba la variable más influyente sobre el número de impactos es la distancia al centro y para San Juan de Bargas sería el % de pendiente.

Estos resultados pudieran ser debidos a la diferencia de la topografía, ya que el primero se asienta sobre un terreno bastante plano con pendientes poco pronunciadas; entonces, al no haber mucha diferencia en cuanto a los porcentajes de las pendientes, el ave observa un terreno prácticamente plano, por lo que resulta más decisivo para la colisión la localización de aerogeneradores que están a mayor distancia del centro del parque eólico, o lo que es lo mismo, los que están más en la periferia.

Para el segundo parque eólico, el cual tiene una orografía más desigual; con pendientes que van desde 6,2 al 57,1%, parece ser una variable más

determinante a la hora de la colisión, siendo más habituales los aerogeneradores que están más próximos a pendientes con mayor porcentaje.

Que hayamos obtenido que el porcentaje de pendiente sea la variable más decisiva en un parque eólico y no en los dos, puede ser debido a las diferencias en el índice de riesgo, que refleja el uso diferencial que hacen las aves de los vientos de ladera en cada parque que, a su vez, viene determinado en último término por la interacción entre viento y relieve en cada localidad (Barrios & Rodríguez, 2004).

Resulta arriesgado establecer a ciencia cierta que la topografía, de forma general, es la causante de las colisiones (especialmente el papel desempeñado por la elevación o la orientación de la pendiente), ya que faltan estudios que lo demuestren y tal como se ha ido comentando a lo largo de la memoria, se deberían realizar estudios independientes para cada parque eólico afectado.

4.3.3.2.3. Análisis multivariable (modelo de regresión)

Para ambos casos el modelo de regresión lineal multivariable no es el modelo más adecuado para explicar los datos, ya que al realizarlo se ha obtenido un coeficiente de determinación (R^2) de 48,13% para La Loba y de 42,79% en San Juan de Bargas, lo que significa que la regresión multivariable no explicaría ni el 50% de la variabilidad de dicho modelo. Aun así, se ha intentado realizar la regresión multivariable; tras ver los gráficos residuales, se observa que en La Loba hay una normalidad de los datos frente a San Juan de Bargas que aparecen más desfavorables, es por ello que en este caso se considera convertir la variable de interés “número de impactos” a logaritmo, obteniendo así unos resultados un poco mejores; un R^2 de 45,21%.

El siguiente paso para ambos parques eólicos ha sido eliminar una a una las variables que menos correlación tenían (p-valores superiores al 5%), pero al realizarlo se ha observado que el modelo se puede explicar con una única variable, ya que ha sido la única que ha mostrado una correlación significativa con “número de impactos”. Dichas variables son, “Distancia al centro del parque eólico” para La Loba y “% Pendiente” para San Juan de Bargas, como

ya se ha explicado en el apartado anterior. Es por ello, que finalmente se considera más práctica la realización de la regresión lineal simple.

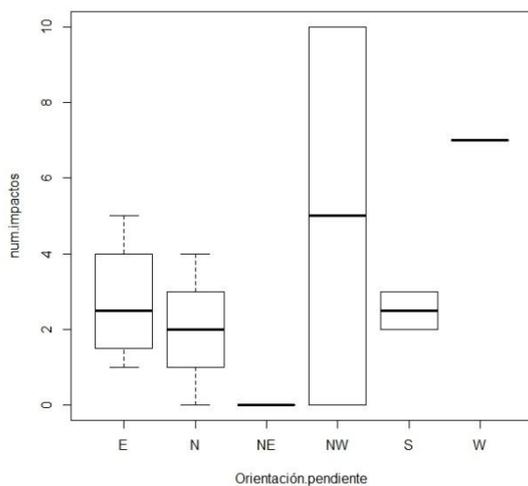
Tras hacer el modelo de regresión lineal simple, se obtiene que, para el caso de La Loba es la “distancia al centro” la que explica el 45,78% y para San Juan de Bargas es “% de pendiente” con el 44,68%, porcentajes muy similares a los que se han obtenido inicialmente con la regresión multivariable.

El resto de la variabilidad del modelo se explicaría con otras variables que no se han tenido en cuenta en el estudio, tales como otras variables físicas, relacionadas con la topografía o la meteorología, u otro tipo de variables tales como el comportamiento de las aves frente a las turbinas o su altura de vuelo.

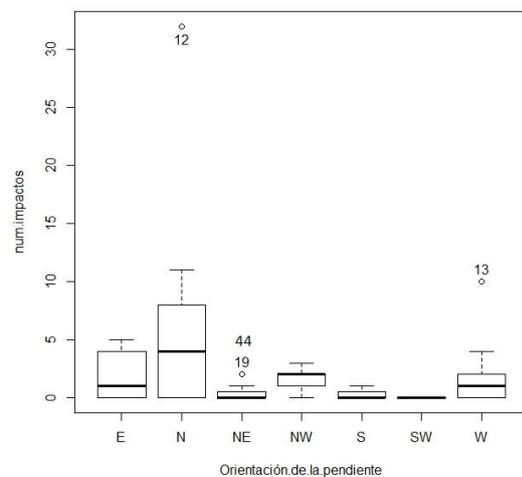
4.3.3.3. Estudio inferencial para variables cualitativas

4.3.3.3.1. Diagramas de caja

A continuación se muestran los dos diagramas de caja para la variable “Orientación de la pendiente” para ambos parques eólicos; La Loba y San Juan de Bargas, respectivamente. De los dos diagramas podemos sacar los siguientes resultados:



Gráfica 78: Diagrama de caja para “orientación de la pendiente” en La Loba
Fuente: R Commander. Elaboración propia



Gráfica 79: Diagrama de caja para “orientación de la pendiente” en San Juan de Bargas
Fuente: R Commander. Elaboración propia

Observando ambos diagramas de caja y contando con los resultados obtenidos previamente para ambos parques eólicos, podemos concluir que la orientación de la pendiente más próxima no parece ser una variable relevante para determinar el número de impactos en un aerogenerador. En La Loba el mayor número de impactos se ha dado en un aerogenerador orientado hacia el oeste y en los orientados al NW, aunque en algunos de estos también hay aerogeneradores con pocos impactos. En San Juan de Bargas se ha dado una situación similar a esta última en los orientados al N y al W.

4.3.3.3.2. Test de Wilcoxon para dos muestras independientes

Ya que el diagrama de caja no muestra que la orientación de la pendiente sea muy influyente en cuanto al número de impactos en ambos parques eólicos, se ha optado no realizar el test de wilcoxon, ya que no se van a obtener resultados relevantes para el estudio.

5. CONCLUSIONES

- La energía eólica es una energía limpia y renovable que parece ser una buena solución al problema del cambio climático, pero que por otro lado, no está exenta de consecuencias negativas ambientales, tales como: ruido, impacto paisajístico o visual, ocupación y/o degradación del terreno e impactos sobre la fauna, principalmente sobre aves y quirópteros.
- Las principales consecuencias derivadas sobre la avifauna y quirópteros son: colisiones, molestias y desplazamientos, efecto barrera y destrucción del hábitat.
- En España existe una carencia en la realización de Evaluaciones Ambientales Estratégicas ante los proyectos de parques eólicos, sin una adecuada planificación y seguimiento de éstos, lo que provoca un efecto negativo que podría remediarse.
- España es pionera en este tipo de energía eólica siendo el quinto país del mundo con más potencia instalada. Dentro de las comunidades autónomas, Aragón está también en quinta posición. Es por ello, que se considera muy necesario el llevar a cabo una serie de planes de vigilancia para los parques eólicos ya construidos y estudios de impacto ambiental sobre los nuevos proyectos previstos en un futuro.
- De todos los parques eólicos considerados en este estudio y tras calcular la tasa de peligrosidad, obtenemos que el parque más perjudicial es La Loba (2,86 impactos/aerogenerador) seguido de Rabosera (2,79 impactos/aerogenerador) y San Juan de Bargas (2,5 impactos/aerogenerador).
- Se ha obtenido un total de 1213 individuos y 42 especies afectadas, siendo la más perjudicada el buitre leonado (*Gyps fulvus*) suponiendo el 82,1% del total de las colisiones. Este dato coincide con otros estudios de otros autores y puede ser por diversas razones; gran tamaño y poca

maniobrabilidad en el vuelo, su abundancia en el territorio aragonés o que son especies con mucha dispersión aumentando así el riesgo de colisión. Además de esto, tienen tasas de permanencia más largas en el campo ya que al ser carroñeros no resulta un alimento palatable por los depredadores y su gran tamaño hace que no pueda ser arrastrado, quedando los cadáveres a los pies del aerogenerador.

- El orden Accipitriforme es el más afectado en cuanto al número total de individuos (90%). Esto sería lógico, ya que como se ha comentado, el buitre representa el 82,1% de todas las colisiones. Una de las razones por las que se da esta situación puede ser porque las aves rapaces diurnas tienen grandes áreas de campeo.
- El orden taxonómico con mayor número de especies afectadas es Passeriforme y es probable que esto sea porque es el que más biodiversidad tiene, ya que la mayoría de especies de la Península Ibérica pertenecen a este orden.
- Tanto el número de especies afectadas, como el número de individuos totales afectados es superior para las especies sedentarias o residentes que para las migratorias. Puede ser debido a que hacen muchos desplazamientos a lo largo del año entre territorios diferentes, incluso algunas de ellas, como el buitre leonado, al día. Lo que provoca que aumente el riesgo por colisión.
- Además del estatus migratorio, si tenemos en cuenta el tipo de movilidad que tienen (movilidad elevada ó especies fijadas a un territorio) se puede afirmar que las especies con mayor movilidad son las más afectadas.
- Las tres cuartas partes de los individuos afectados no tienen ninguna catalogación y el otro cuarto se reparte entre vulnerables, sensibles a la alteración de su hábitat e interés especies, en respectivo orden. Cabe destacar que de todas las especies afectadas, ninguna de ellas está en peligro de extinción.

- En cuanto a las variables más influyentes sobre la colisión de la avifauna frente a los aerogeneradores hemos obtenido que para La Loba es “Distancia al centro del parque eólico” o lo que es lo mismo, los aerogeneradores que están en la periferia son los más perjudiciales. Y para San Juan de Bargas ha resultado ser “% Pendiente”, siendo las pendientes más elevadas las que mayores números registran. Esta diferencia puede ser debida a la topografía, ya que el primer parque es bastante plano en comparación con el segundo.
- El porcentaje de variabilidad que explica el modelo de regresión multivariable realizado para ambos parques ha resultado ser poco significativo (48,13 para La Loba y 45,21% para San Juan de Bargas). Tras realizar las pautas correspondientes, se ha decidido realizar la regresión simple con las variables más correlacionadas con “número de impactos”, que son las mencionadas en el apartado anterior, obteniendo un porcentaje de la variabilidad de 45,78% y 44,68%, respectivamente, lo que indica que casi todo el modelo es explicado con estas variables.
- El resto de la variabilidad del modelo se explicaría con otras variables que no se han tenido en cuenta en el estudio, tales como otras variables físicas, relacionadas con la topografía o la meteorología, u otro tipo de variables tales como el comportamiento de las aves frente a las turbinas o su altura de vuelo.
- Obtener resultados diferentes en los dos parques eólicos elegidos, nos da una idea de que es necesaria la evaluación de cada parque, ya que las colisiones dependen en gran medida del uso que hace la avifauna del espacio, y los resultados obtenidos en otros estudios no son equiparables al nuestro.
- En resumidas cuentas...resulta muy complicado establecer los efectos de los parques eólicos sobre la fauna, ya que son muy variables y dependen de un elevado número de factores que, entre otros, incluyen el diseño del parque, el tipo de hábitat ocupado, las especies presentes en su entorno,

su abundancia, cómo se comportan las aves frente a las turbinas, altura de vuelo, la orografía del terreno y todo ello variable en función de las condiciones meteorológicas y del momento del año. Además, estos factores pueden interactuar entre sí haciendo más complicada dicha estimación. Además, el impacto real de las distintas especies no puede ser conocido con precisión ya que como se ha comentado, hay especies que permanecen en el campo más que otras o que son más fáciles de localizar por tamaño.

- Es por ello, que cada emplazamiento requiere de un estudio y de una evaluación específica, ya que las características son diferentes para cada uno y, en el caso en el que sean varios los parques eólicos proyectados en la misma zona, deberían tenerse en cuenta los efectos acumulados, ya que la presencia simultánea de varios parques puede suponer una incidencia ambiental importante.
- Las administraciones públicas ambientales, en su obligación de la protección de la fauna deberían obligar a reducir la mortalidad de la avifauna en los puntos más conflictivos de los parques eólicos (ya que generalmente son aerogeneradores concretos, localizados y conocidos) donde año tras año mueren aves de diferentes especies. Y, en caso de no reducirse la mortalidad de esos aerogeneradores concretos hasta niveles aceptables, se obligara a pararlos.

6. RECOMENDACIONES

La compatibilidad de la energía eólica con la avifauna puede ser posible, siempre y cuando se tomen unas medidas preventivas, ya que las medidas diseñadas para prevenir los impactos deberían tener prioridad sobre las medidas reductoras del impacto y sobre las medidas compensatorias.

Existen muchas opciones, pero a continuación se han detallado las que se consideran más efectivas y/o necesarias:

- Todo nuevo proyecto de parque eólico debe ir precedido por un estudio detallado del comportamiento de las aves en el lugar preciso donde se propone su construcción, lo que permite mejorar su diseño con objeto de minimizar la probabilidad de mortalidad de aves por colisión con los aerogeneradores (Barrios & Rodríguez, 2007).
- Una vez realizado el parque eólico, se deberían de seguir programas de vigilancia ambiental, que nos permitan conocer el verdadero impacto, establecer medidas correctoras, mejorar futuros proyectos y mejorar el procedimiento de evaluación para perfeccionar los modelos predictivos utilizando protocolos con metodologías estandarizadas.
- Modificación de las estructuras:
 - Pintar las turbinas para hacerlas más visibles, ya que los resultados preliminares de experimentos diseñados para esclarecer la eficacia de pintar las aspas de las turbinas han sido alentadores (Howell et al. 1991, Mclsaac 2001), sin embargo esos resultados aún no se han contrastado a gran escala. Según los resultados de los experimentos de Mclsaac (2001), en los que se pintaron las aspas con varios dibujos, el patrón recomendado sería el de unas ondas cuadradas blancas y negras que cubran el aspa en su totalidad.

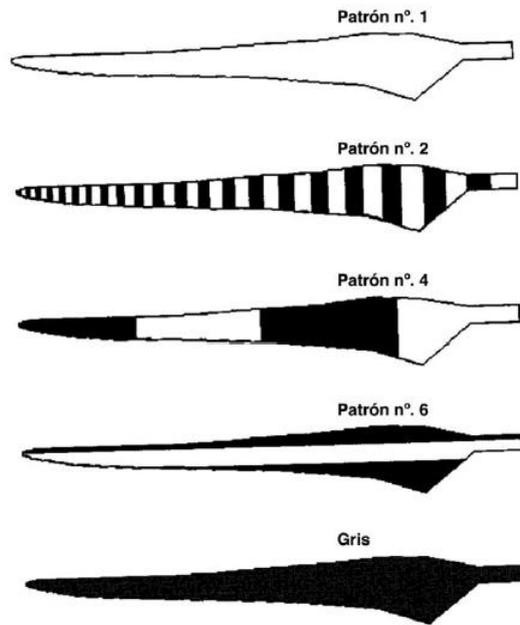


Figura 1. Comparación de los diseños en las aspas para determinar la visibilidad de los patrones por el cernícalo americano (de McIsaac 2001).

Figura 20: Diseños de aspas

Fuente: Johnson, G.D., et. al. (2007). *Uso de datos para desarrollar medidas correctoras del impacto sobre las aves provocado por la instalación de parques eólicos.*

- Cerrar góndolas y usar torres tubulares. Existe acuerdo en que la forma más eficaz de reducir esta frecuencia es instalar turbinas de torres tubulares, que no ofrecen soportes adecuados para que las rapaces se posen (Hunt, 1994; Nelson & Curry, 1995).



Figura 21: Aerogeneradores tubulares. Fuente: google

- En el caso de que no sean turbinas tubulares, instalar dispositivos que impidan que las aves se posen sobre las turbinas, ya que el uso de cubreposaderos reduce este comportamiento en un 54% (Nelson & Curry, 1995).



Figura 22: Cubreposadero.

Fuente: elaboración propia.

- Aumentar o disminuir la altura de las turbinas en función del uso del espacio aéreo por parte de la avifauna, ya que hay estudios que defienden las turbinas altas y otros las que son más bajas. Los datos de altura de vuelo recogidos durante un estudio de cuatro años de duración en el parque eólico de Buffalo Ridge, en Minnesota, pusieron de manifiesto que las turbinas más altas podían conllevar menor riesgo para algunas aves que las turbinas más bajas (Johnson et al. 2000a). Por el contrario, otro estudio del mismo autor en otro punto de muestreo, desveló que las tasas de mortalidad registradas en las turbinas más altas (cuyo área de barrido del rotor es más amplia) fueron el triple que las registradas en turbinas de menor altura (Johnson et al. 2002).

- Tamaño del rotor, aunque realmente no queda muy claro la correlación significativa entre esta medida y la mortalidad de las aves (Howell, 1997). El uso de turbinas más grandes reduciría la mortalidad de aves rapaces, pero el riesgo potencial para los paseriformes migrantes nocturnos aumenta (McCrary et al., 1984).
- Siempre que sea posible, habría que utilizar torres meteorológicas de celosía y tubulares, que no necesitan soporte (Johnson et al. 2007), ya que hay estudios que afirman que las torres meteorológicas sujetas con cables tensores son peligrosas para la avifauna.



Figura 23: Torre celosía
Fuente: Energías Renovables



Figura 24: Torre tubular
Fuente: Energías Renovables

- Otras técnicas propuestas para reducir la mortalidad de aves, aún sin suficiente contraste, son el uso de materiales luminiscentes o fosforescentes visibles para las aves que vuelan de noche (Avery, 1978; Brown, 1993). Aunque algunos autores advierten de que las luces pueden aumentar el riesgo de colisión al atraer y desorientar a las aves (Winkelman, 1990; Thelander et al. 2003) aconsejándose el uso de flashes de luces blancas intermitentes de baja intensidad (Hüppop et al. 2006).

- En cuanto a la variable ruido, podríamos pensar en utilizar dispositivos de aviso que emiten sonidos o señales visuales disuasorias, pero el seguimiento de estos dispositivos ha revelado que las aves se acostumbran fácilmente a ellos, lo que reduce sustancialmente su utilidad a largo plazo (Johnson et al. 2007). Otra alternativa que tiene que ver con el ruido, podría ser pequeñas modificaciones en la estructura acústica de las aspas que las harían más audibles para las aves, sin que esto contribuyese a aumentar el nivel global de ruido (Dooling, 2001).
- Otros experimentos han revelado que las aves pueden detectar señales de microondas, y Kreithen (1996), sugirió su uso para alertar a las aves de la presencia de obstáculos peligrosos. Las ventajas de este sistema son múltiples: la señal se desplaza a la velocidad de la luz, atraviesa las nubes y la niebla, funciona de día y de noche, y no es preciso que las aves estén mirando al objeto para recibir la señal. El problema reside en que, si el ave no relaciona esta señal con el peligro, simplemente terminará sabiendo que allí hay un obstáculo y no necesariamente aprenderá a evitarlo. Otro problema es que la instrumentación para esta técnica no está del todo desarrollada (Johnson et al. 2007).
- Al hilo de estas dos últimas medidas, existe una solución que pudiera ser la más efectiva; se trata de un módulo de detección y prevención de colisiones con el nombre de DTBird, diseñado por la empresa española “Liquen Consultoría Ambiental, S.L., una empresa de tecnología española especializada en la protección de la fauna en parques eólicos.



Figura 25: Dispositivo DT Bird.

Fuente: Energías Renovables.

DTBird es un sistema automático desarrollado para monitorizar la avifauna en las fases iniciales de un proyecto eólico o reducir la mortalidad de aves en los parques eólicos en operación, con igual funcionalidad tanto en parques eólicos terrestres como marinos.

Dispone de cuatro módulos:

1. **Detection:** detecta la presencia de aves de forma automática y en tiempo real. Lo hace sirviéndose del análisis de imágenes de alta resolución. La detección de las aves es realizada por cámaras HD que cubren 360° alrededor del aerogenerador y distancia de detección de hasta 600 m.
2. **Collision Control:** mediante la grabación de vídeo y sonido de vuelos con alto riesgo de colisión.
3. **Collision Avoidance:** emisión de sonidos de advertencia para aves en potencial riesgo de colisión o sonidos desalentadores para la permanencia de las aves en el entorno de las palas en movimiento, reduciendo su tiempo de permanencia en esta zona o los cruces del rotor.
4. **Stop Control:** realiza automáticamente la parada y reactivación del aerogenerador en función del riesgo de colisión de aves medido en tiempo real. Obliga a la parada del aerogenerador en apenas 30

segundos, antes de que el ave entre en zona de riesgo. En áreas como Gibraltar, donde los vuelos de aves son constantes, el aerogenerador se activa un mínimo de cinco veces por hora.

También existe un sistema específico para los murciélagos denominado DTBat, que funciona de forma similar. En este caso cuenta con dos módulos:

1. Detección: automática y en tiempo real mediante reconocimiento de ultrasonidos, que realizan al menos dos detectores.
2. Control de Parada: realiza automáticamente la parada y reactivación del aerogenerador en función del riesgo de colisión murciélagos medido en tiempo real.

El módulo cuenta con una plataforma que proporciona acceso online a los vuelos de aves y murciélagos, grabados en vídeos y audio, así como datos ambientales y parámetros de operación de los aerogeneradores. Dispone de herramientas de análisis y exportación de datos, y permite la elaboración automática de informes, con tablas y gráficos que recogen la actividad de las aves y las acciones tomadas por todos los módulos de DTBird o DTBat; lo que conlleva a la verdadera transparencia en la información ambiental.

DTBird tiene pruebas evidentes que demuestran hasta qué punto el Módulo Collision Avoidance es eficaz para evitar ese riesgo de colisión. Durante dos meses han estado experimentando en una instalación piloto en el parque eólico de CalandaWind, en Suiza, activando y desactivando el sonido. Una semana sonaban los altavoces, la siguiente no, y la siguiente volvían a sonar. El resultado es el que puede verse en la siguiente tabla:

Instalación piloto del sistema DTBird® en un aerogenerador de 3 MW en CalandaWind (Suiza)

Módulo de Detección: graba la actividad de las aves	4,1 vuelos/día , con vídeo y audio grabados de cada vuelo (total: 274 vuelos detectados y 423 aves en esos vuelos).	
Módulo de Control de Colisión: colisiones grabadas/cadáveres hallados	0 colisiones , de acuerdo con el visionado de vídeo y audio (que permitió descartar la colisión en el 100% de los vuelos). No se hallaron cadáveres en búsquedas por observador en la base del aerogenerador.	
Parámetros para la Evaluación de reducción del riesgo de colisión:	Sonido apagado	Sonido emitido
Vuelos con riesgo de colisión (< 25 metros de las palas en movimiento) en 30 días de operación estandarizada.	8 vuelos	0 vuelos
Vuelos con cambios bruscos evitando el acercamiento al rotor (< 50 metros de las palas en movimiento)	0/14 vuelos	8/13 vuelos
Total vuelos con cambios bruscos evitando el acercamiento al rotor	15 (47% después de que se active el sonido)	38 (82% después de que se active el sonido)
Promedio de duración de vuelos a la altura del área de barrido del rotor con las palas en movimiento	17,8 segundos	5,4 segundos

Figura 26: Resultados del dispositivo DT Bird.

Fuente: Energías Renovables.

Con las colisiones de aves registradas por el Módulo Collision Control desde enero de 2013 a junio de 2015, los responsables de DTBird han calculado la probabilidad de colisión de aves en aerogeneradores equipados con su sistema. Los datos se han tomado en más de 40 unidades de DTBird distribuidos en otros tantos aerogeneradores de Francia, Grecia, Italia, Polonia, España, Suecia, Suiza y Estados Unidos. En estas instalaciones el radio de vigilancia alrededor del aerogenerador varía entre los 25 y los 250 metros, en función del tamaño del ave (de vencejos a buitres). Se pudo calcular que la probabilidad de colisión para un ave detectada dentro del área de vigilancia es menor al 0,1 por 1.000. O lo que es lo mismo, menos de una colisión por cada 10.000 aves, por lo que resulta una medida muy efectiva (Energías Renovables, 2018).

También se registró el tiempo total de activación del sistema de parada del aerogenerador y, por consiguiente, las pérdidas de producción energética que se habrían producido debido a esas

paradas. Y se estimó que este habría estado parado 2 horas y 32 minutos en total durante el período de 61 días que duró la prueba.

- Aunque se han propuesto muchas medidas correctoras, la eficacia de la mayoría de ellas apenas ha sido contrastada, o esto se ha hecho sólo a pequeña escala. El diseño de medidas correctoras y la comprobación de su eficacia **deben ser específicas para cada parque**, ya que no siempre las medidas útiles en una planta eólica y para determinada especie lo son en otros parques y para otras especies. Debido a la diferencia entre zonas, es necesario evaluar las medidas correctoras de manera objetiva utilizando datos rigurosos antes de la recomendación rutinaria para su aplicación en nuevos parques eólicos o en los ya existentes (Johnson et al. 2007).

7. AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer a todas y cada una de las personas que han hecho posible que este proyecto haya salido adelante:

Por un lado a mi director Chabier González Esteban, a mi ponente José Manuel Nicolau Ibarra, y a otros profesores por sus consejos y asesoramiento; Jesús Guerrero Iturbide, Alfredo Serreta Oliván o Ernesto Pérez Collazos. Haciendo mención especial a Beatriz Lacruz Casaucau, por toda la paciencia y dedicación que ha tenido conmigo de forma desinteresada, y por sus largas cadenas de emails explicándome los pasos a seguir con la parte estadística. Además de ella, agradecer a Jesús Mainar o más conocido por Chuso, por ayudarme hasta el último momento de esta carrera, con las asignaturas que se me atascaron en su día y con la parte estadística de este proyecto.

Por otro lado, agradecer a mis compañeros de universidad estos años a su lado, ya que sin ellos esta etapa de mi vida no hubiera sido igual. Gracias por hacerme pasar tan buenos momentos y hacer más llevaderos los malos.

Y en especial, a mi familia y sobre todo a mis padres, que siempre han estado apoyándome desde el minuto uno; confiando en mí, inyectándome perseverancia y ayudándome a levantar la moral cuando sólo quería tirar la toalla. Este proyecto de fin de carrera va dedicado a ellos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Empresarial Eólica (2017). Consultado el 06/12/017 en

https://www.aeeolica.org/uploads/AEE_ANUARIO_17_web.pdf

Atienza, J.C., I. Martín Fierro, O. Infante y J.Valls. (2008). *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 1.0)*. SEO/BirdLife, Madrid. Consultado el 13/03/2018 en

[https://www.aeeolica.org/uploads/documents/564-directrices-para-la-
evaluacion-del-impacto-de-los-parques-eolicos-en-aves-y-murcielagos_seo-
birdlife.pdf](https://www.aeeolica.org/uploads/documents/564-directrices-para-la-evaluacion-del-impacto-de-los-parques-eolicos-en-aves-y-murcielagos_seo-birdlife.pdf)

Atienza, J.C., I. Martín Fierro, O. Infante, J. Valls, J. Domínguez. (2011). *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0)*. SEO/BirdLife, Madrid. Consultado el 06/12/2017 en

[https://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/05/MANUAL-MOLINOS-
VERSION-31 WEB.pdf](https://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/05/MANUAL-MOLINOS-VERSION-31_WEB.pdf)

Avery, M. L. (1978). *Impacts of transmission lines on birds in flight: proceedings of a workshop*. US Fish and Wildlife Service, Biological Services Program, Washington DC. 151 pp. Consultado el 08/09/2018 en

<https://pubs.usgs.gov/fwsobs/1978/0048/report.pdf>

Barrios, L. y Rodríguez, A. (2004). Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at no-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41: 72-81. Consultado el 01/08/2018 en

[https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-
2664.2004.00876.x](https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2664.2004.00876.x)

Barrios, L. y Rodríguez, A. (2007). *Patrones especiales y temporales de mortalidad de aves en dos parques eólicos del sur de España*. En *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. d. Lucas, G. Janss & M. Ferrer (eds). Quercus. Madrid. 275 pp. (241-253)

BOA nº 185. 2017. Resolución de 16 de agosto de 2017, del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, por la que se formula la declaración de impacto ambiental del proyecto de parque eólico “Fréscano”, en los términos municipales de Fréscano, Agón, Bisimbre y Magallón (Zaragoza), promovido por Gas Natural Wind 4, S.L.U. (Número de Expediente INAGA 500201/01/2016/07096).

Brown, M.J., Linton, E. & Rees, E.C. (1992). Causes of mortality among wild swans in Britain. *Wildfowl* 43: 70-79. Consultado el 30/04/2018 en <https://pdfs.semanticscholar.org/7282/a6af9712a07e160f32c6518b2fef9c2fca18.pdf>

Brown, W. M. (1993). Avian collisions with utility structures: biological perspectives. *Proceedings: Avian Interactions with Utility Structures*. International Workshop, Miami.

Camiña, A. (2002). *Impacto de los parques eólicos (Cabi-Monteros y Escurrillo) en la migración de la paloma torcaz (Columba palumbus) y otras aves en la Sierra de la Hez*. Gobierno de La Rioja, Logroño.

De Lucas Castellanos, M. (2007). *Aves y parques eólicos: efectos e interacciones* (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid). Consultado el 29/11/2017 en https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/2022/5171_lucas_castellanos_manuela.pdf?sequence=1

De Lucas, M., Janss, G.F.E. & Ferrer, M. (2007). *Birds and wind farms: Risk assessment and mitigation*. Quercus. Madrid. 275 pp.

De Lucas, M., Janss, G. F., Whitfield, D. P., & Ferrer, M. (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of applied ecology*, 45(6): 1695-1703.

Consultado el 29/11/2017 en

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.x>

Dooling, R. J., & Lohr, B. (2001, May). The role of hearing in avian avoidance of wind turbines. In: PNAWPPM – IV (ed). *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting IV* (pp. 115-127). National Wind Coordinating Committee, Washington, D. C. Consultado el 07/09/2018 en

<https://www.osti.gov/servlets/purl/822422#page=119>

Drewitt, A. L. & Langston, R. H. W. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29-42.

Consultado el 08/11/2017 en

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.491.235&rep=rep1&type=pdf>

Forman, R. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1): 207-231.

Consultado el 08/11/2017 en

http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17995/Roads_and_their_major_ecological_effects.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Galdos Urrutia, R., y Madrid Ruiz, F. J. (2009). La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, 50: 93-108.

Consultado el 10/03/2018 en <http://www.redalyc.org/html/176/17618748005/>

Howell, J. A. (1997). Bird mortality at rotor swept area equivalents, Altamont Pass and Montezuma Hills, California. *Transactions of the Western Section of the Wildlife Society*, 33: 24-29. Consultado el 07/09/2018 en <http://www.tws-west.org/transactions/Howell.pdf>

Howell, J. A., Noone, J., & Wardner, C. (1991). Visual experiment to reduce avian mortality related to wind turbine operations, Altamont Pass, Alameda and

Contra Costa counties, California, April 1990 through March 1991. *Inc., Livermore, California.*

Hunt, G. (1994). *A pilot golden eagle population project in the Altamont Pass Wind Resource Area, California.* The Predatory Bird Research Group, University of California, Santa Cruz. 212 pp. Consultado el 07/09/2018 en <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/7821.pdf>

Hüppop, O., Dierschke, J., EXO, K. M., Fredrich, E., & Hill, R. (2006). Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis*, 148, 90-109. Consultado el 10/09/2018 en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1474-919X.2006.00536.x>

Janss, G. F. E. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation* 95: 353-359. Consultado el 30/04/2018 en <http://www.the-eis.com/data/literature/avian%20mortality%20from%20power%20lines%20a%20morphological%20approach%20of%20a%20species-specific%20mortality.pdf>

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A. (2000a). *Avian Monitoring Studies at the Buffalo Ridge, Minnesota Wind Resource Area: Results of a 4 year study.* Northern States Power Co., Minneapolis, MN. 262 pp. Consultado el 07/09/2018 en https://www.researchgate.net/profile/Gregory_Johnson10/publication/267256947_Avian_monitoring_studies_at_the_Buffalo_Ridge_Wind_Resource_Area_Minnesota_Results_of_a_4-year_study/links/5489ae310cf225bf669c6f82.pdf

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A., Sarappo, S.A., (2002). *Collision mortality of local and migrant birds at a large scale wind power development on Buffalo Ridge, Minnesota.* Wildlife Society Bullentin 30: 879 – 887.

Johnson, G.D., Strickland, M.D., Erickson, W.P., Young JR, D.P. (2007). *Uso de datos para desarrollar medidas correctoras del impacto sobre las aves*

provocado por la instalación de parques eólicos. En *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. d. Lucas, G. Janss & M. Ferrer (eds). Quercus. Madrid. 292 pp.

Kreithen, M. L. (1996). Development of a pulsed microwave warning system to reduce avian collisions with obstacles. In *2nd International Conference on Raptors*. Urbino, Italy.

Lekuona, J. M. (2001). *Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual*. Dirección General de Medio Ambiente, Gobierno de Navarra, Pamplona. Consultado el 06/12/2017 en <http://www.gurelur.org/p/es/proyectos/energia-eolica/i-Descargables/estudio-eolica.pdf>

Lekuona, J. M. y Ursua C. (2007). *Avian mortality in wind power plants of Navarra (Northern Spain)*. En *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. d. Lucas, G. Janss & M. Ferrer (eds). Quercus. Madrid. 292 pp.

López, M. V. (2012). *Ingeniería de la energía eólica* (Vol. 5). Marcombo. Consultado el 10/03/2018 en https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GW_jEgJJSdcC&oi=fnd&pg=PA4&dq=ingenieria+de+la+energia+eolica&ots=QazMf4tprD&sig=CzYMIwYxixHbXo8TDiCzTLInapM#v=onepage&q&f=false

McCrary, M. D., McKernan, R. L., Wagner, W. D., & Landry, R. E. (1984). *Nocturnal avian migration assessment of the San Geronio Wind Resource study area, fall 1982*. Southern California Edison Company. 87pp.

McDonald, R. I., Fargione, J., Kiesecker, J., Miller, W. M., & Powell, J. (2009). Energy sprawl or energy efficiency: climate policy impacts on natural habitat for the United States of America. *PLoS One*, 4(8), e6802.

Consultado el 07/09/2018 en <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0006802>

Mclsaac, H. P. (2001). Raptor acuity and wind turbine blade conspicuity. . In: PNAWPPM – IV (ed). *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting IV*. (pp. 59-87). National Wind Coordinating Committee, Washington, D. C. Consultado el 07/09/2018 en http://www.altamontsrcarchive.org/alt_doc/raptor_acuity_and_wind_turbine_blade_conspicuity_mclsaac.pdf

Méndez Muñoz, J. M., & Rodríguez Rodríguez, L. M. (2012). *Energía eólica*. FC Editorial. Madrid.

Morrison, M.L., Sinclair, K.C., & Thelander, C.G. (2007). *Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre las aves y otros animales*. En *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. d. Lucas, G. Janss & M. Ferrer (eds). Quercus. Madrid. 292 pp.

Muñoz Gallego, A. R. (2014). Infraestructuras energéticas y conservación de la diversidad biológica: el caso de los parques eólicos y los tendidos eléctricos. *Jábega*, (106): 47-59.
Consultado el 06/07/2018 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5652040>

Nelson, H. K., & Curry, R. C. (1995). Assessing avian interactions with windplant development and operation. In *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, (60): 266-287.

Percival, S. M. (2000). Birds and wind turbines in Britain. *British Wildlife*, 12(1): 8-15.

Percival, S. M. (2003). Birds and wind farms in Ireland: a review of potential issues and impact assessment. *Ecology Consulting*, (17): 2234-2236.

Consultado el 08/11/2017 en <Http://Citeseerx.Ist.Psu.Edu/Viewdoc/Download?Doi=10.1.1.521.8657&Rep=Rep1&Type=Pdf>

Puicercús, J.A., Valero, A., Navarro, J., Terrén, R., Zubiaur, R., Martín, F., Iniesta, G. (1994). *Atlas eólico de Aragón*. CIRCE: Gobierno de Aragón.

Sawin, J. L. (2016). Energías Renovables 2016-Reporte de La Situación Mundial.”: 18. Francia. Consultado el 10/03/2018 en http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings_SPANISH.pdf

Sterner, D., Orloff, S., & Spiegel, L. (2007). *Investigación sobre la collision con aerogeneradores en Estados Unidos*. En *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. d. Lucas, G. Janss & M. Ferrer (eds). Quercus. Madrid. 292 pp.

Stewart, G. B., Pullin, A. S., & Coles, C. F. (2005). Effects of wind turbines on bird abundance. *Systematic Review No, 4*.

Consultado el 01/08/2018 en

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Stewart-2005.pdf>

Svensson, L., Mullarney, K., Zetterstrom, D., Grant, P. R., & Pijoan, M. (2010). *Guía de aves: España, Europa y región mediterránea*. Omega.

Talayero Navales, A. P., y Telmo Martínez, E. (Eds.). (2011). Energía eólica (Serie Energías renovables). *Prensas de la Universidad de Zaragoza*, (Vol. 140).

Tellería, J. L.; Asensio, B. y Díaz, M. (1999). *Aves Ibéricas, II. Paseriformes*. J. M. Reyero Editor. Madrid.

Thelander, C. G., Smallwood, K. S. (2007). *Altamont Pass: un ejemplo de los efectos de los parques eólicos sobre las aves*. En *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. d. Lucas, G. Janss & M. Ferrer (eds). Quercus. Madrid. 292 pp.

Thelander, C. G., Smallwood, K. S., & Rugge, L. (2003). *Bird Risk Behaviors and Fatalities at the Altamont Pass Wind Resource Area*. National Renewable

Energy Laboratory, Golden, CO.(US). 86 pp. Consultado el 10/09/2018 en <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33829.pdf>

Winkelman, J. E. (1990). *Nocturnal collision risks for and behavior of birds approaching a rotor in operation in the experimental wind park near Oosterbierum, Friesland, The Netherlands*. Arnhem, Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Arnhem, Netherlands. 109 pp.

Winkelman, J.E. (1992). *The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, the Netherlands on birds 2: nocturnal collisions risks*. RIN rapport 92/3 Arnhem: Rijk-sintituut voor Natuurbeheer. Arnhem, Netherlands.

<http://www.naturaspain.com/zona-lic-laguna-de-plantados-y-laguna-de-agon.html> Consultado el 02/08/2018

<https://www.energias-renovables.com/eolica/dtbird--la-tecnologia-espanola-para-compatibilizar-20151120> Consultado el 09/09/2018

<https://www.energias-renovables.com/eolica/la-eolica-mundial-se-rinde-ante-dtbird-20170322> Consultado el 09/09/2018