



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a  
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

**Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022**

**ISBN 978-84-941695-6-4**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

---

Organiza



## Pueden parecer iguales, pero no lo son: una comparativa de los factores que inciden en la mortalidad por electrocución y colisión de aves en Europa y propuestas para mitigarlas

SOBRINO CARRASCO, I.<sup>1</sup>, GUIL CELADA, F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>2</sup> Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

### Resumen

La interacción de las aves con los tendidos eléctricos provoca a las primeras dos tipos fundamentales de mortalidad: por electrocución y por colisión. Aunque aparentemente se pueden parecer semejantes, un análisis a medio plazo (1990-2016) de las aves anilladas en Europa que mueren por estas causas mediante modelos *random forest* muestra que los factores que modulan estas mortalidades son sólo parcialmente coincidentes. El análisis de los factores ecológicos y socioeconómicos, analizados por NUTS3, permitió explicar el 51.82% de la mortalidad por electrocución y el 64.6% de la mortalidad por colisión. Además, reveló que de los 10 factores más incidentes para la mortalidad por electrocución sólo la superficie de cada NUTS3, la superficie de pastos, la de cultivos herbáceos, la densidad de ferrocarriles, la densidad de carreteras y la latitud coinciden con los factores de la mortalidad por colisión. Además, se produce una importante segregación espacial de los tipos de mortalidad predominante. Estos resultados pueden ayudar a diseñar campañas europeas destinadas a reducir la mortalidad de aves en su interacción con los tendidos eléctricos.

### Palabras clave

Biodiversidad, tendidos eléctricos, aves.

### 1. Introducción

La electricidad es esencial para el desarrollo de las sociedades humanas, y el acceso a energía limpia y asequible está reconocido en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 de la ONU. Para lograr que la electricidad llegue a todas partes son necesarias líneas eléctricas de transporte y de distribución, que son instalaciones con una relevante incidencia ambiental (BIASOTTO y KINDEL, 2018).

Las interacciones negativas de las aves y las líneas eléctricas se han estudiado ampliamente (D'AMICO et al. 2019). Desde una perspectiva de conservación, la más estudiada de estas interacciones es la mortalidad por electrocución y colisión (LEHMAN et al. 2007; BERNARDINO et al. 2018). A pesar de algunas excepciones (DEMIRDZHIEV et al. 2009), la electrocución y la colisión generalmente se estudian por separado. Esto puede deberse a las características técnicas de las líneas eléctricas, siendo más frecuente la electrocución en las líneas de distribución (1-70 kV) y la colisión más frecuente en las líneas de transporte (PÉREZ-GARCÍA et al. 2016; D' AMICO et al. 2019). Esto también puede deberse a aspectos relacionados con las aves (JANSS, 2000).

Aunque existen numerosos trabajos donde se analizan los factores que inciden en la electrocución, tanto a nivel local (LEHMAN et al. 2007; PÉREZ-GARCÍA et al. 2016), como global (GUIL y PÉREZ-GARCÍA, 2022) no existen evaluaciones comparadas y simultáneas al respecto de un conjunto de datos amplio.

### 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar de forma visual el reparto de la mortalidad por ambos tipos de interacción, así como conocer si son semejantes los factores que inciden en la mortalidad de las aves por electrocución y colisión a una escala continental.

### 3. Metodología

Los datos empleados para este estudio fueron obtenidos gracias a la base de datos Euring Databank (DU FEU et al. 2016), para los ejemplares recuperados por las causas 43 (colisión) y 35 (electrocución). La *European Union for Bird Ringing* (EURING) es la organización coordinadora de los planes europeos de anillamiento de aves. Se han empleado como variables respuesta tanto el número de electrocuciones como el número de colisiones por cada NUTS-3. Para identificar las muertes dentro de cada NUTS se ha efectuado una gestión de datos mediante ArcGIS-10, a partir de las coordenadas geográficas contenidas en cada registro y de las NUTS-3 a escala 1:1.000.000 (Nomenclature of territorial units for statistics, a escala equivalente a la provincia española; Eurostat, 2016). Para aquellos registros que no estaban contenidos en ninguna NUTS-3 pero se encontraban cercanos se ha analizado si el emplazamiento del lugar de la muerte, según la codificación de EURING, coincidía con el terreno más cercano. En caso de ser así, se ha trasladado el punto hasta dicha su localización adecuada. Aquellos registros que presentaban un error evidente en las coordenadas, o que no se localizaban cerca de un NUTS-3 coincidente con la localización aportada por EURING se han descartado.

Dado que hay países en los que se encuentran aves pero que no aportan datos de origen (es decir, no hay aves de esos países que hayan aparecido electrocutadas o colisionadas), no se consideran dichos registros, a pesar de la integración de estos países en EURING.

Para efectuar el análisis factorial, se han efectuado dos análisis complementarios y análogos, empleando modelos *random forests*, donde el número de aves muertas por electrocución (primer modelo) y por colisión actúa como variable respuesta (segundo modelo). Como factores explicativos se han empleado:

- País, variable de tipo categórico con 35 niveles.
- Superficie de pastos (códigos 231 y 321), obtenido de CORINE Land Cover-18
- Superficie de cultivos de secano (código 211), obtenido de CORINE Land Cover-18
- Superficie de matorral, (códigos 322, 323 y 324), obtenida de CORINE Land Cover-18
- Superficie de bosque (códigos 311, 312 y 313), obtenidas de CORINE Land Cover-18
- Coordenada X del centroide del polígono de la unidad territorial NUT3
- Coordenada Y del centroide del polígono de la unidad territorial NUT3
- Área de la unidad territorial NUT3 (proyección LAEA)
- Población, en enero de 2018, obtenida de Eurostat
- Densidad de población, en enero de 2018, obtenida de Eurostat
- Producto interior bruto, en enero de 2018, obtenida de Eurostat
- Altitud media (a partir del EU-DEM V. 1.1 (COPERNICUS, 2020)
- Factores climáticos BIO01 a BIO19 (ancho de 30', FICK Y HIJMANS, 2017)
- Erosión hídrica en 2016, en tn/ha, obtenida de Eurostat
- Longitud de carreteras, obtenidas a partir de mapas a escala 1:1.000.000 de <https://eurogeographics.org>
- Longitud de ferrocarriles, análogo al anterior

Los análisis se realizan en entorno R 4.1.1 (R CORE TEAM, 2022), usando el paquete RandomForest (LIAW y WIERNER, 2002). Una de las ventajas de estos métodos es que permiten tratar eficazmente la pseudoreplicación debido a que no requieren independencia para las

predicciones (HUMPHRIES et al., 2018). Se generan 500 árboles y se emplean 11 variables en cada separación.

#### 4. Resultados

La base de datos muestra un total de 8.238 registros de aves electrocutadas y 11.846 de colisionadas, de las que, por cuestiones de gestión de datos del modelo, entran en el mismo 7.519 y 10.097 datos, respectivamente, en 1187 NUTS3 de los 1407 existentes. La distribución de la mortalidad sigue patrones distintos, tal y como se observa en la figura nº 1.

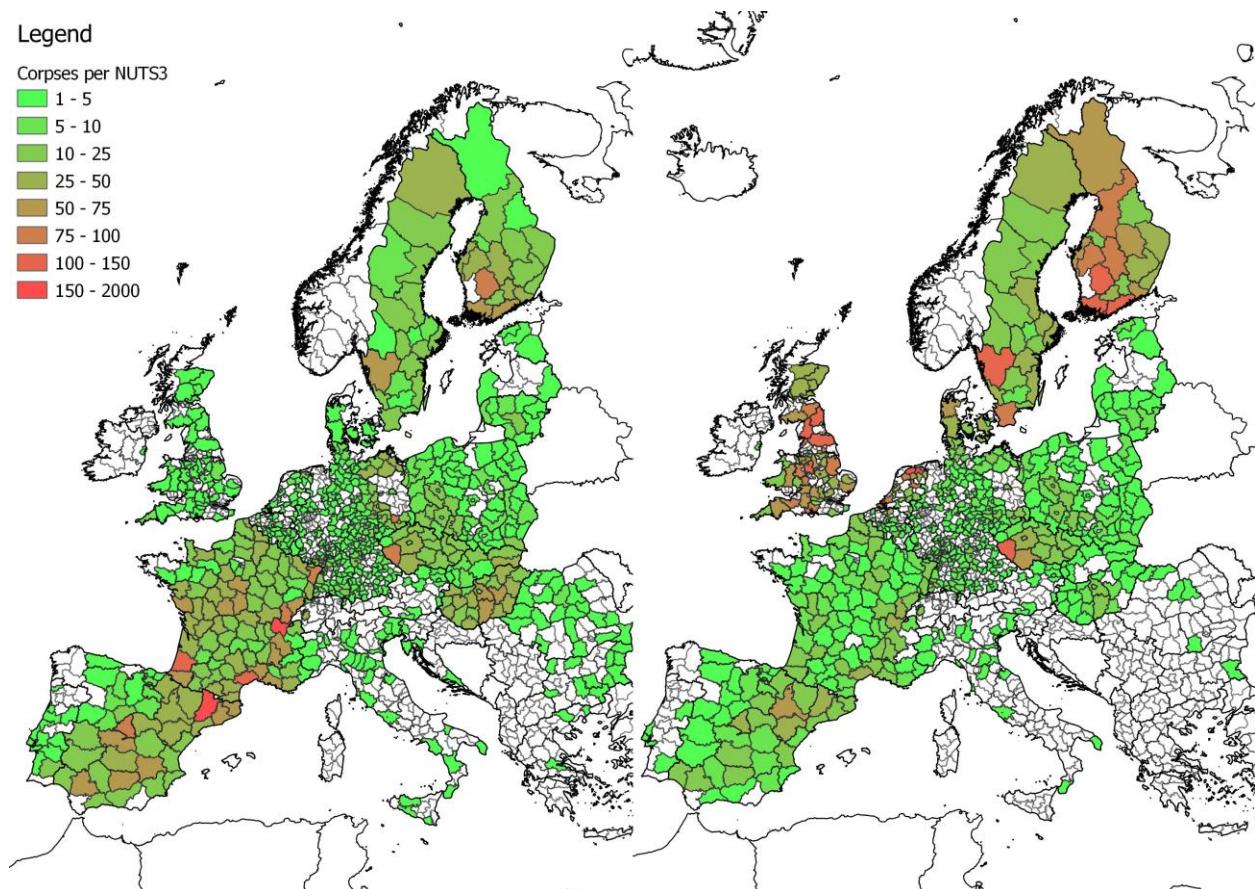
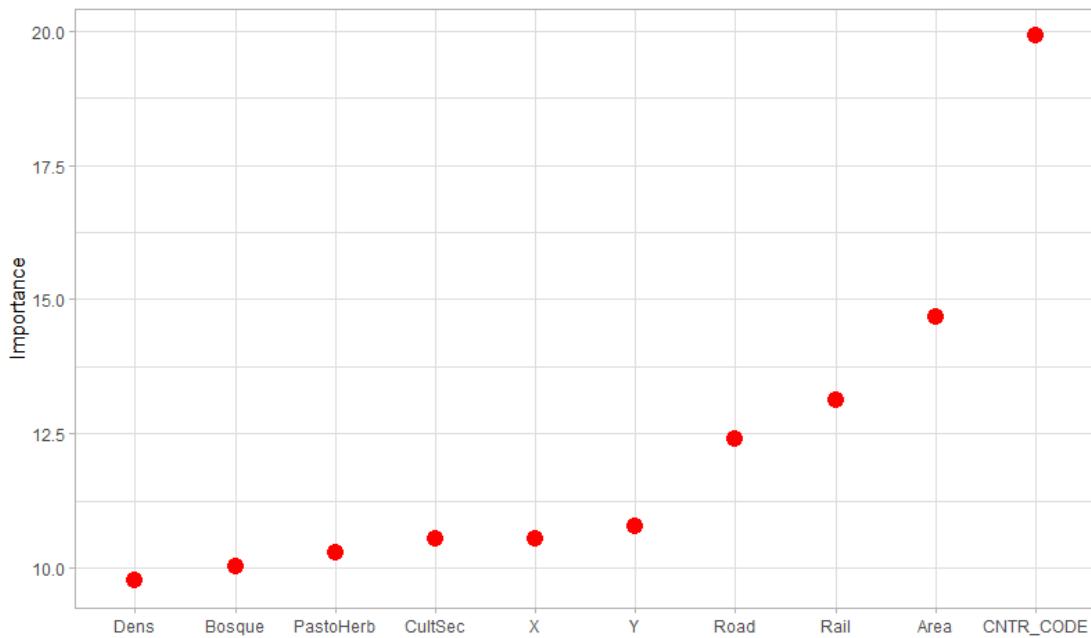


Figura 1: Distribución de la mortalidad por electrocución (izquierda) y colisión (derecha), expresada en nº de cadáveres encontrado por NUTS-3.

En el caso de la mortalidad por electrocución el modelo permite explicar el 51.82% de la variabilidad encontrada. El factor que condiciona de manera más decisiva la mortalidad por electrocución es el país, seguido de la superficie de cada NUTS3 y luego factores socioeconómicos (ferrocarril y carreteras), de localización y, finalmente, ecológicos (superficie de cultivos de secano, pastos y bosques) y, en 10º lugar, la densidad de población.



Figura

2: Importancia de los factores que afectan a la electrocución (Dens es densidad poblacional, Bosque sup. de bosque, PastoHerb sup. de pasto herbáceo, CultSec sup. de cultivos de secano, X la longitud, Y la latitud, Road la longitud de carreteras, Rail la densidad de ferrocarriles, Area la superficie total y CNTR\_CODE el país).

En el caso de la mortalidad por colisión el modelo permite explicar el 61.6% de la variabilidad, y las variables más relevantes, en orden descendente, eran la longitud de ferrocarriles y carreteras, seguida de la temperatura media del trimestre más cálido, la latitud, la temperatura media del mes más cálido, la altitud media, la superficie de pastos herbáceos, la superficie del NUTS3, la superficie de cultivos de secano y la erosión hídrica.

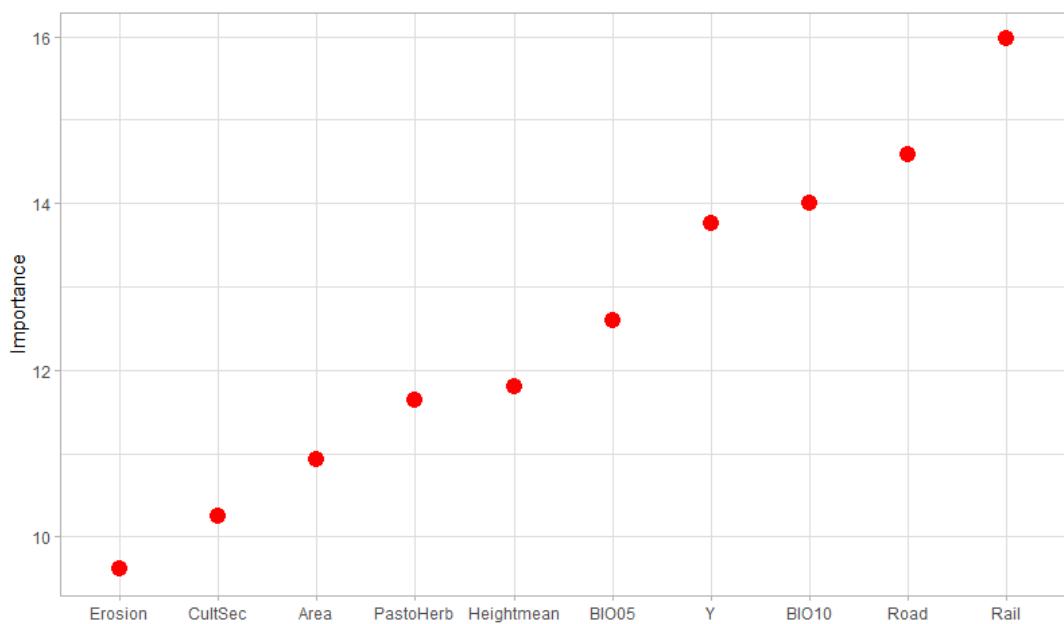


Figura 3: Importancia de los factores que afectan a la colisión. (Erosion es la erosión hídrica en 2016, en tn/ha, CultSec sup. de cultivos de secano, Area la superficie total, PastoHerb sup. de pasto herbáceo, Heightmean la altitud media, BIO05 es la temperatura máxima del mes más cálido, Y la latitud, BIO10 es la temperatura media de la estación más cálida, Road la longitud de carreteras, Rail la densidad de ferrocarriles).

## 5. Discusión

Sólo la superficie de cada NUTS3, la superficie de pastos, la de cultivos herbáceos, la densidad de ferrocarriles, la densidad de carreteras y la latitud coinciden con entre los principales factores que condicionan la mortalidad por colisión y la mortalidad por electrocución.

En el caso de la mortalidad por electrocución, parece lógico que las diferencias existentes entre las redes de distribución eléctrica de cada país, que obedecen a una normativa concreta y suelen presentar homogeneidad interna (GUIL y PÉREZ-GARCÍA, 2022), sea el factor más decisivo. Dado la escaso información técnica disponible que permita caracterizar estas líneas, se entiende que el país actúa como un *proxy* de las mismas. De esta forma, el uso preferente de postes de madera, la derivación a tierra o no de la cruceta y otros factores técnicos que se han analizado previamente a nivel global (GUIL y PÉREZ-GARCÍA, 2022), pueden considerarse agrupados dentro del país.

En ambos casos, se considera que el área es un factor lógico: a mayor superficie, mayor probabilidad, tanto de electrocución como de colisión, siempre que se mantengan el resto de los factores. En el caso de los indicadores socioeconómicos (como son la longitud de carreteras y de vías de ferrocarril), como ya se ha sugerido previamente, pueden explicar parcialmente un mayor interés por la conservación de la biodiversidad y por tanto un mayor esfuerzo en el seguimiento de interacciones entre aves y tendidos eléctricos (GUIL et al. 2015). Por otra parte, pueden explicarlo en tanto que actúen como *proxies* de la longitud de tendidos eléctricos de distribución.

Las variables de hábitat actúan de forma moderada, como sucede en otros estudios (GUIL y PÉREZ-GARCÍA, 2022). La presencia de bosque dificulta la electrocución, al ser los árboles posaderos alternativos, mientras que con los cultivos sucede lo contrario: mayores cantidades de cultivos herbáceos suponen una mayor ausencia de posadero alternativos y por tanto una mayor probabilidad de uso de los apoyos.

Para la colisión existen pocas interpretaciones a gran escala. Es cierto que a escala de detalle se conocen los factores que afectan a la mortalidad en tendidos tanto de transporte como de distribución (BERNARDINO et al. 2018). En este caso parece lógico que no existan efectos de país, derivados de la configuración electrotécnica, ya que el transporte de electricidad es técnicamente mucho más homogéneo entre países, puesto que estas redes deben de interconectarse. Y de la misma forma, parece lógico que, como en el caso de la electrocución afecten factores como la superficie o los factores socioeconómicos. La presencia de factores climatológicos puede parecer sorprendente, pero la predominancia de la colisión en zonas templadas y frías, como se puede observar en la Figura nº 1, podría ser una explicación al respecto.

La cobertura herbácea (ya sean pastos o cultivos herbáceos de secano) inciden en la mortalidad por colisión. Esto puede estar relacionado tanto con la reducida presencia de bosque en zonas septentrionales y del archipiélago británico, como con una incidencia real y un incremento de la tendencia de las aves que seleccionan zonas abiertas a sufrir colisiones (JANSS 2000). La cobertura arbolada ya ha sido relacionada negativamente con la electrocución de las aves, lo que puede ser debido tanto por potenciales factores ecológicos (presencia de posaderos alternativos, reducción de la presencia de conejo como presa de gran variedad de aves, etc.; PÉREZ-GARCÍA et al. 2016) como por una menor abundancia de bosques en las zonas con más electrocución, y más tendencia a la existencia de otras formaciones.

## 6. Conclusiones

Las principales conclusiones del trabajo son:

- La mortalidad por electrocución y colisión parece seguir una distribución espacial complementaria
- Esta hipótesis se podría confirmar considerando que sólo comparten un 50% de los 10 factores más determinantes para su distribución, a escala de NUTS3
- Entre los factores compartidos se encuentran variables espaciales o ecológicas, pero fundamentalmente socioeconómicas
- Entre los exclusivos, el país incide en el número de electrocuciones, lo que puede estar relacionado con una normativa técnica de carácter nacional, mientras que en el caso de las colisiones son los relacionados con las temperaturas, lo que puede deberse a una menor temperatura estival de las zonas más afectadas
- Es fundamental conocer cómo se distribuye la mortalidad a escala europea para favorecer el reparto adecuado de fondos comunitarios para arreglar este problema

## 7. Agradecimientos

El equipo de Euring ha facilitado la obtención de la información y ha ayudado enormemente en la comprensión de la base de datos. Alfonso San Miguel tutorizó el Proyecto Fin de Grado que dio lugar a este documento, realizado por Irene Sobrino.

## 8. Bibliografía

BERNARDINO, J.; BEVANGER, K.; BARRIENTOS, R.; DWYER, J.F.; MARQUES, A.T.; MARTINS, R. C.; MOREIRA, F. 2018. Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biol Conserv* 222 1-13.

BIASOTTO, L.D.; KINDEL, A. 2018. Power lines and impacts on biodiversity: a systematic review, *Environ. Impact Assess. Rev.* 71 110-119

COPERNICUS. 2020. EU-DEM V.1.1. Modelo digital de elevaciones de los 39 estados miembro de la EEA. Disponible en <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1>

D'AMICO, M.; MARTINS, R.C.; ÁLVAREZ-MARTÍNEZ, J.M.; PORTO, M.; BARRIENTOS, R.; MOREIRA, F. 2019. Bird collisions with power lines: Prioritizing species and areas by estimating potential population-level impacts. *Divers Distrib* 25(6) 975-982

DEMERDZHIEV, D.; STOYCHEV, S.; PETROV, T.; ANGELOV, I.; NEDYALKOV, N. 2009. Impact of power lines on bird mortality in Southern Bulgaria. *Acta Zool Bulgarica* 61(2) 175-183

DU FEU, C. R.; CLARK, J. A.; SCHaub, M.; FIEDLER, W.; BAILLIE, S. R. 2016. The EURING Data Bank—a critical tool for continental-scale studies of marked birds. *Ringing Migr* 31(1), 1-18

EUROSTAT. 2016. NUTS (Nomenclature of territorial units for statistics) Disponible en <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/nuts#nuts16>

FICK, S.E.; HIJMANS, R.J. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Clim* 37 (12): 4302-4315.

GUÍL, F.; COLOMER, M. À.; MORENO-OPO, R.; MARGALIDA, A. 2015. Space-time trends in Spanish bird electrocution rates from alternative information sources. *Global Ecol Conserv* 3, 379-388.

GUÍL, F.; PÉREZ-GARCÍA, J. M. 2022. Bird electrocution on power lines: Spatial gaps and identification of driving factors at global scales. *J Env Manag*, 301, 113890.

HUMPHRIES, G.R.; MAGNESS, D.R.: HUETTMANN, F.. 2018. Machine learning for ecology and sustainable natural resource management. Switzerland: Springer

JANSS, G.F.E. 2000. Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biol Conserv* 95(3), 353-359.

LEHMAN, R.N.; KENNEDY, P.L.; SAVIDGE, J.A. 2007. The state of the art in raptor electrocution research: a global review. *Biol conserv* 136(2) 159-174

LIAW, A.; WIENER, M. 2002. Classification and Regression by randomForest. *R News* 2(3) 18-22

PÉREZ-GARCÍA, J.M.; SEBASTIÁN-GONZÁLEZ, E.; BOTELLA, F.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. 2016. Selecting indicator species of infrastructure impacts using network analysis and biological traits: bird electrocution and power lines. *Ecol Ind* 60 428-433

R CORE TEAM. 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna (2017).