



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Electrocución en aves salvajes protegidas

Electrocution in wild protected birds

Autor/es

Gemma Aparisi Beltrán

Director/es

Chabier González Esteban

Lluís Luján Lerma

Facultad de Veterinaria
2019

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. ¿Qué es la electricidad?	5
1.2. Mecanismos patógenos	6
1.2.1 Factores determinantes de la lesión eléctrica	7
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO	8
3. METODOLOGÍA	8
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
4.1. El comienzo de los tendidos eléctricos	9
4.2. Tipos de líneas eléctricas	10
4.3. Impacto de los tendidos eléctricos	11
4.4. Interacciones con la avifauna silvestre	11
4.5. Factores que favorecen la electrocución	12
4.5.1. Factores climáticos	13
4.5.2. Factores biológicos de las especies implicadas	13
4.5.3. Factores ligados a las características del tendido eléctrico	14
4.6. Datos específicos de la Comunidad de Aragón	14
4.6.1. Representatividad de la casuística registrada en el CRFSA	14
4.6.2. Tendidos eléctricos con mayor siniestralidad registrada en Aragón	15
4.6.3. Electrocuciões desde el año 1994	16
4.6.4. Aves más afectadas	18
4.7. Particularidades de la detección de mortalidad y estudio post mortem en fauna salvaje	19
4.8. Detección de siniestralidad causada por tendidos eléctricos	19
4.9. Lesiones propias de electrocución	20
4.10. Tratamiento	26
4.11. Soluciones	27
5. CONCLUSIONES	29
6. CONCLUSIONS	30
7. VALORACIÓN PERSONAL	31
8. BIBLIOGRAFÍA	32
9. BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES	33

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico. Fuente: Wikipedia, 2019.	10
Imagen 2. Componentes de una línea eléctrica. Fuente: Villanueva Domínguez, D. Eduardo, 2014.	10
Imagen 3. Águila culebrera (<i>Circaetus gallicus</i>) electrocutada, con una presa en el pico. Fuente: El País, 2018.	13
Imagen 4. Quemadura de 3º grado en águila real (<i>Aquila chrysaetos</i>). Fuente: CRFSA.	21
Imagen 5. Quemaduras en cabeza de buitre leonado (<i>Gyps fulvus</i>). Fuente: CRFSA.	21
Imagen 6. Quemaduras en ala y garra de cernícalo (<i>Falco tinnunculus</i>). Fuente: CRFSA.	22
Imagen 7. Combustión de régimes en águila real (<i>Aquila chrysaetos</i>). Fuente: CRFSA.	22
Imagen 8. Busardo ratonero (<i>Buteo buteo</i>) electrocutado. Fuente: GREFA, 2018.	22
Imagen 9. Combustión superficial en garra de águila perdicera (<i>Aquila fasciata</i>). Fuente: CRFSA.	22
Imagen 10. Combustión en garras de buitre leonado (<i>Gyps fulvus</i>). Fuente: CRFSA.	22
Imagen 11. Edema en codo de milano negro (<i>Milvus migrans</i>). Fuente: GREFA, 2013.	22
Imagen 12 y 13. Evolución de garra quemada en buitre leonado (<i>Gyps fulvus</i>). Fuente: CRFSA.	23
Imagen 14. Congestión en cráneo de águila perdicera (<i>Aquila fasciata</i>). Fuente: CRFSA.	24
Imagen 15 y 16. Congestión en órganos de águila perdicera (<i>Aquila fasciata</i>). Fuente: CRFSA.	25
Imagen 17. Termografía en aves salvajes. Fuente: Madridiario, 2019.	27

RESUMEN: Electrocución en aves salvajes protegidas

En este trabajo de fin de grado se va a exponer la situación que sucede desde años atrás en España, y más concretamente el caso de Aragón, sobre la electrocución de aves salvajes en los tendidos eléctricos sin aislamiento o con medidas de aislamiento antielectrocución ineficientes, lo cual es una de las principales causas de mortandad no natural de estas especies, ya que muchas de ellas utilizan los tendidos como posadero. Entre estos ejemplares se encuentran especies protegidas y amenazadas, por lo que es muy importante corregir estos tendidos. Así pues se van a describir ciertas medidas y normas de carácter técnico de aplicación a las líneas eléctricas, para evitar que se electrocuten y se agrave todavía más su situación poblacional, además de explicar el tratamiento que se debe aplicar a las aves en estos casos.

Palabras clave: electrocución, tendidos eléctricos, aves, Aragón.

ABSTRACT: Electrocution in protected wild birds

In this work of end of degree will be exposed the situation that happens since years ago in Spain, and more specifically the case of Aragón, about the electrocution of wild birds on electrical lines without insulation or with inefficient electrocution insulation, which is one of the main causes of unnatural death of these species, as many of them use the power lines as innkeeper. These specimens include protected and threatened species, so it is very important to correct these lines. Certain technical measures and standards for the application of power lines are therefore to be described in order to prevent further electrocution and aggravation of their population situation, in addition to explaining the treatment to be applied to birds in these cases.

Keywords: electrocution, power lines, birds, Aragón.

1. INTRODUCCIÓN

El hecho de que la tecnología haya evolucionado con los años y la necesidad de la población por tener electricidad en cualquier lugar del mundo, ha hecho que los tendidos eléctricos hayan aumentado su extensión en los últimos años, provocando la aparición de nuevas líneas en lugares remotos en los que antes no había necesidad de suministro eléctrico.

La electrocución provocada por las líneas eléctricas suponen gran parte de las muertes de aves rapaces amenazadas registradas en el medio ambiente, tales como, el águila imperial, el águila pescadora, el milano real o el guirre o alimoche canario¹, poniendo incluso en peligro su existencia como es el caso del águila perdicera que cuenta con una población muy reducida. La electrocución afecta también a las águilas reales, culebreras, calzadas, buitres, milanos negros, azores, cernícalos, ratoneros, búhos reales y lechuzas, por citar algunas de las rapaces más sensibles a esta amenaza¹. Además de ello, dichos tendidos eléctricos también son una amenaza para las aves debido a las colisiones que tienen estas contra los mismos.

Para proceder al estudio y recuento de casos reales se van a utilizar datos de El Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de “La Alfranca” (CRFSA), único centro para la atención de fauna salvaje existente en Aragón y atiende a las provincias de Zaragoza, Huesca y Teruel. Su objetivo principal es el de atender a todos los animales salvajes pertenecientes a especies protegidas que son hallados heridos, enfermos, huérfanos o con cualquier patología, para su tratamiento, rehabilitación y posterior reintegración al medio natural. Además se realiza la recogida de animales encontrados muertos, con la finalidad de conocer las causas de su muerte mediante la realización de un examen forense y una necropsia. El objetivo de este último punto es, además de determinar las causas de mortalidad de las especies protegidas, detectar posibles hechos delictivos en relación con la muerte de las mismas. Esta línea de trabajo permite a las autoridades tomar medidas en el medio natural que palíen los problemas de las especies amenazadas a nivel poblacional, así como perseguir las actividades delictivas que les afectan y detectar puntos críticos para la posterior rectificación de las infraestructuras.

1.1. ¿Qué es la electricidad?

Según la Real Academia de la Lengua Española, se define la electricidad como:

1. Fuerza que se manifiesta por la atracción o repulsión entre partículas cargadas, originada por la existencia de electrones y protones².
2. Forma de energía basada en la electricidad, que pueden manifestar en reposo como electricidad estática, o en movimiento, como corriente eléctrica².

Para su estudio, se debe definir inicialmente qué es la corriente eléctrica: Magnitud física que describe la cantidad de electricidad que pasa a través de un conductor. Esta a su vez puede ser de dos tipos atendiendo al sentido de desplazamiento de los electrones: La corriente continua es aquella en la que fluyen de forma constante en una dirección (baterías o collares eléctricos), y la corriente alterna, en la que el flujo de electrones oscila constantemente a intervalos regulares o ciclos (líneas eléctricas y hogares)³.

Otra clasificación habitual se realiza en función del voltaje, así se distingue entre alta tensión, la utilizada para el transporte de la electricidad porque reduce las pérdidas, y baja tensión, en la que se reduce el voltaje a niveles menos peligrosos, aunque resulta menos eficiente. El límite entre ambas es de 1000 voltios en la corriente alterna, y 1500 voltios en el caso de la corriente continua³.

Los parámetros que definen la corriente son: 1) la intensidad de la corriente (cantidad de electrones que se desplazan por un conductor en una unidad de tiempo, medida en amperios, 2), el potencial o voltaje (fuerza que poseen los electrones para su desplazamiento, cuantificada en voltios, y 3) la resistencia (dificultad que opone un cuerpo al paso de la corriente eléctrica, y que se mide en Ohmios, Ω). La *ley de OHM* relaciona estos tres parámetros de tal forma que a mayor resistencia, menos electrones logran desplazarse; y a mayor voltaje, más electrones se mueven. Su expresión matemática es la siguiente: $I = V/R$ ⁴.

1.2. Mecanismos patógenos

El paso de la electricidad a través de un cuerpo produce daño por diversos mecanismos, sin embargo, la fisiopatología de los mismos no está bien estudiada, debido a la multitud de variables que toman parte en dichos procesos y que no pueden ser medidas. Los daños causados por las descargas eléctricas están producidos esencialmente por dos mecanismos, aunque no son los únicos: 1) La electroporación, en la cual los campos eléctricos producen daños en las membranas celulares debido al paso de la energía por los tejidos, resultando en una alteración de las funciones celulares; y 2) la generación de calor, que se origina por el paso de la electricidad a través de un mal conductor (cuerpo animal), produciendo de este modo quemaduras en tejidos superficiales y en órganos internos. Otro mecanismo patógeno sería por la alteración de procesos fisiológicos eléctricos del organismo⁵.

1.2.1 Factores determinantes de la lesión eléctrica

Intensidad de la corriente y voltaje: La intensidad es el factor más importante en los accidentes eléctricos, en función de esta el contacto con la corriente puede originar desde un simple cosquilleo hasta asistolia. Por otro lado, también en función del voltaje van a aparecer unos daños u otros, siendo más graves aquellos que surgen a partir de los 1000 voltios en el caso de la corriente alterna (alto voltaje)⁶.

Tipo de corriente: La corriente continua es la menos lesiva, tiende a producir en el animal un único espasmo muscular haciendo que este huya de la zona de contacto (animales expuestos un período de tiempo corto). Sin embargo, la corriente alterna es considerada tres veces más peligrosa que la anterior, ya que al entrar en contacto con el animal estimula las fibras musculares, provocando tetanias que hacen que el paciente quede inmovilizado, impidiéndole soltarse del foco que le está produciendo el daño. Además, a consecuencia de este proceso aumenta la duración del contacto. Esta diferencia aparece a voltajes bajos, en caso de altos voltajes ambos tipos de corriente generan un efecto similar⁶.

Resistencia: Está determinada por las propiedades físicas y químicas de los tejidos, así como factores ambientales. La primera barrera del organismo al paso de corriente es la piel. Esta posee una gran resistencia, aunque no es homogénea en toda su superficie, sino que varía en función de su espesor y del grado de humedad (disminuye mucho al humedecerse la piel). Por otro lado, la carbonización, resultado de las quemaduras de 4º grado, incrementa la resistencia de la piel al paso de la corriente. Las plumas pueden jugar un papel importante en el poder aislante de la misma⁶.

Cuando la electricidad atraviesa un cuerpo lo hace siempre por el trayecto que menor resistencia ofrece, y a través de aquellos tejidos que conducen mejor la electricidad. Nervios, vasos sanguíneos y músculos son mejores conductores que huesos, tendones y grasa; por el contenido en agua que poseen.

Calor generado (*Ley de Joule*): La energía que se emplea para vencer las resistencias se pierde en forma de calor. Esto se conoce como *Efecto Joule*: cuando una corriente eléctrica circula por un conductor, se va a producir calor a partir de la energía cinética liberada de choques entre los electrones y los átomos del conductor. De modo que cuánto mayores sean la intensidad o la resistencia, mayor será la cantidad de calor que se origine en el organismo⁵.

Duración de la exposición: Las lesiones serán más graves cuanto mayor sea el tiempo de exposición a la corriente⁶.

Tamaño del área de contacto: Cuanto mayor sea el área de contacto, menos energía actuará sobre el tejido. De este modo una misma corriente, puede o no producir daños en un tejido, en función de si se aplica de forma focal o en una zona amplia⁶.

Trayecto de la corriente a través del cuerpo: Determinará la localización de las lesiones. Las vías de corriente que pasen por corazón o cerebro van a ser las más peligrosas, porque pueden dar lugar a alteraciones en las funciones vitales eléctricas de esos órganos⁶.

Tipo de contacto eléctrico:

- Contacto directo accidental (con un cable eléctrico o con un conductor en contacto con este).
- Contacto de forma indirecta (potenciales de paso, si la corriente circula a lo largo de la superficie del suelo, consecuencia de un dispositivo electrónico defectuoso conectado a tierra; o de tacto, si la víctima toca ese dispositivo defectuoso).
- Mediante un arco eléctrico (paso de electricidad a través del aire que, pese a ser un mal conductor puede transmitirla a un animal sin que implique contacto físico, en determinadas condiciones de humedad y temperatura)⁶.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es explicar cómo y por qué se electrocutan las aves en los tendidos eléctricos, es decir, cuáles son las condiciones exactas que se deben dar para que se produzca la electrocución. También se va a realizar un recuento del total de electrocuciones declaradas que se han producido desde el año 1994 en la Comunidad de Aragón para ver qué incidencia presenta este problema en la avifauna salvaje protegida y cuáles especies son las más afectadas. Además de esto, y como último punto, se van a redactar una serie de medidas de corrección que aplicadas a todas las líneas eléctricas existentes evitarían muchos casos de muerte.

3. METODOLOGÍA

Primeramente se ha indagado en artículos sobre medio ambiente, fauna y electricidad para tener una base de conocimiento previo. Posteriormente se ha llevado a cabo una búsqueda exhaustiva de noticias, artículos, libros y tesis que tratan propiamente sobre el tema de la electrocución en aves salvajes en España. Finalmente y para completar esta revisión bibliográfica, se han recogido datos reales, con ayuda del veterinario Chabier González Esteban, procedentes de El Centro de Recuperación de Fauna Silvestre “La Alfranca”, desde el

año 1994 hasta día de hoy para tener una pequeña representación de lo que actualmente ocurre todavía en el resto del país.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. El comienzo de los tendidos eléctricos

“La revolución industrial, el desarrollo de sistemas de producción en serie, la demanda energética de las grandes urbes y la mecanización y puesta en regadío de los campos, junto con el crecimiento de la población humana, ha generado una enorme red de transporte y distribución de energía.

La energía es el origen de la vida y el combustible necesario para el desarrollo económico y del bienestar. En esta época tan industrializada se han incrementado exponencialmente las necesidades de energía para el consumo humano y se consigue transportar desde su lugar de origen hasta el consumidor final. Los tendidos eléctricos, convertidos durante la era moderna en componentes elementales de nuestro paisaje, son instrumentos imprescindibles para el transporte de energía entre producción y consumo. La reciente apuesta en muchos países por el desarrollo de energías renovables como una parte importante de la generación ha incrementado aún más la necesidad de líneas eléctricas, particularmente la de transporte y es previsible que siga así siendo al menos en un futuro próximo.

Las líneas de tendido eléctrico que transportan la energía desde los centros de producción hasta los centros de transformación o los que la distribuyen posteriormente hasta los puntos de consumo ocupan el espacio como una gran red de araña, incluyendo los espacios naturales más o menos protegidos, lo cual crea el clásico conflicto entre el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas y la conservación de la biodiversidad”⁷.

Tabla 1. Evolución histórica de los ingresos por electrocución de aves silvestres protegidas en el CRFS de “La Alfranca”. Fuente: CRFSA.

Año	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Electrocución	62	74	91	217	248	266	288	424	335	246	231	201	191	205	190	194	184	162	152	190	256

4.2. Tipos de líneas eléctricas

“La electricidad es distribuida normalmente por líneas eléctricas aéreas de cables desnudos, denominados conductores o fases. La diferencia de potencial que transportan los conductores oscila aproximadamente entre 1 y 400 kV (kilovoltios). Cuando la tensión está por debajo de 1 kV se califica como de baja tensión, y lo forman entre otros los circuitos domésticos. La conocida como media tensión se sitúa en España habitualmente entre 14 y 45 kV. Las líneas de media y alta se dividen en líneas de transporte (66-400 kV) y líneas de distribución (14-45 kV).

Las líneas de transporte conducen la energía desde los grandes centros de producción (centrales térmicas, hidroeléctricas, nucleares o renovables) hasta los grandes centros de consumo (ciudades, grandes industrias, etc.) y hasta las subestaciones desde las que se alimentan las líneas de distribución. Estas últimas son las encargadas de llevar la energía a los pequeños centros de consumo. Las líneas de transporte se apoyan en grandes torretas de 25 o más metros de altura y, suelen llevar, además de los conductores, unos pequeños cables encima de ellos que se conocen como cables de tierra y que sirven de protección a la línea, repartiendo la toma a tierra entre grandes torretas en el caso, por ejemplo, de la caída de un rayo. Dichas torretas en España suelen ser de celosía de metal, aunque el uso de hormigón no es raro en algunos países. En tendidos de transporte, y dada su tensión nominal, los aisladores son cadenas de gran longitud y normalmente tienen tres conductores por circuito, aunque es frecuente que lleven más de un circuito en la misma línea (doble o hasta triple circuito).

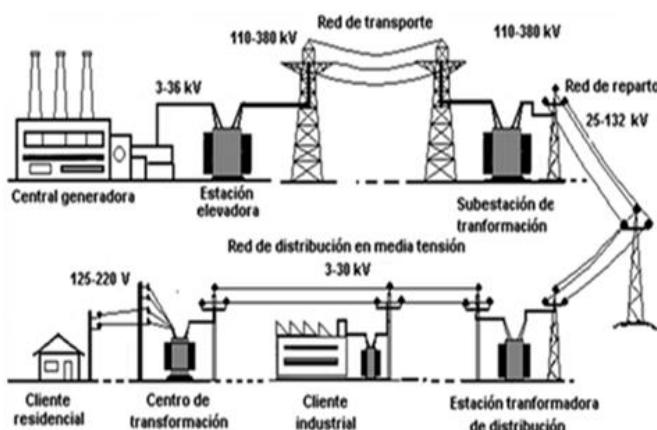


Imagen 1. Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico. Fuente: Wikipedia, 2019.

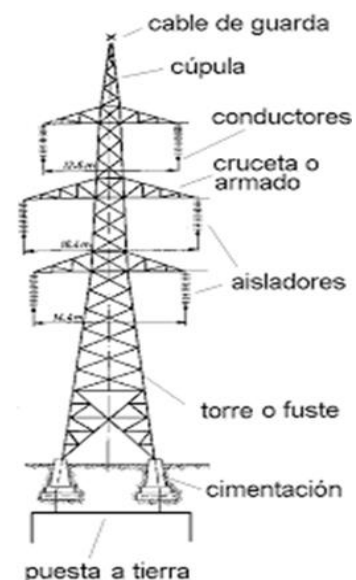


Imagen 2. Componentes de una línea eléctrica. Fuente: Villanueva Domínguez, D. Eduardo, 2014.

En las líneas de transporte con gigantescas torretas el problema fundamental es la colisión contra el cableado, mientras que en los tendidos de distribución, de más baja tensión y pequeños apoyos, además de colisiones contra los conductores es donde se produce la electrocución.

Los postes (apoyos) de las líneas de distribución son mucho más pequeños que las torretas de transporte, midiendo normalmente entre 8 y 12 metros de altura. En España se suelen utilizar los contruidos en celosía de metal que, al ser conductores, no tienen que llevar un cable de tierra para proteger de sobretensiones en la línea. En otros países donde la madera es abundante y barata como son Estados Unidos, Noruega o Suecia, se construyen de este material. También se utiliza con relativa frecuencia el hormigón armado, aunque principalmente para el vástago, siendo en general las crucetas de metal, al menos en países como España⁷.

4.3. Impacto de los tendidos eléctricos

A parte de otros muchos impactos que producen los tendidos (impacto paisajístico, contaminación y electromagnética...⁸), la construcción de la línea conlleva un impacto sobre el medio debido a la actuación de maquinaria pesada y la presencia de trabajadores, lo que puede llegar a ser grave dependiendo de la época del año y la cercanía de especies vulnerables. En zonas forestales, se tala el arbolado bajo las líneas y, dependiendo de la tensión y tipo de apoyo, se desbrozan franjas de 45 a 100 metros de ancho⁷. Este tipo de actuaciones hace que la construcción de una línea a veces produzca discontinuidades en el paisaje y fragmentación de parches naturales de vegetación, con la consiguiente destrucción del hábitat necesario para algunas especies. Además la presencia de líneas eléctricas aumenta el riesgo de incendios⁸.

4.4. Interacciones con la avifauna silvestre

Desde la aparición de los tendidos eléctricos se ha establecido una estrecha relación entre estos y los seres vivos. Al ser elementos que están permanentemente presentes en todo tipo de paisajes, los tendidos y sus apoyos (postes o torres) son utilizados por numerosas especies de aves para llevar a cabo muchas de sus actividades. La progresiva destrucción del medio natural ha supuesto la disminución del número de soportes naturales (los árboles), así pues los tendidos se han convertido en perfectos sustitutos. La frecuente presencia de aves en los tendidos suele ocasionar problemas a las instalaciones eléctricas⁷.

En el caso de las aves, los postes son usados como posaderos (puntos elevados desde los que se domina visualmente una amplia superficie de terreno⁹) por multitud de especies, principalmente rapaces, córvidos y cigüeñas¹ pero su relación más íntima con los mismos es la muerte por electrocución o colisión⁷. Numerosos trabajos científicos han confirmado, desde hace años, que los accidentes en líneas eléctricas constituyen una de las causas más importantes de mortalidad generada por el hombre de algunas aves y la reducción de sus poblaciones.

La relación de las aves con las líneas eléctricas ha sido documentada desde la aparición de este tipo de infraestructuras⁷. Principalmente se empezó a estudiar por los cortes de energía que las aves causaban sobre el correcto suministro de energía, traduciéndose en un alto costo tanto para las comunidades que se quedaban sin energía, como para las compañías de electricidad que debían mandar equipos de mantenimiento para arreglar el problema¹⁰. Así, la nidificación provoca frecuentes problemas en el servicio por derivaciones a tierra a través de la estructura del nido cuando este termina por contactar con uno de los conductores. También las electrocuciones pueden causar problemas de mantenimiento con sobretensiones que hacen saltar las protecciones de la línea o incluso ocasionando fuegos⁷.

La electrocución se da por una derivación de corriente a través del cuerpo y se puede producir de dos formas; por contacto con dos conductores o, lo que es más frecuente, por contacto con un conductor y derivación a tierra a través del poste metálico, dejando en el ave las marcas del paso de corriente. El puente también puede producirse al tocarse dos aves entre sí reproduciendo en conjunto las anteriores condiciones¹¹. Debido a las dimensiones, geometría y material de los apoyos, la separación de los conductores y la longitud de los aisladores, las electrocuciones solo son frecuentes en líneas de distribución¹². La muerte se produce normalmente por el paso de la corriente, aunque a veces si la descarga no ha sido mortal, la muerte se produce por la caída del animal al suelo⁷. La electrocución afecta especialmente a aves de media-gran envergadura, lo cual coincide con el grupo de aves de presa que suelen ser especies muchas de ellas amenazadas de extinción⁹.

4.5. Factores que favorecen la electrocución

Además de la configuración del poste, existen otro tipo de factores relacionados con la frecuencia de las muertes en tendidos eléctricos: factores climáticos, etológicos y dependientes de la orientación de la línea.

4.5.1. Factores climáticos

Entre los factores climáticos hay que destacar las precipitaciones. En general la pluma es un buen aislante, siempre que esté seca. La conductividad de la pluma crece al aumentar la humedad relativa y la lluvia, aunque también depende de factores como la concentración de sales, etc. El viento también afecta, pues dificulta el control de vuelo y obliga a hacer maniobras a las aves cuando están posadas, forzándolas a tener que abrir las alas más a menudo, haciendo así posible el contacto con el cable⁷.

4.5.2. Factores biológicos de las especies implicadas

Especie: Las aves más grandes son más susceptibles, ya que a mayor envergadura, más posibilidades de contactar con dos elementos no aislados de un tendido, y a menor tamaño de éste, menor distancia entre tales elementos y por tanto mayor peligrosidad. Por otra parte, las aves de hábitats abiertos (ejemplo: águila real) son más vulnerables que las rapaces que habitan bosques¹⁰.

Edad: Las aves jóvenes carecen de la experiencia y control de vuelo que tienen los adultos, además en las primeras etapas de su aprendizaje efectúan vuelos más cortos, pasando de poste a poste. Los ejercicios, durante la estancia en el nido, para reforzar la musculatura también representan momentos muy delicados¹².

Conducta: Determinadas conductas pueden facilitar la electrocución: en época de celo en las que se producen peleas en los posaderos, intentando expulsar a un congénere; relaciones de pareja al aumentar la utilización conjunta de los apoyos, tanto durante las cópulas como en las que el batir de alas es frecuente; uso de postes para olearse o tomar el sol con las alas extendidas como lo hacen los buitres o los milanos; uso de los apoyos como lugar para despedazar y comerse a las presas (Véase Imagen 3), como es el caso de todas las rapaces¹¹ y la nidificación en postes⁷.



Imagen 3. Águila culebrera (*Circaetus gallicus*) electrocutada, con una presa en el pico. Fuente: El País, 2018.

4.5.3. Factores ligados a las características del tendido eléctrico

Otra circunstancia que favorece esta situación es la existencia de postes con un diseño peligroso instalados entre diferentes biotopos donde la diversidad y la densidad de presas son altas, con lo que se convierten en excelentes oteaderos. Algunos ejemplos de ello, son las áreas estépicas densamente pobladas por conejo salvaje que atraen a las águilas y localizaciones donde se hallan vertederos, en los que gran cantidad de especies de necrófagos se ven atraídas por la comida. Así pues, 18 jóvenes ejemplares de águila real murieron durante un año después de la construcción de una nueva línea eléctrica para proveer a una antena de telefonía móvil en Pina de Ebro, Zaragoza. Los cables fueron aislados solo gracias a los resultados de las necropsias de dichas aves realizadas en el CRFSA.

Por otra parte, la siniestralidad también se ha registrado en granjas donde los ganaderos depositan los cadáveres de su ganado expuestos a los necrófagos en fosas sin cubierta o en contenedores abiertos, lo cual son prácticas ilegales. Por tanto, el precio que ahorran los ganaderos en eliminar los cadáveres se traduce en un gran número de muertes de buitres y otras especies.

Respecto a las características de las líneas eléctricas en sí, las electrocuciones se dan sobretodo en tendido eléctricos de media y baja tensión, porque estos tienen una distancia entre las fases bastante pequeñas y permiten el contacto simultáneo de dos partes de un pájaro. El modo en que los cables son atados a los sostenes determina la peligrosidad, junto a la situación del sostén. El tipo de línea más segura es aquella de armamento suspendido y las más peligrosas son aquellas de armamento rígido, sostenes de derivaciones, torres con transformador y sostenes con seccionamientos superiores.

No todas las líneas eléctricas tienen el mismo nivel de peligrosidad, por lo tanto, hace falta identificar con exactitud los puntos concretos donde se producen los accidentes para poder tomar medidas correctivas eficientes.

4.6. Datos específicos de la Comunidad de Aragón

4.6.1. Representatividad de la casuística registrada en el CRFSA

“La Alfranca” es el único centro de recuperación de fauna silvestre de la comunidad de Aragón, región que cuenta con más de 47.000 km² de superficie y grandes áreas muy despobladas. Por lo que, el número de casos registrados que llegan al CRFSA tan solo constituyen una pequeña parte de la siniestralidad real. Cabe destacar que dichos casos no son tomados de forma

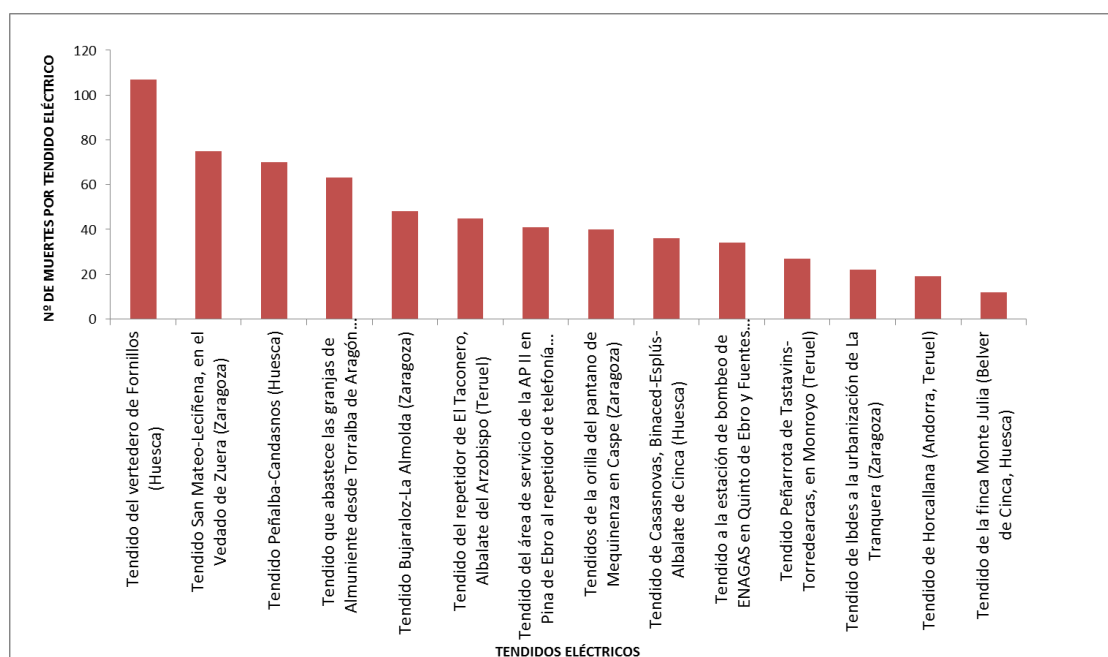
uniforme ni aleatoria. La inspección periódica de tendidos es llevada a cabo por parte de los APNs, agentes de protección de la naturaleza del Gobierno de Aragón, cuya función es la de conservación, estudio y gestión del medio ambiente aragonés, destacando en este caso, la realización y colaboración en los censos y estimas de especies catalogadas y el rescate de ejemplares que necesiten atención veterinaria, aunque también son muchos los que son entregados por parte de particulares, agricultores, cazadores, el SEPRONA de la Guardia Civil, cuerpos locales de policía o agentes medioambientales¹³. Las víctimas de estas infraestructuras son más fáciles de encontrar, siempre que un carroñero no haya llegado antes. Sin embargo, todos aquellos animales afectados por enfermedad, disparo, trampeo ilegal o envenenamiento con frecuencia quedan escondidos entre la vegetación o lejos de las vías de comunicación, pasando mucho más desapercibidos.

Aun así, hay que apuntar que los tendidos eléctricos son trampas mortales que funcionan todos los días del año y a todas horas, por lo que su impacto es sin duda mayor que el de las actividades humanas.

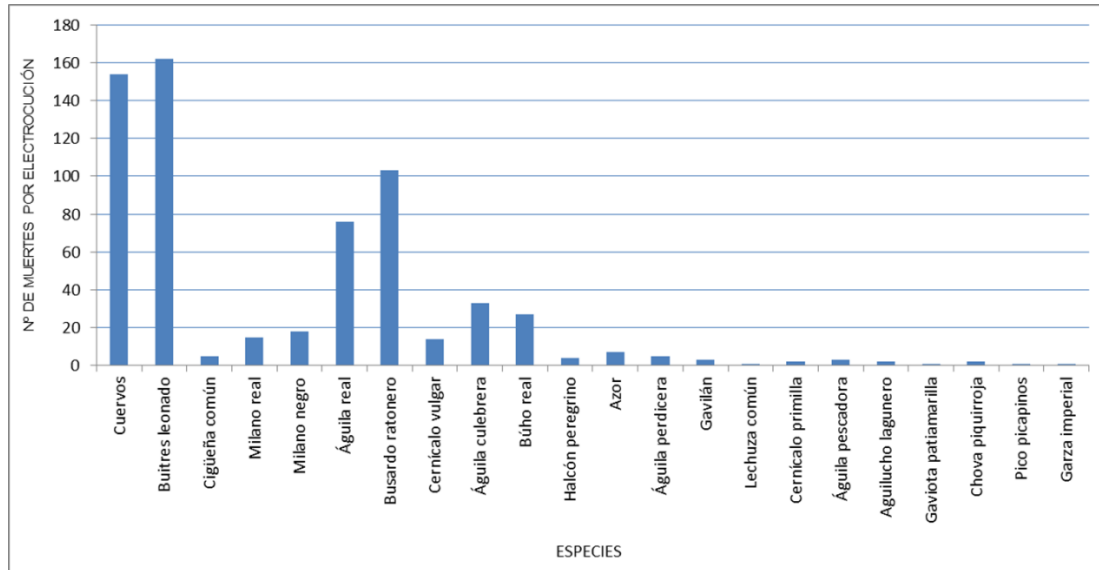
4.6.2. Tendidos eléctricos con mayor siniestralidad registrada en Aragón

A continuación se enumeran los tendidos eléctricos que han ocasionado un mayor número de ingresos de aves electrocutadas en el CRFSA entre 1994 y 2018:

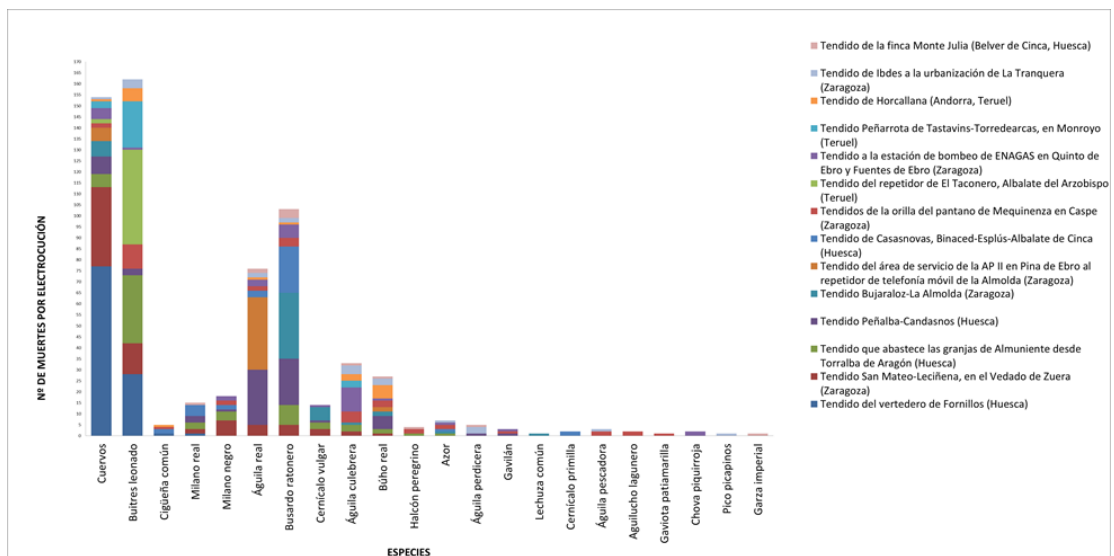
Gráfica 1. Nº de muertes por electrocución por tendido eléctrico. Fuente: Propia basada en datos del CRFSA.



Gráfica 2. Nº de muertes por electrocución según especie. Fuente: Propia basada en datos del CRFSA.



Gráfica 3. Nº de muertes por electrocución por especie por tendido eléctrico. Fuente: Propia basada en datos del CRFSA.



4.6.3. Electroclusiones desde el año 1994

En la siguiente lista se muestra el número y tipo de aves electrocutadas entre 1994-2018 (por orden taxonómico, el más aconsejable), en total 4.468 aves pertenecientes a especies protegidas:

- Cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*): 1 ejemplar.
- Cigüeña común (*Ciconia ciconia*): 514 ejemplares.
- Cigüeña negra (*Ciconia nigra*): 3 ejemplares.
- Garza real (*Ardea cinerea*): 8 ejemplares.

- Garza imperial (*Ardea purpurea*): 1 ejemplares.
- Garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*): 5 ejemplares.
- Águila pescadora (*Pandion haliaetus*): 5 ejemplares.
- Pigargo europeo (*Haliaetus albicilla*): 1 ejemplar.
- Milano real (*Milvus milvus*): 207 ejemplares.
- Milano rego (*Milvus migrans*): 146 ejemplares.
- Culebrera europea (*Circaetus gallicus*): 216 ejemplares.
- Azor (*Accipiter gentilis*): 74 ejemplares.
- Gavilán (*Accipiter nisus*): 37 ejemplares.
- Busardo ratonero (*Buteo buteo*): 520 ejemplares.
- Abejero europeo (*Pernis apivorus*): 7 ejemplares.
- Águila perdicera (*Aquila fasciata*): 31 ejemplares.
- Águila calzada (*Aquila pennata*): 54 ejemplares.
- Águila real (*Aquila chrysaetos*): 305 ejemplares.
- Alimoche (*Neophron percnopterus*): 9 ejemplares.
- Buitre leonado (*Gyps fulvus*): 1.323 ejemplares.
- Buitre negro (*Aegyptius monachus*): 1 ejemplar.
- Quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*): 8 ejemplares.
- Aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*): 15 ejemplares.
- Aguilucho cenizo (*Circus pygargus*): 2 ejemplares.
- Halcón peregrino (*Falco peregrinus*): 26 ejemplares.
- Cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*): 215 ejemplares.
- Cernícalo primilla (*Falco naumanni*): 7 ejemplares.
- Cernícalo patirrojo (*Falco vespertinus*): 1 ejemplar.
- Alcotán (*Falco subbuteo*): 4 ejemplares.
- Esmerejón (*Falco columbarius*): 1 ejemplar.
- Grulla euroasiática (*Grus grus*): 29 ejemplares.
- Alcaraván (*Burhinus oedicnemus*): 4 ejemplares.
- Charran patinegro (*Sterna sandvicensis*): 1 ejemplar.
- Lechuza común (*Tyto alba*): 38 ejemplares.
- Búho real (*Bubo bubo*): 306 ejemplares.
- Búho chico (*Asio otus*): 12 ejemplares.
- Autillo (*Otus scops*): 3 ejemplares.
- Cárabo (*Strix aluco*): 7 ejemplares.
- Mochuelo (*Athene noctua*): 6 ejemplares.

- Pico picapinos (*Dendrocopos major*): 1 ejemplar.
- Abejaruco (*Merops apiaster*): 1 ejemplar.
- Chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*): 8 ejemplares.
- Cuervo (*Corvus corax*): 305 ejemplares.

En la siguiente tabla podemos comparar los porcentajes de electrocución de las diferentes especies de aves registrados en Aragón:

Tabla 2. Porcentaje de electrocuciones en el total de la casuística para las especies más afectadas (datos 1994-2015). Fuente: CRFSA.

ESPECIE	% DE ELECTROCUCIÓN
Aves (n=23.203)	16,7 %
Rapaces diurnas (n=11.893)	23,4 %
Quebrantahuesos (n=68)	11,76 %
Buitre leonado (n=4.395)	25 %
Alimoche (n=132)	4,5 %
Milano negro (n=676)	19,4 %
Milano real (n=633)	28,75 %
Busardo ratonero (n=1.235)	38,13 %
Aguilucho lagunero (n=387)	3,8 %
Azor (n=216)	26 %
Águila real (n=471)	56,5 %
Águila perdicera (n=47)	53 %
Culebrera europea (n=376)	53,8 %
Águila calzada (n=178)	24,7 %
Halcón peregrino (n=107)	22,4 %

4.6.4. Aves más afectadas

La electrocución afecta más a las tres grandes águilas y buitres por ser especies de gran tamaño y a las águilas y ratonero porque cazan en áreas abiertas y utilizan los apoyos eléctricos como oteaderos y posaderos, así como para consumir las presas con mayor tranquilidad. En el otro extremo, se encuentra el aguilucho lagunero que es más bien pequeño, caza y descansa en el suelo, y por tanto tiene mucha menor probabilidad de morir electrocutado. El busardo ratonero tiene hábitos muy similares a los de las grandes águilas,

pero su menor tamaño lo hace menos susceptible. Grullas y cigüeñas suelen electrocutarse cuando un bando es asustado y vuela estresado entre los cables, tras chocar con ellos.

Señalar que, como se ha destacado ya, esta causa de mortalidad es muy grave para especies como el águila real, con 471 individuos muertos en los últimos 22 años, contando con una población reproductora en Aragón de 372 parejas, pero puede ser la causa final de extinción para el águila perdicera, con 47 muertes por electrocución para una población de tan sólo 24 parejas.

4.7. Particularidades de la detección de mortalidad y estudio post mortem en fauna salvaje

“A diferencia de los animales domésticos, el problema que se establece en la detección de animales salvajes dañados o muertos es que se produce al azar, ya que no se encuentran en recintos controlados.

Las causas de su muerte están relacionadas con infraestructuras, con acciones humanas como intoxicaciones, caza, etc. o bien con patologías. Las muertes por infraestructuras, como son las carreteras, tendidos eléctricos o parques eólicos suelen estar más representadas, ya que son controladas habitualmente por los APNs o, en concreto, la red viaria es transitada por numerosas personas que pueden informar de los hechos. A pesar de esto, hay que destacar que dichas infraestructuras actúan de forma continua, independientemente de la voluntad humana, por lo que cabe suponer que su incidencia sobre la fauna es mayor, en cualquier caso, que la de otras causas de siniestralidad.

Otro inconveniente, derivado de lo anterior, es que los cadáveres son hallados cuando ya ha transcurrido un tiempo después de la muerte, que puede oscilar entre horas y años. Esto significa que puede que las lesiones que causaron la muerte del animal no sean ya visibles. Como norma general, a mayor intervalo post mortem, menores son las posibilidades de emitir un diagnóstico seguro en la necropsia, aunque las probabilidades dependen del tipo de lesiones. Así, traumatismos que cursan con fracturas sin muerte inmediata, provocan la formación de callos óseos que son discernibles incluso en vertebrados fósiles”¹⁴.

4.8. Detección de siniestralidad causada por tendidos eléctricos

“Cuando la causa de muerte es una electrocución, las lesiones externas determinantes para emitir un diagnóstico seguro son las quemaduras, que pueden variar desde combustiones

generalizadas (cuando el ave permanece adherida a los cables tras sufrir la electrocución) hasta pequeños focos de combustión superficial que pueden ser difíciles de detectar sin un examen muy minucioso, en ocasiones con lupa de 10 aumentos. La mayoría de los casos se sitúan entre ambos extremos. Las lesiones internas, congestiones de intensidad diversa, pueden ser confundidas con otras causas de muerte (intoxicaciones, traumatismos, patologías infecciosas, etc.) si no van acompañadas de quemaduras.

El problema en casos de electrocución es que las quemaduras suelen afectar a tejidos blandos, y los cadáveres, como se ha dicho, llegan en diversos grados de descomposición, en no pocas ocasiones reducidos al esqueleto o parte de él. Si las quemaduras se localizan únicamente en piel, esta se descompone al cabo de unos días, y son imposibles de detectar en cadáveres de más de 10 días, aproximadamente. Si la piel afectada es el epitelio escamoso de las garras, los focos de combustión son claramente visibles hasta que este epitelio se degrada por completo, al cabo de uno o incluso dos meses. Cuando hay plumas quemadas, estas mantienen el contraste entre zonas con combustión y otras indemnes hasta tres o cuatro meses después de la muerte, a veces más. Finalmente, en los casos en que la combustión afecta al tejido óseo, las áreas de combustión pueden ser apreciadas incluso en cadáveres de varios meses de antigüedad.

Por lo tanto, dependiendo de la antigüedad de los restos estudiados y de la localización de las combustiones, hay casos en los que el hallazgo del cadáver bajo un tendido eléctrico hace sospechar de una muerte por electrocución, pero no puede determinarse con seguridad¹⁴.

4.9. Lesiones propias de electrocución

La fulguración del animal ocurre cuando este tiene un contacto simultáneo con dos cables en un soporte eléctrico o bien cuando se sitúa en un soporte que es conductor (por ejemplo, de metal) y hace contacto con un cable, permitiendo el paso de la corriente eléctrica a través de su cuerpo. El paso de la corriente eléctrica genera calor por efecto Joule donde la energía eléctrica se transforma en calorífica, produciendo quemaduras de diferente gravedad (*Véase Imagen 4*). Según la tensión de la línea eléctrica, las quemaduras serán más o menos graves (por intensidad o extensión) y a mayor tiempo de exposición más grave es la quemadura que se produce. Si el ave cae de inmediato, las quemaduras son más localizadas pero si permanece agarrada al tendido se producen quemaduras muy extensas e intensas e incluso la completa combustión del animal (*Véase Imagen 5*), aunque raramente los pájaros quedan sujetos a los cables el tiempo suficiente como para incendiarse y caer envueltos en llamas. Se pueden encontrar quemaduras inapreciables en pájaros muertos en los que una alta intensidad de

corriente ha desencadenado una fibrilación o parada respiratoria y quemaduras extensas y que profundizan hasta los huesos en pájaros que han sobrevivido algunos días cuando la intensidad ha sido menor pero el tiempo de contacto con los cables ha sido más prolongado.



Imagen 4. Quemadura de 3º grado en águila real (*Aquila chrysaetos*). Fuente: CRFSA.



Imagen 5. Quemaduras en cabeza de buitre leonado (*Gyps fulvus*). Fuente: CRFSA.

Los puntos de contacto más frecuentes, sobre todo en especies más pequeñas, son el extremo de un ala y el da la pata contraria (Véase Imagen 6), pero en aves grandes es muy variable. Las quemaduras pueden provocar combustión seca de plumas (Véase Imagen 7), piel, tejidos blandos, a veces con el hueso expuesto (Véase Imagen 8), e incluso del mismo hueso con estallido provocando amputación. Las de menor intensidad provocan combustión superficial, a veces difícil de detectar, en los epitelios muy queratinizados de las garras (Véase Imagen 9 y 10), y edemas en la piel de las alas (Véase Imagen 11), bajo pequeñas combustiones de plumas cobertoras.



Imagen 6. Quemaduras en ala y garra de cernícalo (*Falco tinnunculus*). Fuente: CRFSA.



Imagen 7. Combustión de régimes en águila real (*Aquila chrysaetos*). Fuente: CRFSA.



Imagen 8. Busardo ratonero (*Buteo buteo*) electrocutado. Fuente: GREFA, 2018.



Imagen 9. Combustión superficial en garra de águila perdicera (*Aquila fasciata*). Fuente: CRFSA.



Imagen 20. Combustión en garras de buitre leonado (*Gyps fulvus*). Fuente: CRFSA.



Imagen 11. Edema en codo de milano negro (*Milvus migrans*). Fuente: GREFA, 2013.

Los tejidos más conductores de la electricidad son los nervios y los vasos sanguíneos. Por un lado, esto hace que el animal sufra daños en las paredes vasculares que hacen que aumente la permeabilidad de los mismos, produciéndose así coagulopatías difusas por el organismo. Alrededor de las zonas quemadas, los vasos quedan más dañados y la circulación interrumpida causa cese del aporte de oxígeno a los tejidos, de ahí las necrosis que suelen ir progresando en sentido proximal a la lesión (Véase Imagen 12 y 13). Son muy frecuentes necrosis húmedas que van ampliándose, con edema, temperatura fría, plumas e incluso piel y músculo necrosados que se desprenden al tocar; si no se trata aparece gangrena húmeda.



Imagen 12 y 13. Evolución de garra quemada en buitre leonado (*Gyps fulvus*). Fuente: CRFSA.

Por otra parte, el sistema nervioso padece shock, a nivel de SNC, queda dañado, a veces de forma irreversible, produciéndose una contracción de la musculatura, generando un aspecto de cadáver muy parecido al que se obtiene como resultado de un envenamamiento. En algunos casos el animal va respondiendo a estímulos al transcurrir unos días, pero en casos extremos, algunos animales han debido ser eutanasiados, a pesar de recuperar el estado físico e incluso la capacidad de vuelo, por falta de coordinación y comportamientos anómalos irreversibles. Generalmente, la muerte se produce por fibrilación ventricular.

Un acontecimiento que cabe destacar es que en aves con plumaje mojado, al estar rodeados de agua con electrolitos en el exterior de su cuerpo, la corriente corre de modo más fácil sin llegar a penetrar en su interior, por lo que en este tipo de electrocuciones se pueden observar a animales con las plumas totalmente quemadas pero sin ningún daño interno.

En presencia de un animal electrocutado, es imprescindible buscar señales de contacto con los elementos no aislados que han permitido el paso de la corriente y han generado las quemaduras.

Lesiones externas:

Cutáneas: El paso de la corriente eléctrica a través de un organismo origina una elevada producción de calor que va a dar lugar a necrosis de los tejidos. Pueden existir distintos tipos de lesiones: 1) Marcas eléctricas que se presentan como elevaciones en la piel con forma de cráter (centro hundido) y rodeados de una zona pálida, coincidentes con los puntos por donde penetró y salió la corriente. 2) Metalizaciones, partículas microscópicas del conductor, que en algunas víctimas alcanzan la piel en estado gaseoso y se solidifican al enfriarse el tejido. Estas tienden a concentrarse en los márgenes de las heridas y pueden profundizar alcanzando incluso la dermis. 3) Quemaduras eléctricas, observadas como zonas de necrosis de extensión variable, que aparecen de manera irregular debido a que la corriente no discurre igual por todos los tejidos, y que además pueden seguir progresando en horas sucesivas al accidente¹⁵⁶.

Cardiacas: Se van a producir arritmias cardiacas de distinto tipo y gravedad en función de la intensidad de la exposición eléctrica. Dependiendo de si el contacto es con una corriente de alta o de baja tensión pueden dar lugar a asistolia o fibrilación ventricular, respectivamente. Además también se puede presentar hemopericardio. Esto causa un fallo cardiaco que a su vez derivará en un fallo respiratorio produciendo la muerte del animal¹⁵. En un electrocardiograma pueden aparecer otras anomalías como: taquicardia sinusal o bloqueos cardiacos¹⁶.

Respiratorias: Los pacientes pueden presentar apnea, taquipnea y/o cianosis; acompañadas de hipoxia y/o acidosis respiratoria. Estos síntomas son debidos a la presencia de edema pulmonar neurogénico, edema facial o nasofaríngeo. En caso de existir edema pulmonar, aparece en los primeros minutos tras la descarga eléctrica, aunque puede progresar durante las primeras 12-24 horas. Comienza en lóbulos caudo-dorsales, pudiendo extenderse al resto del pulmón¹⁶.

Manifestaciones del sistema nervioso: Tras un accidente eléctrico pueden exhibirse alteraciones neurológicas como disminución de la conciencia, temblores musculares focales, convulsiones que pueden producir una actitud indicativa de muerte agónica, muy parecida a la de intoxicación, paresia o parálisis¹⁶. Los signos nerviosos centrales son comunes en animales en los cuales el trayecto de la corriente atraviesa el cerebro o la médula espinal⁶.

Oculares: En animales como el búho real se ha visto una vacuolización del cristalino, seguida de una catarata anterior⁶.

Traumáticas: El paso de una corriente eléctrica de intensidad considerable a través de un músculo va a dar lugar a una contracción intensa, pudiendo provocar una rotura o una desinserción del hueso¹⁵. La congestión ósea-intertrabecular es otro signo de electrocución (Véase Imagen 14).



Imagen 14. Congestión en cráneo de águila perdicera (*Aquila fasciata*).
Fuente: CRFSA.

Otros órganos: Muy variable en intensidad y en órganos afectados, cada electrocución es diferente. La glándula tiroidea puede estar afectada a veces. Pueden encontrarse congestivos todos los órganos o sólo algunos (*Véase Imagen 15 y 16*), el tracto digestivo de normal no está afectado, excepto en caso de hemorragia interna generalizada. Los riñones están congestivos en la mayoría de los casos, aunque en ocasiones solamente ellos³.



**Imagen 15 y 16. Congestión en órganos de águila perdicera (*Aquila fasciata*).
Fuente: CRFSA.**

Lesiones internas:

Celulares: Se produce tumefacción de tejidos, vacuolización y necrosis de las células musculares a consecuencia de daños estructurales en las membranas celulares, predisponiendo a la formación de edemas. El daño por quemadura eléctrica aparece frecuentemente en varios órganos en accidentes de alto voltaje, o bajo voltaje si el contacto es prolongado; además pueden desarrollarse lejos de los puntos de contacto con la piel y ser severos, aunque las marcas eléctricas sean mínimas. Entre las complicaciones más frecuentes se observan rhabdomiolisis y mioglobinuria, que si no se tratan, terminarán produciendo una insuficiencia renal aguda¹⁶⁶.

Vasculares: Ya que la sangre es un buen conductor, la corriente va a fluir por los vasos sanguíneos dañando las células endoteliales y los miocitos, provocando la aparición de edemas, petequias, equimosis, coagulación intravascular diseminada (CID) y trombosis. También se ocasionan daños en la capa media, disminuyendo su resistencia, y produciendo hemorragias secundarias. Las zonas que quedan privadas de aporte sanguíneo adecuado, terminarán por necrosarse, aumentando de este modo la dimensión y la profundidad de la quemadura eléctrica. Estas lesiones pueden aparecer incluso semanas después del accidente¹⁶¹⁵⁶.

Nervios: Puede apreciarse destrucción completa de las fibras nerviosas, sin que exista afección de los tejidos blandos inervados por ellas. También pérdida o destrucción de las vainas de mielina, sin que se produzca un daño irreversible en la fibra nerviosa. En este último caso, los

síntomas (parálisis y/o anestesia) son transitorios, volviendo a la normalidad tras su regeneración¹⁵. En modelos de experimentación animal se demostró que la electrocución produce: pérdida de células, reducción de las fibras de Purkinje, hemorragias y trastornos leptomeníngeos, además de hemorragias, cavidades y pérdida neuronal en la médula espinal⁶.

Alteraciones de la presión sanguínea: Puede aparecer hipertensión secundaria al dolor, que en ocasiones progresa a shock hipovolémico e hipotensión¹⁶.

4.10. Tratamiento

- Resolver las quemaduras y evitar la progresión de las necrosis: es lo más inmediato y las quemaduras son lo más visible, pero las lesiones neurovasculares internas no deben ser pasadas por alto. Para las quemaduras se pueden aplicar, tras una desinfección y desbridado minuciosos, diversas sustancias: apósitos grasos específicos para quemaduras, de uso en medicina humana que dan muy buenos resultados pero son sumamente caros; y pomadas, *Furacín* en especial, que dan buenos resultados; pero lo más eficaz en la experiencia del CRFS de “La Alfranca” es una mezcla de DMSO al 40% (7cc), dexametasona (*Caliercortín* 4mg/cc) y enrofloxacina (al 10%, 1cc), que se aplica directamente en la lesión tras debridar y desinfectar, además de un apósito semioclusivo coloidal y vendaje. La mezcla es muy eficiente para evitar la progresión de la necrosis y la proliferación de bacterias. Se deben realizar cambios de vendaje, desinfección y aplicación de la mezcla diarios hasta conseguir la cicatrización. Si la pérdida de tejido es extensa, tras la estabilización de la lesión, se favorece la cicatrización y proliferación de la piel con azúcar aplicado en la zona expuesta, diariamente, y/o cicatrizantes a base de hipocloritos como el *Vetericyn Hidrogel*.

- Antibioterapia con amoxicilina para evitar la colonización de las quemaduras por bacterias de tipo *Clostridium*.

- Administración de hemostático: *Hemo 141* (etamsilato) para la reabsorción de las hemorragias.

- Fluidoterapia (*Solución Ringer Lactato* con hierro dextrano y complejo vitamínico) para la estabilización electrolítica y de volemia del animal.

- Alimentación: dieta adecuada a la especie. Por algún motivo, quizás porque el cerebro capta la pérdida de tejidos, los animales electrocutados, aún los más graves y con trastornos nerviosos, comen de inmediato y con voracidad. Tras la estabilización y cicatrización, el animal debe ser trasladado a parque de vuelo donde pueda seguirse su evolución, en cuanto a capacidad de vuelo y desplazamiento, coordinación, respuesta a estímulos, y, en caso necesario, comprobar sus capacidades mediante la suelta de presa viva.

Además de todo ello, en otros centros como Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat (GREFA) aplican tratamientos de fisioterapia¹⁷ basados en termoterapia, cinesiterapia pasiva, masaje en Z, “stretching”, laserterapia, ultrasonoterapia y cinesiterapia activa, así como un seguimiento y control durante la recuperación mediante termografía (Véase Imagen 17), proporcionando cambios anormales de temperatura corporal que pueden ser reflejo de alteraciones orgánicas. Esta última, es una técnica no invasiva que puede ser realizada a grandes distancias, muy útil en animales salvajes que son especialmente estresables¹⁸.



Imagen 17. Termografía en aves salvajes. Fuente: Madridiario, 2019.

Desde el año 1994 hasta el 2019 se han registrado 4478 electrocuciones en aves, de las cuales 3801 son halladas muertas y 677 ingresan vivas en el centro. De estas últimas, 533 son eutanasiadas, 410 de ellas el día de su ingreso por presentar necrosis por quemaduras y alteraciones de la vascularización que afectaban a una o varias extremidades o gran parte de ellas, mientras que las otras 123 fueron tratadas pero la progresión de la necrosis hizo que fueran eutanasiadas; 74 mueren durante la estancia en el centro a causa de daños vasculares y nerviosos; 4 se mantienen para vida en cautividad, por no ser aptas para la liberación, pero sí estabilizadas para vivir confinadas y destinadas a cría en cautividad; y tan solo 66 ejemplares del total consiguen recuperarse y ser liberados.

4.11. Soluciones

“En un primer momento, debido a la elevada mortalidad detectada en algunos puntos negros, tanto las administraciones como las propias compañías eléctricas entendieron la necesidad de realizar correcciones en zonas donde se había detectado alta mortalidad, pero con el aumento de las investigaciones que mostraron que era un problema ampliamente extendido en España, se hizo necesario adoptar una legislación. El día 13 de septiembre del año 2008 se publicó el Real Decreto 1432/2008, primer reglamento estatal por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión. Este decreto instó a las Comunidades Autónomas a designar unas Zonas de Protección en las que se obliga a la corrección de los tendidos peligrosos para las aves por electrocución y

a elaborar un inventario de las líneas eléctricas que provoquen una significativa y contrastada mortalidad por colisión de aves, especialmente las incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEa). Según el RD las Zonas de Protección establecidas serían: 1) las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), 2) las áreas incluidas en los Planes de Conservación o Planes de Recuperación de Especies Amenazadas, y 3) las Zonas Prioritarias, las cuales serán designadas a partir de los lugares de alimentación, reproducción, dispersión o concentración de especies catalogadas. Estas últimas son las únicas que serán específicamente delimitadas por cada Autonomía para corregir los tendidos eléctricos peligrosos”⁸.

“Por otra parte, en Aragón, se inició el Proyecto LIFE-Naturaleza (LIFE00NAT/E/0034), cuya estrategia se basaba en:

-Divulgación, sensibilización y concienciación: Poniendo en marcha una campaña de divulgación y sensibilización de la opinión pública del riesgo de electrocución y colisión para las aves existentes en los tendidos eléctricos aéreos y planteando a los promotores y técnicos proyectistas las medidas preventivas más recomendables desde el punto de la protección de la avifauna.

-Tramitación de tendidos de nueva construcción: Promulgando y poniendo en práctica una normativa electrotécnica regional que afecte a todos los nuevos tendidos eléctricos aéreos de alta tensión y permita la aplicación de medidas preventivas complementarias en las líneas que afecten a ZEPAs.

-Corrección de tendidos instalados: Remodelando y/o señalizando aquéllos tendidos eléctricos con riesgo de electrocución y/o colisión que afecten a las ZEPAs de Aragón, mediante el establecimiento de convenios de colaboración con las empresas eléctricas propietarias.

Dentro de las medidas correctoras aplicadas en los tendidos con riesgo para la avifauna se encuentran las siguientes:

- **En tendidos de transporte: (riesgo de colisión):** En los tendidos de transporte con riesgo de colisión, REE ha señalado los hilos de tierra utilizando balizas salvapájaros espirales cerradas de 30x100 cm y color naranja; utilizando cadencias resultantes de 1 baliza cada 5 m. La colocación de las balizas se ha realizado de forma manual; bien mediante helicóptero, con la línea en tensión o mediante carrocin colgado, con la línea en descarga.

- **En tendidos de distribución: (riesgo de electrocución y/o colisión):**

- **Medidas anti-electrocución:**

-En los apoyos de alineación con aisladores rígidos se ha sustituido el armado por otro en bóveda, instalando cadenas de aisladores suspendidos.

-En apoyos de amarre en horizontal se ha reinstalado el puente flojo central suspendido por debajo del travesaño y se ha aislado 1.5 m de conductor a cada lado de las cadenas de amarre de las 3 fases.

-En apoyos de amarre en triángulo se ha colocado una ménsula-farolillo con el puente flojo central suspendido lateralmente, siempre por debajo de la cima del fuste; aislando además el puente flojo suspendido y 1.5 m de conductor a cada lado de las cadenas de amarre de las tres fases.

-En apoyos especiales se han reinstalado los elementos en tensión en una cruceta inferior y se ha procedido al aislamiento de los puentes y bajantes; cubriendo en todos los casos las grapas de amarre.

- **Medidas anti-colisión:**

Para reducir el riesgo de colisión en tendidos de distribución se han aplicado tres tipos de medidas:

-Desmantelamiento de las líneas en desuso; incluyendo la retirada de los hilos, el apeo de los apoyos y el reciclado y acarreo del material de desecho.

-Señalización de los conductores mediante balizas salvapájaros "X" de neopreno de 5x35 cm, colocadas alternativamente en los tres conductores con una cadencia resultante de 1 baliza cada 5 m. En estos casos, las balizas se han colocado mediante robot guiado con la línea en descarga.

-Soterramiento y/o cambio de suministro aéreo, en aquellos casos excepcionales en los que, dadas las especies afectadas, la siniestralidad remanente tras la señalización no era admisible¹⁹²⁰.

5. CONCLUSIONES

1. El avance tecnológico y la necesidad de la humanidad por tener suministro eléctrico hasta en los lugares más alejados de la urbe, son la causa de que haya mayor mortalidad por

electrocución en aves, como consecuencia de un incremento en las instalaciones de nuevos tendidos eléctricos.

2. El elevado número de aves electrocutadas pone de manifiesto que el impacto de los tendidos eléctricos sobre la ornitofauna es un fenómeno habitual, al mismo tiempo que problemático para algunas especies. La mayoría de las especies afectadas se encuentran protegidas por la ley y algunas se encuentran particularmente amenazadas, como es el caso de algunas grandes rapaces. Por tanto, este grave problema debe ser tenido en cuenta, tanto a la hora de planificar la construcción de nuevas líneas, como en el mantenimiento o modificación de las ya existentes²¹.

3. Las lesiones que se producen en las aves tras sufrir una electrocución llegan a tal grado de gravedad que, incluso aplicando el tratamiento adecuado, se consigue una tasa muy baja de supervivencia, pues la gran mayoría de animales mueren o tienen que ser eutanasiados.

4. A parte de la gran cantidad de electrocuciones y de la gravedad de las lesiones, se añade el lastre de que las aves no suelen ser encontradas en el momento del accidente, sino cuando ya ha transcurrido un cierto tiempo y las lesiones ya están muy avanzadas (necrosis extensas, inanición y deshidratación prolongadas, etc.) o incluso presentando cierto grado de descomposición.

5. Las estrategias de corrección de tendidos peligrosos están basadas estrictamente en la red de zonas de especial protección para las aves (ZEPA), lo cual ya se ha comprobado con los datos actuales mostrados anteriormente (Tabla 1), que es insuficiente para reducir significativamente la mortalidad. Por ello, para mejorar la eficacia de las medidas de mitigación, se deben incluir todos los postes eléctricos en uso.

6. CONCLUSIONS

1. Technological advances and the need for humanity to have electricity in places further away from the city are the cause of higher mortality from electrocution in birds, as a consequence of an increase in the installations of new electrical lines.

2. The high number of electrocuted birds shows that the impact of power lines on ornithofauna is a common phenomenon, at the same time as it is problematic for some species. Most of the affected species are protected by law and some are particularly threatened, such as some large raptors. Therefore, this serious problem must be taken into

account, both in planning the construction of new lines, as in the maintenance or modification of existing ones.

3. Injuries that occur in birds after electrocution reach such a degree of severity that, even with appropriate treatment, a very low survival rate is achieved, because the vast majority of animals die or have to be euthanized.

4. Apart from the large quantity of electrocutions and the severity of the injuries, there is added the ballast that the birds are not usually found at the time of the accident, but after a certain time has passed and the lesions are already very advanced (extensive necrosis, prolonged starvation and dehydration, etc.) or even presenting a certain degree of decomposition.

5. Hazardous line correction strategies are strictly based on the network of special protection zones for birds (SPA), which has already been checked against the current data shown above (Table 1), which is insufficient to significantly reduce mortality. Therefore, to improve the effectiveness of mitigation measures, all power poles in use should be included.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Decidí realizar este trabajo porque me interesan mucho los animales exóticos y la fauna silvestre en general y me gustaría dedicarme a ello en un futuro, por lo que me ha servido para adquirir más conocimientos, además de aprender a buscar información de una manera adecuada y mejorar mi capacidad de comprensión y síntesis. También, el hecho de haber realizado prácticas voluntarias en el Centro de Recuperación de Fauna “La Granja” de El Saler (Valencia) y poder ver varios casos de aves salvajes electrocutadas, me despertó más interés y ganas de informarme sobre este tema.

Tras realizar esta revisión bibliográfica me he percatado de la gran cantidad de muertes por electrocución que se producen a lo largo del año y de lo importante que sería identificar cada poste eléctrico peligroso y corregirlo, sin basarse solamente en aquellos que se sitúan en las zonas de protección establecidas, además de supervisar cada cierto tiempo su eficacia.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. SEO/BirdLife. Tendidos eléctricos y aves. 17 abril (2012). Available at: <https://www.seo.org/2012/04/17/tendidos-electricos-y-aves/>. (Accessed: 20th June 2019)
2. Real Academia Española. electricidad | Definición de electricidad - «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. (2018). Available at: <https://dle.rae.es/?id=ETfiNgk>. (Accessed: 20th June 2019)
3. Reino Piñeiro, H. ACCIDENTES ELÉCTRICOS EN VETERINARIA: La razón de su importancia. (Universidad de Santiago de Compostela, España).
4. Joule, D. CAPÍTULO I Parámetros fundamentales de la energía eléctrica. 27–46
5. Ateuves, para el auxiliar veterinario. Electrocución en mascotas. 16 noviembre (2018). Available at: <https://ateuves.es/electrocucion-en-mascotas/>. (Accessed: 20th June 2019)
6. Schulze, C., Peters, M., Baumgärtner, W. & Wohlsein, P. Electrical Injuries in Animals: Causes, Pathogenesis, and Morphological Findings. *Vet. Pathol.* **53**, 1018–1029 (2016).
7. Ferrer Baena, M. Á. *Aves y tendidos eléctricos Del conflicto a la solución*. (2012).
8. Pérez-García, J. M. Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución de aves en tendidos eléctricos. (Universidad Miguel Hernández, 2014).
9. Clave, A. T. Análisis de Impactos de Líneas Eléctricas sobre la Avifauna de Espacios Naturales Protegidos. Manual para la Valoración de Riesgos y Soluciones. 49 (1992).
10. Fischer, P. M. & C, A. D. A. Acciones de Mitigación y Otras Soluciones para la Conservación del Águila Real y Otras Rapaces. *Semarnat/Conanp*, (2007).
11. Hernández Fernández, S. Impacto de los tendidos eléctricos sobre el medio ambiente. *O.P.* 36–45 (1990).
12. Penteriani, V. L ' Impatto Delle Linee Elettriche Sull ' Avifauna. *Ser. Sci. WWF Toscana* 1–87 (1998).
13. Naturaleza aragonesa. Naturaleza aragonesa: Agentes de Protección de la Naturaleza (APNs) del Gobierno de Aragón, vigilantes de nuestro patrimonio natural. Available at: <http://www.naturalezaaragonesa.com/2011/01/agentes-de-proteccion-de-la-naturaleza.html>. (Accessed: 29th May 2019)
14. González Esteban, C. *INFORME DE LA SINIESTRALIDAD CAUSADA POR TENDIDOS ELÉCTRICOS EN AVIFAUNA PROTEGIDA, REGISTRADA EN EL CENTRO DE RECUPERACIÓN DE FAUNA SILVESTRE DE LA ALFRANCA, DURANTE EL PERIODO 2.016-2.018*. (2018).

15. García-Alonso, I. *Lesiones producidas por la electricidad Capítulo 8 LESIONES PRODUCIDAS POR LA ELECTRICIDAD*.
16. Presley, R. H. Electrocution and electrical cord injury. **7.9**, 11 (2005).
17. Instinto animal, T. *Tocados del Ala - YouTube*.
18. Melero, M. . M. J. L. . S.-V. J. M. Diagnóstico y Seguimiento Termográfico de Electrocución y Fractura de radio en un Águila Imperial Ibérica (*Aquila adalberti*). *Rccv* **4**, 69–77 (2010).
19. Departamento de Medio Ambiente, G. de A. *PROYECTO LIFE - NATURALEZA (LIFE 00 NAT/E/0034)*.
20. Gobierno de Aragon. Proyecto Life-Naturaleza. Adecuación de Tendidos eléctricos con riesgo para la avifauna en Aragón. **27** (2007).
21. Izquierdo Rosigue, A., Marín Cantarino, C. & Rico Alcaraz, L. Factores técnicos y ambientales implicados en la electrocución de aves en los tendidos eléctricos. *Inf. la Construcción* **49**, 49–55 (1997).

9. BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES

1. Redelectrica2.png (575×281). Available at: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b1/Redelectrica2.png>. (Accessed: 28th May 2019)
2. Villanueva Domínguez, D. E. Análisis estructural de una torre de alta tensión. (Universidad Carlos III de Madrid, 2014).
3. ANSEDE MANUEL. Los tendidos españoles electrocutan a más de 33.000 rapaces cada año | Ciencia | EL PAÍS. **11 enero** (2018). Available at: https://elpais.com/elpais/2018/01/08/ciencia/1515427373_789617.html. (Accessed: 20th June 2019)
4. GREFA - Así fue el suplicio de un ave herida por una electrocución. **24 marzo** (2018). Available at: <https://www.grefa.org/8-departamentos/hospital-de-grefa/2940-asi-fue-el-suplicio-de-un-ave-herida-por-una-electrocucion>. (Accessed: 20th June 2019)
5. GREFA - Electrocuciones. Available at: <https://www.grefa.org/grefa1/sala-de-prensa/8-departamentos/hospital-de-grefa/970-electrocuciones>. (Accessed: 20th June 2019)
6. LÓPEZ INÉS. Los tendidos eléctricos, primera causa de muerte de aves rapaces | Madridiario. **16 marzo** (2017). Available at: <https://www.madriario.es/442341/plataforma-sos-tendidos-electricos-peligro-aves-rapaces>. (Accessed: 20th June 2019)