



Universidad de Buenos Aires

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

---

**Mapa de riesgo de electrocución del águila  
coronada (*Buteogallus coronatus*) en el Este de  
Mendoza**

Tesis presentada para obtener el título de Licenciatura en Ciencias Biológicas

Autora: Camila Miravalles Stasta

Directora de tesis: Natalia Rebolo-Ifrán

Asistente de director: Nicolás A. Lois

Lugar de trabajo: Departamento de Ecología, Genética y Evolución - Laboratorio de Ecología y Comportamiento Animal (LEyCA)

Buenos Aires, Argentina

Agosto de 2021

Dra. Natalia Rebolo

Camila Miravalles Stasta

Lic. Nicolás A. Lois

## **RESUMEN**

La colisión y electrocución de aves con torres y líneas de tendido eléctrico se considera una de las causas de mortalidad aviar más importantes a nivel mundial. Esta problemática se considera un factor relevante del declive de varias poblaciones de aves, en particular de las aves rapaces. Recientemente, los trabajos realizados en Argentina han demostrado que el águila coronada, un ave rapaz de gran tamaño que se encuentra amenazada, se ve particularmente afectada por esta problemática. Previamente al 2018 los pararrayos presentes en los postes monofilares se vieron involucrados en varias muertes de águilas coronadas en el Este de Mendoza. Esto impulsó a EDESTE (empresa encargada de la electricidad del área) a retirar los pararrayos, dejando a los postes monofilares sin peligrosidad aparente. Sin embargo, aún existe peligro en las líneas con más de una fase, dependiendo de las características técnicas que presentan. Con el fin de definir qué zonas son prioritarias a la hora de ejercer medidas de mitigación, se analizaron las características de los tendidos eléctricos del Este de Mendoza. Se utilizó Google Earth y Street view para caracterizar las líneas en la zona de estudio y sus tipos de postes. Como primer paso, se estudió el área afectada por la mitigación realizada previamente en los postes monofilares. Luego, a partir de recopilación bibliográfica, se generó un índice de peligrosidad para los tipos de postes actuales del área a partir de sus características, dándoles valores de peligroso o no peligroso. A partir de este índice se le adjudicó un valor de peligrosidad a cada una de las líneas presentes en la actualidad y se elaboró un mapa de peligrosidad para el área. Por otro lado, se buscaron los avistamientos de individuos de la especie en la zona de estudio para ver la superposición entre éstos y los distintos tipos de tendidos. Se vio que las líneas eléctricas que atraviesan el Este de Mendoza representan distintos niveles de peligrosidad y presentan superposición parcial con los avistamientos de águilas coronadas, habiéndose visto el uso de postes y la presencia de nidos en la zona. Se observó que el 80% del largo total de estos tendidos sufrió las acciones de mitigación dejando

de representar un peligro para el águila coronada. Respecto al análisis de los tendidos actuales, se obtuvo un mapa de riesgo de electrocución funcional a la gestión y con el potencial de extrapolar la metodología diseñada en esta tesis a otras zonas con otros tipos de postes. Esta herramienta busca ser de utilidad para la conservación de la biodiversidad y la economía de las empresas distribuidoras de electricidad, ya que agiliza la toma de decisiones sobre en qué zona enfocarse para realizar modificaciones efectivas en las líneas.

# **Electrocution risk map of the crowned eagle (*Buteogallus coronatus*) in the East of Mendoza**

## **ABSTRACT**

The collision and electrocution of birds with towers and power lines is considered one of the most important causes of avian mortality worldwide. This problem is considered a relevant factor in the decline of several bird populations, particularly raptors. Recently, studies carried out in Argentina have shown that the crowned eagle, a large bird of prey that is threatened, is particularly affected by this problem. Prior to 2018, the lightning rods present in the monofilar poles were involved in several deaths of crowned eagles in eastern Mendoza. This prompted EDESTE (the company in charge of electricity in the area) to remove the lightning rods, leaving the single-wire poles without apparent danger. However, there is still danger in lines with more than one phase, depending on the technical characteristics they present. In order to define which areas are a priority when it comes to exercising mitigation measures, the characteristics of the power lines in eastern Mendoza were analyzed. Google Earth and Street view were used to characterize the lines in the study area and their types of poles. As a first step, the area affected by the mitigation previously carried out on the monofilar posts was studied. Then, based on bibliographic compilation, a danger index was generated for the current types of poles in the area based on their characteristics, giving them values of dangerous or not dangerous. Based on this index, a hazard value was assigned to each of the lines currently present and a hazard map was drawn up for the area. On the other hand, sightings of individuals of the species in the study area were searched to see the overlap between these and the different types of lines. It was seen that the power lines that cross the East of Mendoza represent different levels of danger and present partial overlap with the sightings of crowned eagles, having seen the use

of poles and the presence of nests in the area. It was observed that 80% of the total length of these lines suffered mitigation actions, no longer representing a danger to the crowned eagle. Regarding the analysis of the current lines, a functional electrocution risk map was obtained for the management and with the potential to extrapolate the methodology designed in this thesis to other areas with other types of poles. This tool seeks to be useful for the conservation of biodiversity and the economy of electricity distribution companies, since it speeds up decision-making on which area to focus on to make effective modifications to the lines.

# Índice

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUCCION .....	7
1.1 Objetivos e Hipótesis .....	12
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
2.1 Área de estudio .....	12
2.2 Recopilación de datos .....	15
2.3 Análisis de datos .....	16
2.3.1 <i>Modificación de tendidos monofilares</i> .....	16
2.3.2 <i>Tendidos eléctricos actuales</i> .....	17
2.3.3 <i>Registros de águilas coronadas</i> .....	22
3. RESULTADOS .....	23
3.1 Modificación de líneas monofilares .....	23
3.2 Peligrosidad de los postes .....	25
3.3 Peligrosidad actual de las líneas.....	28
3.4 Registros de águilas coronadas .....	30
4. DISCUSIÓN .....	34
4.1. Mirando al futuro.....	37
5. BIBLIOGRAFÍA.....	40
6. AGRADECIMIENTOS .....	47
7. ANEXO .....	48

## 1. INTRODUCCION

El acelerado desarrollo y crecimiento de la población humana es una de las principales causas de modificación y pérdida de hábitat a nivel mundial (McKinney, 2006), lo cual genera un creciente conflicto entre la fauna silvestre y los seres humanos. Los ambientes terrestres y acuáticos han sido el foco principal de los esfuerzos de conservación de la fauna silvestre, considerando de forma escasa los espacios aéreos (Womack *et al.*, 2010; Lambertucci *et al.*, 2015; Davy *et al.*, 2017). Este hecho compromete la supervivencia de las especies voladoras que suelen utilizar áreas que sobrepasan los límites de las reservas terrestres (Lambertucci *et al.*, 2014). Complementariamente, el espacio aéreo está siendo cada vez más utilizado por los seres humanos, lo que aumenta la presión sobre las especies voladoras. Entre las amenazas emergentes se encuentran los aviones (Dolbeer *et al.*, 2019), drones (Vas *et al.*, 2015; Rebolo-Ifrán *et al.*, 2019), edificios (Nichols *et al.*, 2018), parques eólicos (Drewitt y Langston, 2008) y los tendidos eléctricos (Lehman *et al.*, 2007; Longcore *et al.*, 2013).

El incremento de la demanda de energía mundial ha llevado al aumento del área de cobertura de los tendidos eléctricos (<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=44095>), los cuales son fuente de electrocución y colisión aviar, representando una importante causa de mortalidad para distintas especies a nivel mundial (Bevanger, 1994; Bevanger y Overskaug, 1998; APLIC, 2006; Shobrak, 2012; Loss *et al.*, 2014, 2015). Esta problemática se considera un factor relevante del declive de algunas poblaciones de aves como el buitre egipcio (*Neophron percnopterus*) en el Este de África (Angelov *et al.*, 2012), el búho real (*Bubo bubo*) en los Alpes Italianos (Rubolini *et al.*, 2001), el águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) en Europa (González *et al.*, 2007) y el águila perdicera en España (*Aquila fasciata*) (Real *et al.*, 2001; Hernández-Matías *et al.*, 2015), entre otras. Si bien se trata de una causa de mortalidad preocupante, la colisión y electrocución de aves en Argentina ha sido estudiada recién en los últimos años, enfocándose

principalmente en poblaciones de águilas (Ibarra y De Iucca, 2015; Galmes *et al.*, 2018; Sarasola *et al.*, 2020; Capdevielle *et al.*, 2021).

La electrocución ocurre cuando un ave toca con sus patas, o alguna parte de su cuerpo, dos cables conductores (de aquí en adelante, fases) y la derivación a tierra (Boeker y Nickerson, 1975; APLIC, 2006), la cual puede estar representada por un pararrayo, estructura usualmente encontrada en los tendidos monofilares (Boeker y Nickerson, 1975; Harness, 2004; APLIC, 2006). Existen tres tipos de tendidos eléctricos (también llamados líneas) según el voltaje que transportan: baja tensión (debajo de 1 kV), media tensión o de distribución (1 a 66 kV) y alta tensión o de transporte (más de 66 kV). Las líneas de distribución son las que se encuentran en mayor proporción en las zonas rurales y presentan una menor distancia entre las fases que las líneas de alta tensión (APLIC, 2006). Por ende, se observa con mayor frecuencia la electrocución de aves sobre este tipo de líneas ya que tienen mayor facilidad para tocar dos elementos conductores de manera simultánea (Sarasola y Zanon Martinez, 2017).

El peligro de electrocución varía en función del ambiente circundante, de las características de las especies afectadas y también de las características de los tendidos (APLIC, 2006; Lehman *et al.*, 2007; Mojica *et al.*, 2018). Entre las características ambientales, la densidad de la vegetación influye en la peligrosidad, de manera que en zonas abiertas donde la vegetación es escasa y existe una menor cantidad de posaderos naturales, las aves suelen utilizar con mayor frecuencia los postes (Real *et al.*, 2001; Mojica *et al.*, 2009; Guil *et al.*, 2011). Características del ave, como su tamaño, estrategias de forrajeo, su densidad poblacional, junto con su edad y experiencia previa afectan la frecuencia del uso de los postes y la probabilidad de que contacte dos fases simultáneamente (Guil *et al.*, 2011; Dwyer *et al.*, 2015; Galmes *et al.*, 2018). Las aves rapaces se ven especialmente afectadas debido a su gran envergadura y sus hábitos alimenticios (Ferrer *et al.*, 1991; Janss, 2000; Hernández-Matías *et al.*, 2015), ya que suelen utilizar los postes y tendidos como posaderos para cazar, lugares de descanso y hasta como sitios de nidificación (Dwyer y Leiker, 2012). Por último, características de los tendidos eléctricos (Figura 1) como el

material de construcción del poste y la presencia de puentes por encima de la cruceta, en particular, son considerados elementos que afectan significativamente la peligrosidad que puede representar un tendido (Sarasola y Zanon Martinez, 2017; Galmes *et al.*, 2018; Škorpíková *et al.*, 2020). Los postes de cemento tienen un alma de hierro conductora que representa una derivación a tierra que puede provocar que el ave se electrocute al hacer contacto con ésta y una fase del tendido (APLIC, 2006; Negro y Ferrer, 1995; Sarasola y Zanon Martinez, 2017). En cambio, en los postes de madera, al ser éste un material no conductor, la electrocución se produce únicamente por el contacto con dos fases. Por lo tanto, para los postes de madera existe una distancia entre fases segura que previene la electrocución de aves rapaces (Boeker y Nickerson, 1975; Bevanger, 1994; APLIC, 2006). La peligrosidad de los postes aumenta también cuando presentan un pararrayos en el ápice de la base. Los pararrayos son elementos con una derivación a tierra que reciben las descargas eléctricas de los rayos, evitando que se sobrecargue el tendido (Figura 1, b). La posición del pararrayos y de la fase es apropiada para que el ave alcance a tocar ambos simultáneamente, lo cual le confiere un peligro elevado al poste (Harness, 2004). Por otro lado, los estudios sobre la influencia del tipo de aislador no revelan resultados consistentes sobre su peligrosidad (Janss y Ferrer, 2001; Guil *et al.*, 2011; Ferrer *et al.*, 2013; Dixon, 2016; Galmes *et al.*, 2018) .

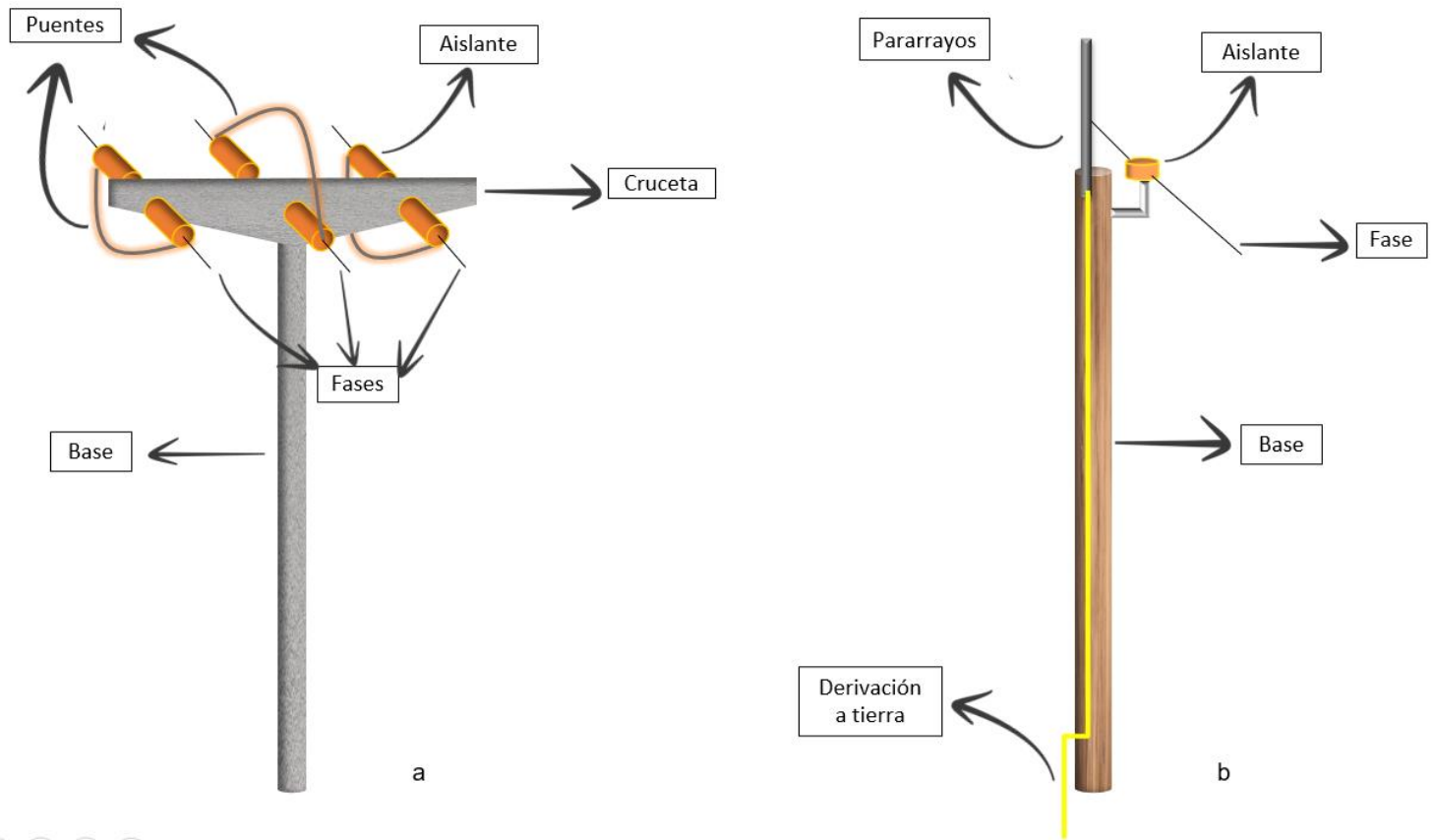


Figura 1: Esquema de postes con sus componentes señalizados. (a) Poste trifilar; (b) poste monofilar con pararrayos.

El águila coronada (*Buteogallus coronatus*) es una especie de ave rapaz de gran tamaño endémica de Sudamérica, actualmente categorizada como especie *En peligro* a nivel global desde 2005 (IUCN, 2020). Se estima que su población total es de menos de 1000 individuos reproductivos y con una tendencia decreciente (BirdLife International, 2016). Entre las múltiples amenazas a las que se enfrenta, se destacan la pérdida de hábitat y la persecución directa (Sarasola y Maceda, 2006), aunque recientemente también se ha demostrado su alta susceptibilidad a la electrocución con líneas eléctricas (Galmes *et al.*, 2018; Sarasola *et al.*, 2020). Esta especie se distribuye desde el Centro - Sur de Brasil, Este de Bolivia, Paraguay y Norte y Centro de Argentina, habitando bosques y pastizales (Ferguson-Lees y Christie, 2001). Dentro de Argentina está registrada en las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Rio Negro, San Juan, San Luis y Santa Fe (BirdLife International, 2016). Se han descripto sitios de nidificación en Formosa (Maceda, 2007), Mendoza

(Maceda, 2007), La Pampa (Bellocq *et al.*, 1998; Galmes *et al.*, 2018) y Santa Fe (Maceda, 2007). Es un ave rapaz solitaria que suele encontrarse lejos de las urbes. Su alimentación principal consta de dasipódidos, roedores, pequeños reptiles y serpientes, los cuales son más abundantes en zonas alejadas de las ciudades (Maceda *et al.*, 2003). Los recientes trabajos sobre la electrocución como fuente de mortalidad en esta especie en Argentina han registrado eventos de electrocución sobre postes trifilares en la provincia de La Pampa (Galmes *et al.*, 2018; Sarasola *et al.*, 2020), y sobre postes monofilares con pararrayos en la provincia de Mendoza (Capdevielle *et al.*, 2021). Estos estudios han generado información relevante sobre esta temática, demostrando que el águila coronada es una especie con una alta tasa de mortalidad debido a la electrocución y con una mayor susceptibilidad a esta problemática en relación a otras especies de tamaño similar pero más abundantes, como el carancho (*Caracara plancus*) (Galmes *et al.*, 2018).

Este trabajo se enfocó en la evaluación de la peligrosidad de los postes eléctricos en el Este de Mendoza. El servicio de distribución de energía en esta área se encuentra bajo la concesión de la Empresa Distribuidora de Electricidad del Este S.A. (EDESTE). A partir de repetidos hallazgos de águilas coronadas electrocutadas en el área, EDESTE junto a la Fundación Caburé-í ([www.fundacioncaburei.org](http://www.fundacioncaburei.org)) trabajaron para desvincular y remover los pararrayos de los postes monofilares. En total se desvincularon 4,526 pararrayos, creando una zona libre de peligro de electrocución para esta especie de más de 55,000 km<sup>2</sup>, la cual comprende a la Reserva de Ñacuñán, que se encuentra entre las áreas de nidificación del águila coronada (Capdevielle *et al.*, 2021). Sin embargo, aún existen otros tipos de postes que podrían resultar perjudiciales para estas aves, como los postes trifilares causantes de varias muertes de águilas coronadas en La Pampa (Galmes *et al.*, 2018). Tomando en cuenta la vulnerabilidad de esta especie, se torna importante reducir esta fuente de mortalidad, para lo cual es necesario generar un mapa de riesgo de electrocución para la especie. Para ello, se precisa primero localizar y caracterizar los tendidos conflictivos para decidir un método de mitigación efectivo (Tintó *et al.*, 2010; Dwyer *et al.*, 2014). Complementariamente, la electrocución de las aves puede comprometer el suministro de energía

eléctrica y generar grandes pérdidas económicas para las empresas de electricidad (Harness y Wilson, 2001; Davis, 2002; Kolnegari *et al.*, 2020). Por lo tanto, el uso de diseños seguros y prácticas adecuadas sería un beneficio tanto para la biodiversidad como para las empresas, las cuales darían un ejemplo de protección y respeto a la fauna silvestre.

### **1.1 Objetivos e Hipótesis**

El principal objetivo de este trabajo es elaborar un mapa de riesgo potencial de electrocución para el águila coronada en el Este de Mendoza que sirva para definir las zonas prioritarias de manejo respecto a esta problemática y sea de utilidad a la conservación de esta especie y sus hábitats. Hipotetizamos que el área utilizada por el águila coronada en el Este de Mendoza se ve atravesada por líneas de tendidos eléctricos con distinto grado de peligrosidad de electrocución. Por lo tanto, esperamos encontrar que los tendidos eléctricos dentro de la zona de estudio difieran en las características que los representan y que los avistamientos de águila coronada se superpongan con tendidos eléctricos de peligrosidad variable.

Además, se estudiarán los impactos de las modificaciones realizadas sobre las líneas monofilares con la intención de visibilizar el proceso realizado y sus costos, para que pueda ser utilizado por otras empresas como punto de partida para mejorar el servicio respecto a la protección de la fauna.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudio**

El área de estudio se encuentra al Este de la provincia de Mendoza, Argentina (Figura 2), comprendiendo un área de aproximadamente 63.000 km<sup>2</sup>. Esta área corresponde a la ecorregión

del Monte de Llanuras y mesetas, caracterizada por ser un ambiente abierto con predominancia del jarillal (Matteucci, 2018). En esta ecorregión prevalecen los paisajes de llanura y extensas mesetas escalonadas con alturas que oscilan entre los 0 y los 1000 msnm (Burkart, 1999). Se trata de una zona semiárida, con pocas precipitaciones (entre 100 y 350 mm anuales) (Labraga y Villalba, 2009) y en proceso de desertización (Asner *et al.*, 2003).

La distribución del servicio de energía eléctrica en el área es responsabilidad de la empresa EDESTE, la cual se encuentra activa desde el año 1999, año en el que el gobierno de Mendoza le concesionó este servicio.



Figura 2: Área del sitio de estudio; (b) Detalle de los tendidos eléctricos de la empresa EDESTE en el área de estudio.

## 2.2 Recopilación de datos

La información sobre la distribución de tendidos eléctricos en el área de estudio fue proporcionada por la empresa EDESTE en formato Key Markup Language (.kmz), el cual fue cargado y analizado con el programa Google Earth (<https://www.google.com/intl/es-419/earth/>) y con la herramienta *Street view*. Esta herramienta es una representación virtual del entorno, que utiliza imágenes panorámicas tomadas desde cámaras colocadas en vehículos que recorren las rutas (<https://www.google.com/intl/es/streetview/>), la cual ya ha sido utilizada en otros estudios de ecología (Olea y Mateo-Tomás, 2013; Burr *et al.*, 2018; Cossa *et al.*, en revisión).

Se analizaron los tendidos de media tensión por ser los que representan mayor peligro de electrocución (Sarasola y Zanon Martinez, 2017). En el área de estudio existen tendidos monofilares, bifilares o trifilares (Figura 3). En cuanto a la función de cada poste, se encuentran los de sostén (o apoyo), usualmente de madera; y los de tensión, que suelen estar contruidos enteramente de cemento y le dan estabilidad a la línea (Sarasola y Zanon Martinez, 2017). En consecuencia, algunas de las líneas que se encuentran en el área de estudio pueden presentar más de un tipo de poste de cada material.

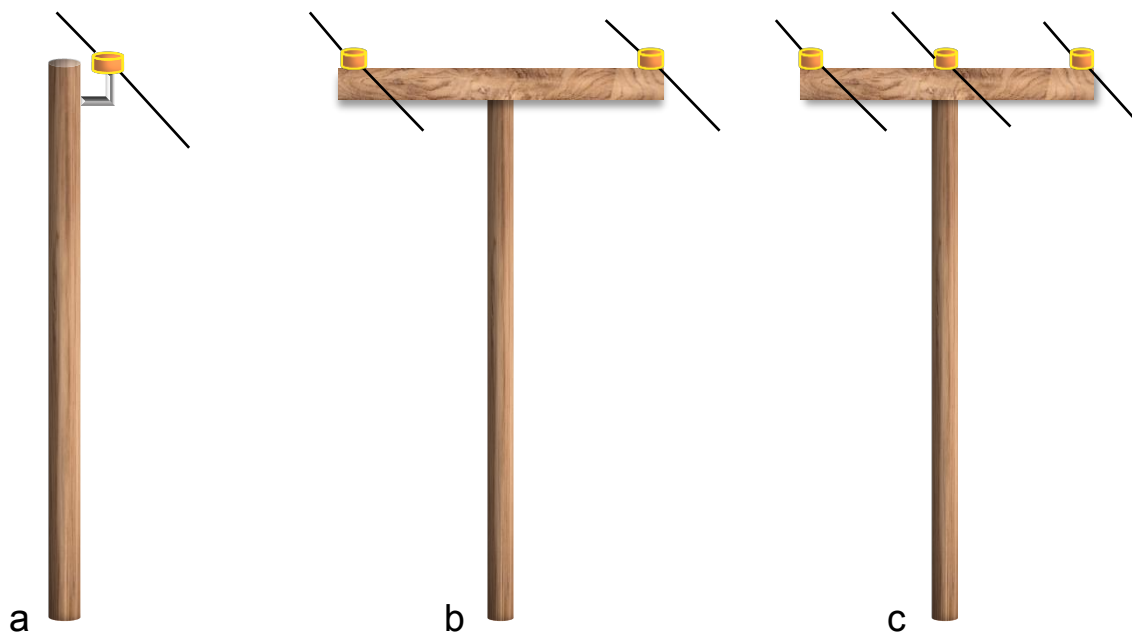


Figura 3: Tipos de postes de acuerdo a la cantidad de fases presentes (a) Monofilar; (b) Bifilar; (c) Trifilar.

## **2.3 Análisis de datos**

Para la realización de esta tesis se organizó el trabajo en cuatro actividades principales. En primer lugar, se diseñó un Sistema de Información Geográfica (SIG) en ArcGIS Pro ([www.pro.arcgis.com](http://www.pro.arcgis.com)) que integró todas las características a estudiar de los tendidos eléctricos. Para esto, se generó una capa de líneas en ArcGIS Pro que tuviera cada tendido eléctrico con su disposición espacial y se atribuyó un ID único a cada uno, siguiendo la identificación que utiliza la empresa. En segundo lugar, con el objetivo de conocer el área afectada por la desvinculación de los pararrayos en los postes monofilares, se identificaron las líneas que contenían este tipo de postes para generar un mapa que indicase la distribución de los tendidos que sufrieron este cambio. Complementariamente, se indagó sobre los factores que inciden en el costo de realizar esta acción de mitigación. En tercer lugar, para determinar el grado de peligrosidad de las líneas actuales se evaluaron cinco características de los postes que las componen para determinar su peligrosidad individual. Luego, a partir de una ponderación de los valores de peligrosidad de cada tipo de poste, se calculó el valor de peligrosidad por línea generando un mapa de riesgo de electrocución. Por último, se recopiló información sobre avistamientos y seguimientos de águilas coronadas y se la superpuso con las líneas clasificadas según su peligrosidad para evaluar el solapamiento entre la presencia de los individuos y los distintos tendidos.

### **2.3.1 Modificación de tendidos monofilares**

Para conocer el área afectada por la desvinculación de los pararrayos en los postes monofilares realizada por EDESTE entre 2018 y el 2021, se generó un mapa en el que se destacaron este tipo de tendidos. También se buscó información sobre los factores que inciden en el costo de realizar este tipo de mitigación. Se tuvo en cuenta el informe del trabajo realizado por la empresa (Anexo - Informe mitigación EDESTE 2021) y entrevistas con José De Angelis, inspector

de las bases operativas de la zona Este (Unidad de Distribución, Departamento de Exploración, EDESTE).

### **2.3.2 Tendidos eléctricos actuales**

Con el fin de conocer el peligro de electrocución representado por las líneas eléctricas que se encuentran actualmente en el área de estudio, se procedió a identificar los distintos tipos de postes que las constituyen. Para ello, se utilizó la herramienta Street view de Google Earth. Para cada línea, se registraron las características de los postes dispuestos cada 15 unidades, asumiendo que los postes que se encontraban entre los observados mantenían las mismas características que los visualizados. El intervalo usado se decidió en función de la distancia mínima a la que se encuentra los postes de tensión que suelen presentar diferencias con el resto de la línea (Sarasola y Zanon Martinez, 2017). Además, se observaron los postes en Street View cada vez que el tendido eléctrico cambiaba de dirección, había una conjunción con otra línea o que ocurría alguna irregularidad en su recorrido.

En los casos en que no se logró visualizar las líneas debido a que no poseían un camino asociado disponible en Street View, se consultó con personal de la empresa. Cuando las imágenes proporcionadas por Google Earth no estaban actualizadas (existen imágenes entre 2014 y 2019) se verificó con la empresa que las líneas analizadas no hubieran sufrido cambios.

#### ***Peligrosidad de los postes***

Para conocer la peligrosidad de cada tipo de poste, se analizaron un total de cinco variables influyentes directamente en el peligro de electrocución de aves rapaces, las cuáles son: diseño, material, número de fases, cruceta y puente por encima de la cruceta (Tabla 1). Se llamó “diseño” a la disposición de las fases respecto a la cruceta. Debido a que el diseño afecta a la

distancia vertical entre fases y la posibilidad de que el ave contacte con dos de éstas simultáneamente, se distinguió entre: “diseño en un plano” cuando las fases se encontraban dispuestas a la misma altura con respecto al suelo (Figura 4a), y “diseño en más de un plano” si se encontraban a distintas alturas (Figura 4b). Se denominó “material” al elemento de construcción de la base del poste, el cual podía ser de madera o cemento. Por otra parte, el “número de fases” hizo referencia a la cantidad de fases que presentaba el poste, ya sea, un cable (monofilar), dos cables (bifilar) o tres cables (trifilar) (Figura 3). Por otro lado, la “cruzeta” es el elemento transversal a la base, que lleva las fases sostenidas por un aislador, proporcionando una superficie para que el ave se pose (Figura 1a). En las cruzetas analizadas, éstas podían presentarse horizontal al suelo o inclinadas, o podían, simplemente, no estar presentes. Por último, se evaluó la existencia de al menos un “puente por encima de la cruzeta”, el cual es un elemento que permite el transporte de energía de un lado al otro del poste, pasando por arriba de la cruzeta (Figura 1a).

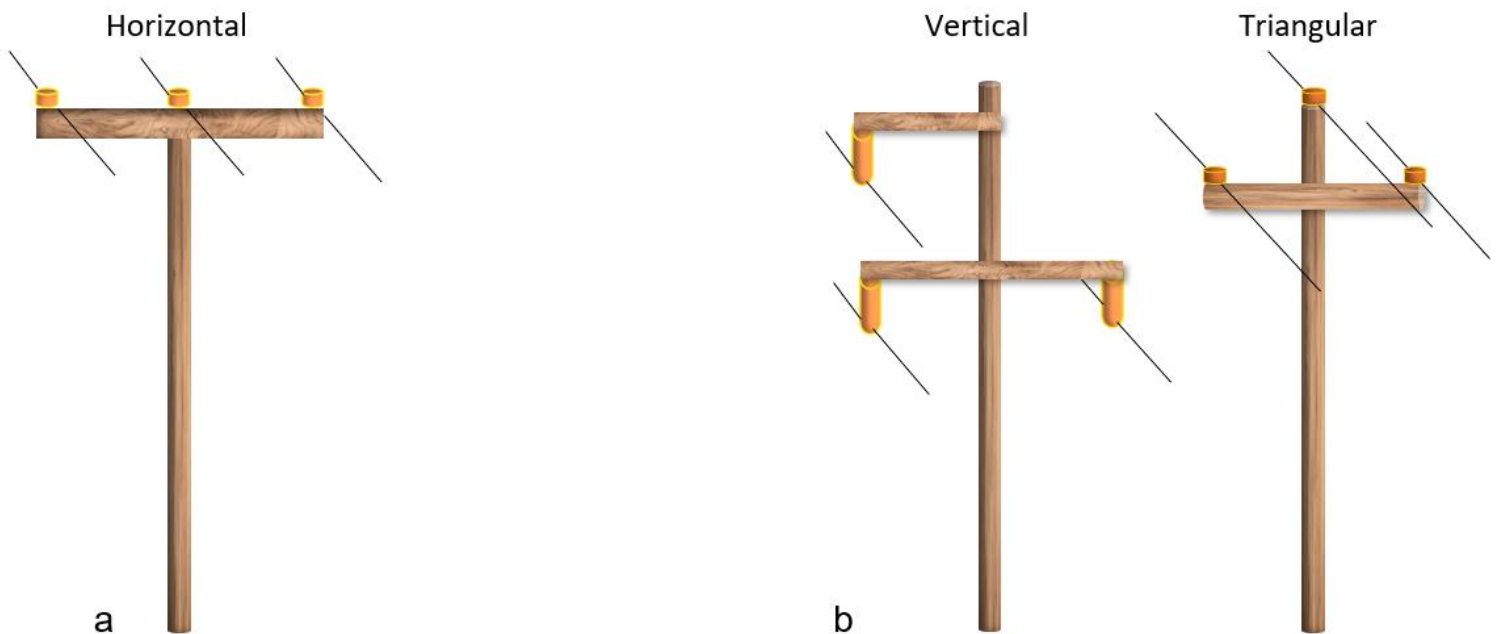


Figura 4: Esquema de distintos diseños de los postes (a) diseño en un plano; (b) diseño en más de un plano

Variable	Descripción	Niveles
Diseño	Disposición en que se encuentran los cables entre ellos.	Un plano / más de un plano
Material	Material de construcción de la base del poste	Madera / cemento
Número de fases	Cantidad de fases que sostiene el poste	Monofilar / bifilar-trifilar
Cruceta	Elemento transversal a la base el cual sostiene las fases	Presente / ausente o inclinada
Puente por encima	Continuación de la fase sobre la cruceta generando un arco de cable conductor sobre ésta	Presente / ausente

Tabla 1: Definición y niveles de las características de los postes

Para cada característica o variable se definieron dos niveles (Tabla 2): un nivel de peligro (valor 1) y uno que representaba un nivel de peligro menor o nulo (valor 0). Los criterios para definir el nivel de peligrosidad se decidieron en base a la recopilación y revisión de bibliografía. En este sentido, en cuanto al diseño del tendido, se le asignó el valor 1 si las fases se encontraban en un plano, ya que es más probable que el ave contacte con más de un cable a la vez que si éstos se encuentran en más de un plano (Mañosa, 2001; Tintó *et al.*, 2010; Guil *et al.*, 2011). Por otra parte, al diseño en distintos planos se le dio el valor 0, ya que la distancia vertical entre los elementos conductores dificulta el contacto con dos de éstos simultáneamente (APLIC, 2006; Prinsen *et al.*, 2012). Respecto al material de construcción del poste, la madera al no ser conductora de electricidad se le asoció el valor 0, ya que la base no representa un elemento peligroso (Negro y Ferrer, 1995; Janss y Ferrer, 1999; Tintó *et al.*, 2010; Škorpíková *et al.*, 2020). En el caso que el material de construcción fuese de cemento se le asoció el valor 1 debido a que la base de cemento posee un alma de hierro que conduce la electricidad (Janss y Ferrer, 1999; APLIC, 2006; Škorpíková *et al.*, 2020). En las líneas monofilares los postes de cemento poseen el aislador ubicado en el ápice de la base, lo cual impide que las aves se posen sobre el poste, dándole a sus bases un valor de 0, al igual que si el poste fuera de madera, volviéndose indiferente

el material de construcción. En el caso del número de fases presentes en cada poste, se asignó un valor nulo de peligrosidad a los postes con una sola fase ya que el ave no tiene posibilidad de electrocutarse por contacto con la misma. Por otra parte, en los postes con más de una fase (bifilares o trifilares), o cable, el ave puede electrocutarse tocando dos de éstos, por ende se les confirió un valor 1 (Boeker y Nickerson, 1975; Bevanger, 1994; Harness y Carlton, 2001; Guil *et al.*, 2011; Dwyer *et al.*, 2014). El hecho de que exista una cruceta agrega riesgo al poste ya que se vuelve un posadero más atractivo. Si bien no está construida de un material conductor como en otros países (Bevanger, 1994; Negro y Ferrer, 1995; Dixon *et al.*, 2019), le ofrece al ave un espacio que le permite tocar dos elementos conductores simultáneamente y electrocutarse ( Negro y Ferrer, 1995; Mañosa, 2001; APLIC, 2006; Guil *et al.*, 2011; Prinsen *et al.*, 2012), por lo cual se le confirió un valor 1. Se consideró que, si la cruceta estaba presente pero inclinada, valía 0, al igual que si no estuviera, ya que representa un posadero incómodo para las aves. Por último, a la presencia de un puente por encima de la cruceta se le asignó el valor 1, ya que al ser un elemento conductor por arriba de la cruceta es más probable que el ave haga contacto con éste. En este sentido, en la provincia de La Pampa, el 55.5% de las águilas coronadas electrocutadas se encontraron en postes con esta característica (Sarasola, 2020). Los puentes que pasan por debajo de la cruceta se consideraron igual de inofensivos que si no existieran, debido que puede ser considerados un método de mitigación respecto a los puentes que pasan por arriba (Harness y Wilson, 2001; Tintó *et al.*, 2010; Galmes *et al.*, 2018; Škorpíková *et al.*, 2020).

Categorías y su valor	Diseño		Material		Número de fases		Cruceta		Puente por encima	
	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor
	Más de un plano	0	Madera	0	Monofilar	0	Ausente o inclinada	0	Ausente	0
	Un plano	1	cemento	1	Bifilar/trifilar	1	Presente	1	Presente	1

Tabla 2: Valores de peligrosidad adjudicados a los distintos niveles de las características de los postes

Finalmente, se utilizó el valor correspondiente a cada variable para estimar la peligrosidad total de cada tipo de poste, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_p = A + B + C + D + E$$

Ecuación 1

donde  $P_p$  representa el índice de peligrosidad del poste, A es el diseño de poste, B el material de construcción, C el número de fases, D es la presencia de cruceta y E es presencia de un puente por encima de la cruceta.

### ***Peligrosidad de las líneas***

Con el fin de adjudicarles un valor de peligrosidad a cada línea, si bien podían tener más de un tipo de poste de cada material, se utilizaron los valores de peligrosidad del poste más peligroso de cemento y del más peligroso de madera, multiplicándolos por el porcentaje de presencia de cada material en la línea (Ecuación 2).

El porcentaje de postes de cada material se calculó dividiendo el número de postes de cada material por la cantidad total de postes por línea. En los casos en que estos datos no estuvieran contenidos en la base de datos de EDESTE, se localizó con Street view un poste de cemento y se contabilizó la cantidad de postes presentes hasta el siguiente poste de cemento. Para calcular la cantidad de postes total se utilizó Street view, con la que se identificaron dos postes contiguos y se midió la distancia entre ellos. Esto se realizó cinco veces en distintas zonas de la línea y se calculó un promedio. De esta manera se dividió el largo total de la línea (obtenido a partir del SIG) por el valor promedio entre postes correspondientes.

$$P_L = P_{pc} * f_c + P_{pm} * f_m$$

Ecuación 2

Donde  $P_L$  es la peligrosidad de la línea L,  $P_{pc}$  la peligrosidad del poste de cemento más peligroso de la línea L,  $P_{pm}$  es la peligrosidad del poste de madera más peligroso de la línea L,  $f_c$  es la fracción de postes de cemento en la línea L y  $f_m$  es la fracción de postes de madera de esta línea.

Con estos datos se generó una tabla (Anexo – Tabla 0) con los valores de peligrosidad para cada una de las líneas. Para centralizar el set de datos se procedió a unir en ArcGIS esta tabla con la información geográfica de las líneas. Para simplificar la presentación de los resultados se graficó un mapa dividiendo las líneas en tres grupos: peligrosidad baja, intermedia y alta.

### 2.3.3 Registros de águilas coronadas

Con el fin de estudiar la presencia del águila coronada en el área de estudio y su superposición con los tendidos, se realizó una recopilación de registros de avistamientos de la especie en Argentina, los cuales fueron filtrados para obtener solo los pertenecientes a la provincia de Mendoza. Se recurrió a las bases de datos digitales de registros de biodiversidad disponibles: e-Bird ([www.ebird.org](http://www.ebird.org)), i-Naturalist ([www.inaturalist.org](http://www.inaturalist.org)), Aves Argentinas ([www.avesargentinas.org.ar](http://www.avesargentinas.org.ar)) y Ecorregistros ([www.ecoregistros.org](http://www.ecoregistros.org)). Complementariamente, se recopilaron registros no publicados de la especie proporcionados por la Fundación Caburé-i (Capdevielle, *comm. pers.*). En la mayoría de los casos, al tratarse de una especie en peligro de extinción fue necesario realizar un pedido formal de los datos con el compromiso de utilizarlos únicamente con fines de investigación.

Se evaluaron también datos de telemetría satelital de individuos de la especie (n=20), disponibles a través del sitio [www.seaturtle.org](http://www.seaturtle.org) con el fin de generar un polígono mínimo convexo que indicara el área usada por estos individuos en la provincia de Mendoza. Se graficó esta información junto con los tendidos eléctricos para observar la superposición entre ellos.

### **3. RESULTADOS**

Se analizaron un total de 83 líneas de tendidos eléctricos en el área de estudio mediante el SIG generado con el software ArcGIS Pro. De las mismas, siete fueron descartadas por ubicarse en zonas altamente urbanizadas, donde la presencia del águila coronada es altamente improbable. La distancia total de las líneas analizadas comprendió un recorrido de 3050 km aproximadamente.

#### **3.1 Modificación de líneas monofilares**

De las 83 líneas estudiadas 46 correspondieron a líneas monofilares, las cuales poseían pararrayos previamente a las modificaciones tendientes a la mitigación, representando un 80% del largo total de todas las líneas (2,421 km aproximadamente, Figura 5).

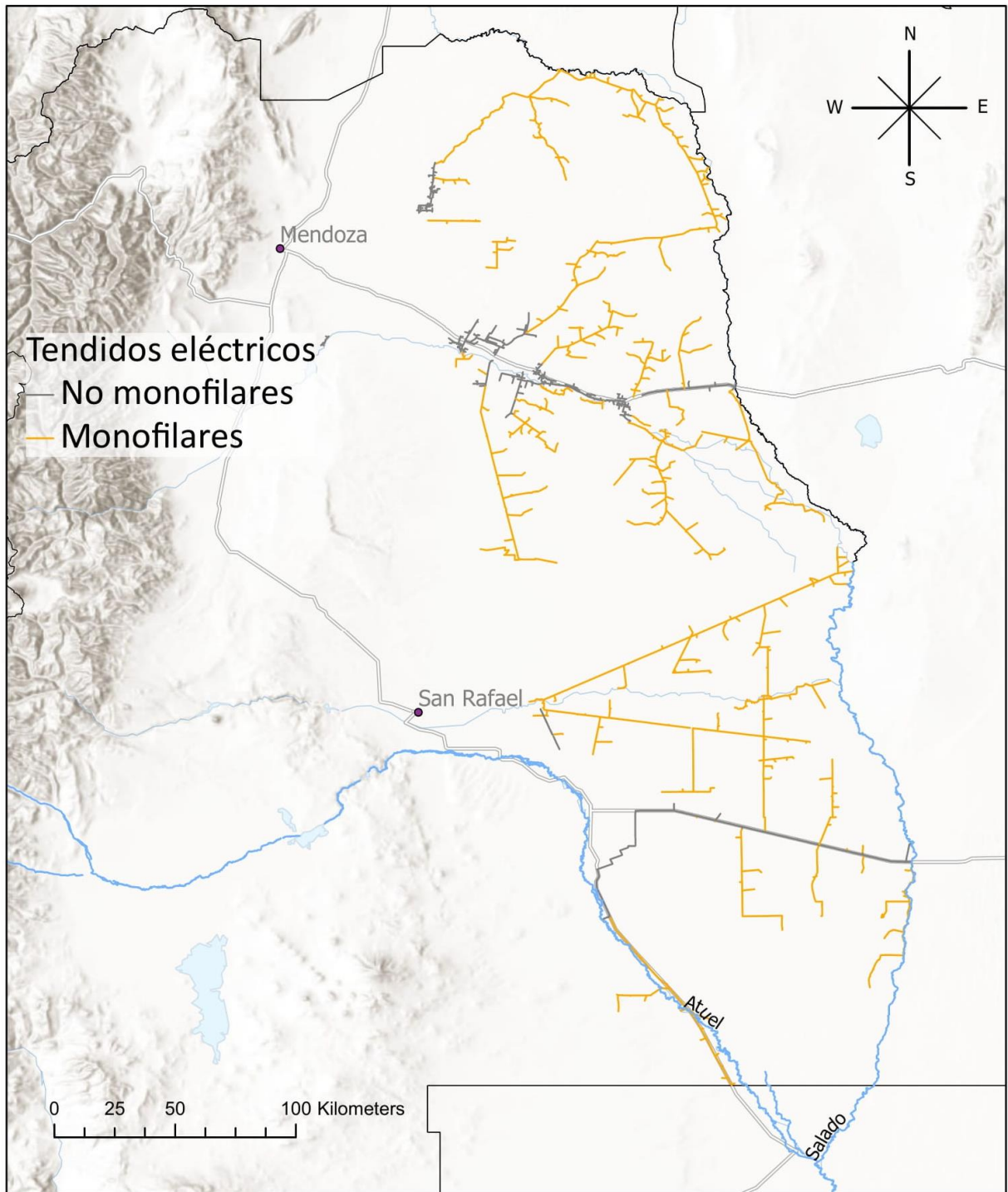


Figura 5: Mapa de los tendidos eléctricos de EDESTE en el Este de Mendoza. Se destacan en naranja los tendidos monofilares, a los cuales se les retiraron los pararrayos.

Los datos proporcionados por la empresa EDESTE mostraron que se desvincularon un total de 4,526 pararrayos de las líneas monofilares, lo que representa una disminución o anulación

del riesgo para las aves. La desvinculación de los pararrayos se realizó de la siguiente manera: primero se extrajo el cable eléctrico a tierra, se retiró la porción de cable enterrada que quedó por debajo del corte y se ató al poste la porción que queda por arriba del corte para que el cable no quede colgando. Estas tareas fueron realizadas por cuadrillas que constaron de dos técnicos capacitados para realizar dichas maniobras, precisando aproximadamente 15 minutos por poste. El tiempo que se tardó en desvincular todos los pararrayos dependió de la administración de la zona a la que correspondían (zona Norte, Centro o Sur), según la prioridad que se le dio. El mayor obstáculo para este trabajo fue la distancia a recorrer, debido a los costos en tiempo y combustible. En una segunda instancia se retiraron los pararrayos, lo cual representó un costo de una cuadrilla que trabajó 30 minutos en cada poste (De Angelis *comm pers.*). Los factores más influyentes en el costo y tiempo de la realización de esta última tarea fueron la distancia a recorrer, como en el caso anterior, y que los cortes de servicio necesarios para realizar esta actividad no pueden superar los 240 minutos por día, según reglamentación del EPRE (Ente Provincial Regulador de la Electricidad) (Anexo - Informe mitigación EDESTE 2021).

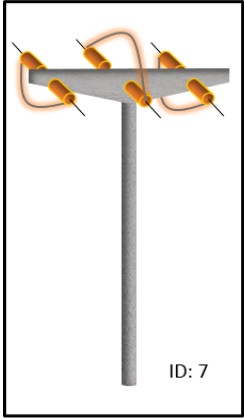
### **3.2 Peligrosidad de los postes**

Los valores de peligrosidad de cada tipo de poste tuvieron un rango de 0 a 5 (Tabla 3). El poste más peligroso (valor de peligrosidad 5) resultó ser el horizontal de cemento con puentes (ID 7; Tabla 3, Figura 6). Entre los postes con peligrosidad valor 4 se encontraron tres tipos de postes en su totalidad de cemento, uno de ellos con puentes por arriba de la cruceta y diseño triangular (ID 17) y los otros dos con disposición horizontal (ID 6 y 9). Luego, con un valor de peligrosidad de 3 se encontraron seis postes, siendo tres de cemento, uno con diseño triangular (ID 1) y dos con diseño vertical (ID 13 y 14) y tres de madera trifilares horizontales (ID 5, 8 y 12). Dos postes de madera uno con diseño vertical (ID 11) y otro triangular (ID 15) y dos de cemento, uno con diseño triangular y la cruceta inclinada (ID 10) y otro con tres fases dispuestas como vela (ID 4) tomaron

el valor de 2. Los postes menos peligrosos resultaron ser trifilares de madera con diseño en distintos planos, uno sin cruceta (ID 3) y otro con las crucetas inclinadas (ID 16) ambos con un valor de 1 y el único poste monofilar (ID 2) con un valor de 0.

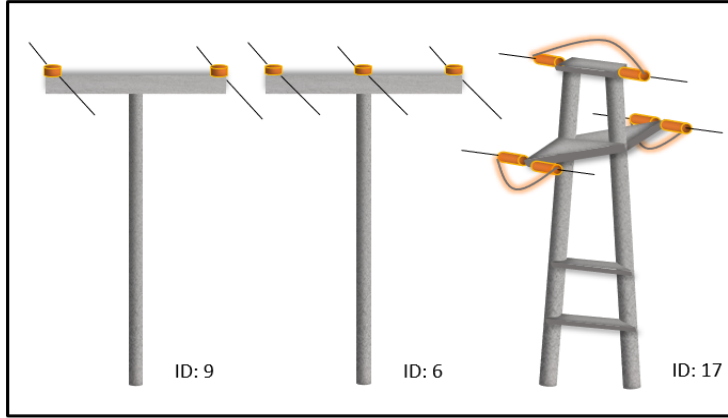
ID	Nombre	Tipo	Material	Diseño	Puente	Cruceta	P <sub>p</sub>
7	Horizontal de cemento con puentes	Trifilar	Cemento	Un plano	Presente	Presente	5
6	Horizontal de cemento	Trifilar	Cemento	Un plano	Ausente	Presente	4
9	Bifilar de cemento	Bifilar	Cemento	Un plano	Ausente	Presente	4
17	Triangular de cemento con puentes	Trifilar	Cemento	Más de un plano	Presente	Presente	4
1	Triangular de cemento	Trifilar	Cemento	Más de un plano	Ausente	Presente	3
5	Horizontal de madera	Trifilar	Madera	Un plano	Ausente	Presente	3
8	Bifilar de madera	Bifilar	Madera	Un plano	Ausente	Presente	3
12	Horizontal cruceta de metal	Trifilar	Madera	Un plano	Ausente	Presente	3
13	Vertical de cemento doble	Trifilar	Cemento	Más de un plano	Ausente	Presente	3
14	Vertical de cemento	Trifilar	Cemento	Más de un plano	Ausente	Presente	3
4	Trifilar vela de cemento	Trifilar	Cemento	Más de un plano	Ausente	Ausente	2
10	Triangular inclinada	Trifilar	Cemento	Más de un plano	Ausente	Inclinada	2
11	Canadiense modificado	Trifilar	Madera	Más de un plano	Ausente	Presente	2
15	Triangular de madera con puentes	Trifilar	Madera	Más de un plano	Ausente	Presente	2
3	Trifilar vela de madera	Trifilar	Madera	Más de un plano	Ausente	Ausente	1
16	Canadiense	Trifilar	Madera	Más de un plano	Ausente	Inclinada	1
2	Monofilar	Monofilar	Madera	-	Ausente	Ausente	0

Tabla 3: Tipos de postes con sus características y su peligrosidad (P<sub>p</sub>), ordenados según ésta última.



ID: 7

Peligrosidad: 5

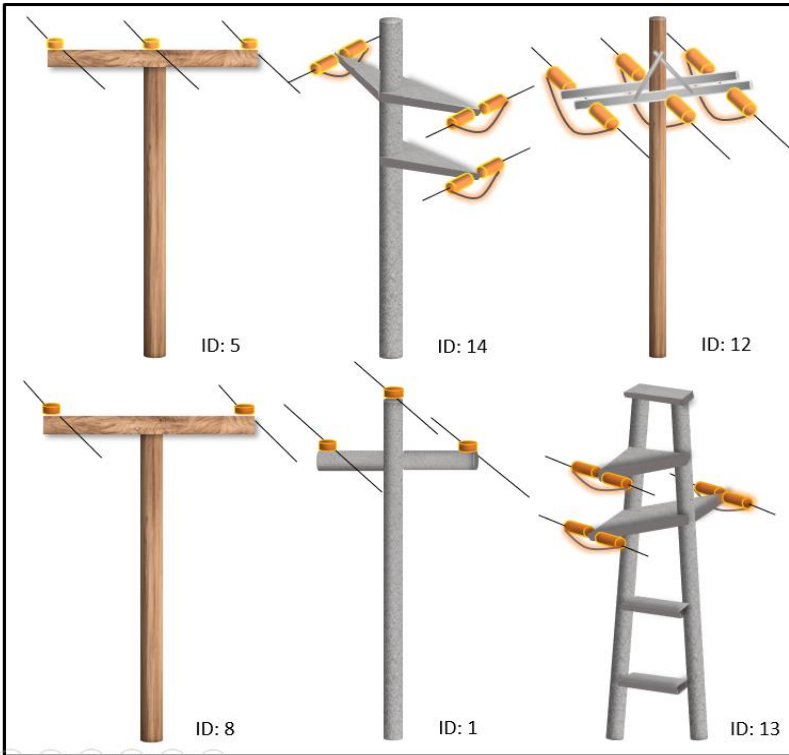


ID: 9

ID: 6

ID: 17

Peligrosidad: 4



ID: 5

ID: 14

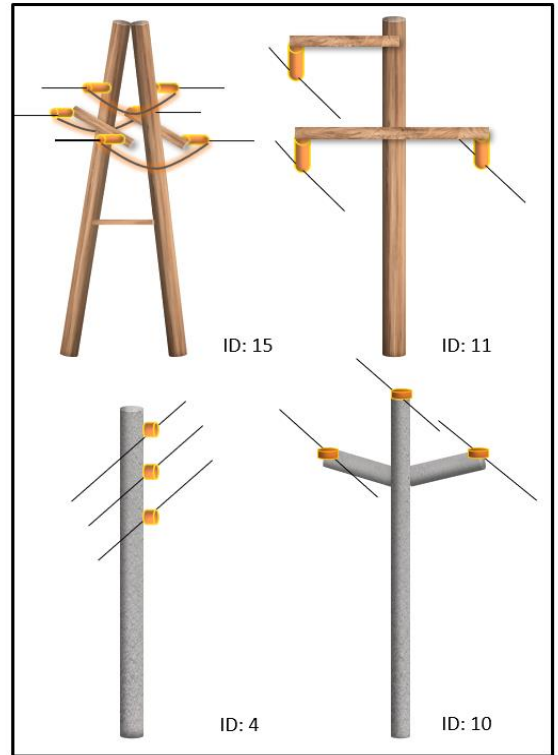
ID: 12

ID: 8

ID: 1

ID: 13

Peligrosidad: 3



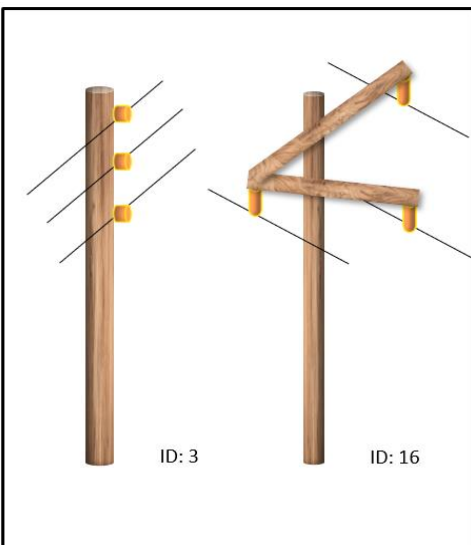
ID: 15

ID: 11

ID: 4

ID: 10

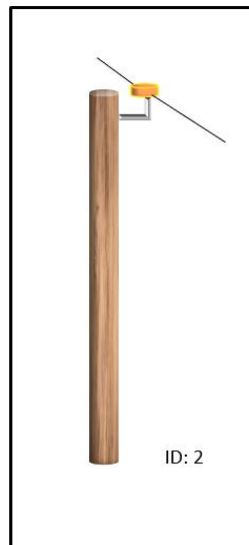
Peligrosidad: 2



ID: 3

ID: 16

Peligrosidad: 1



ID: 2

Peligrosidad: 0

Figura 6: Tipos de postes de la zona de estudio ordenados de acuerdo con la peligrosidad asignada. Al lado de cada poste se encuentra su ID.

### **3.3 Peligrosidad actual de las líneas**

Los resultados del cálculo de las peligrosidades de cada línea se agruparon en tres niveles: baja, intermedia y alta (Figura 7). Dentro del grupo de baja peligrosidad, con peligrosidad hasta 1, se encontraron un total de 47 líneas, siendo 46 de éstas monofilares y una trifilar con el tipo de poste de ID 3 (Tabla 3, Figura 6). Dentro de la franja de peligrosidad media, se encontraron 17 líneas, 12 de ellas trifilares y 5 bifilares, con peligrosidad mayor a 1 y hasta 3. Por último, 12 fueron incluidas en el grupo de alta peligrosidad, con peligrosidad mayor a 3 y hasta 5, siendo una bifilar y 11 trifilares, ocho de ellas con postes de peligrosidad 5 (ID 7; Tabla 3, Figura 6).

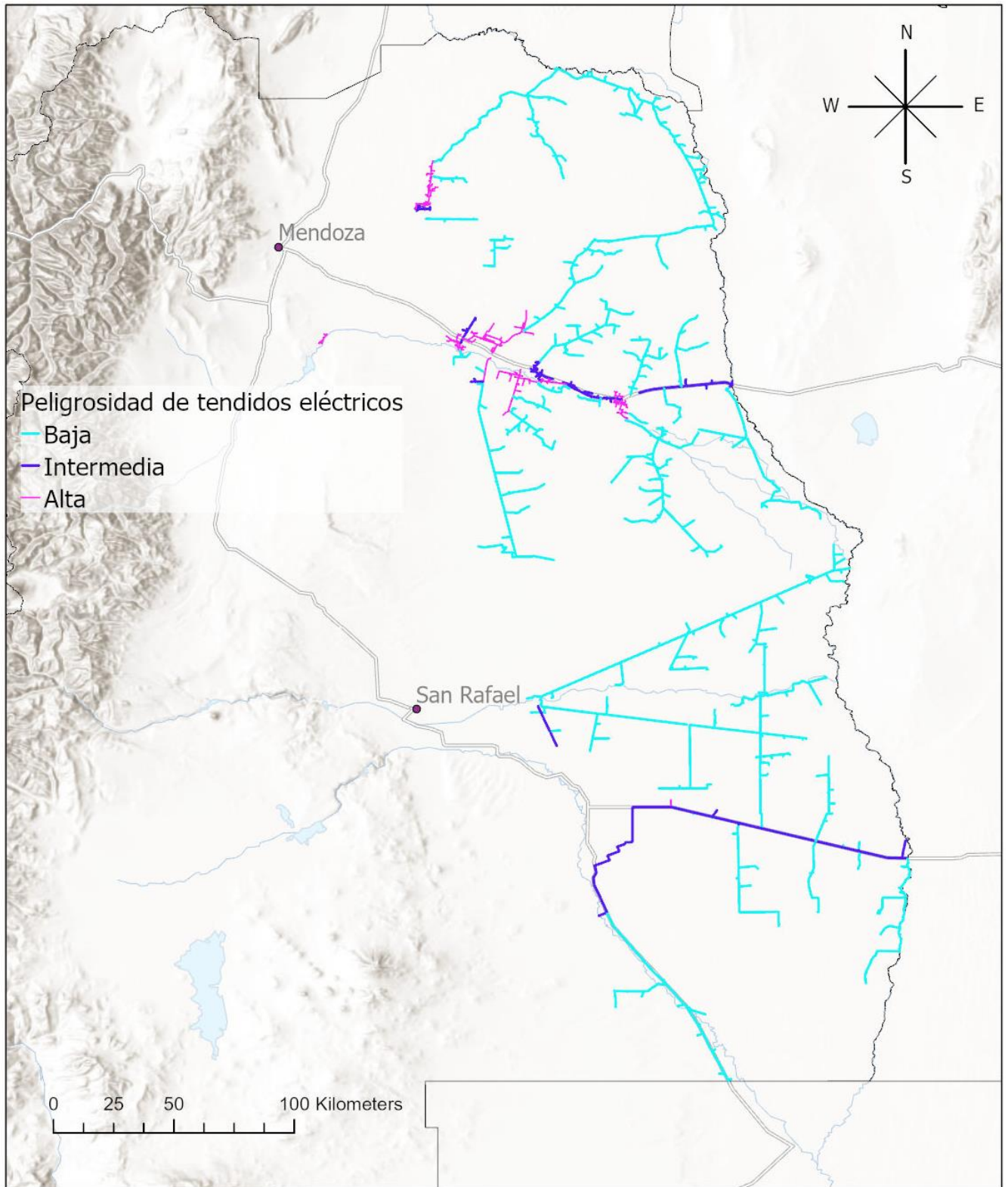


Figura 7: Mapa de peligrosidad de los tendidos eléctricos del Este de Mendoza coloreados según su nivel de peligrosidad: baja (con valores entre 0 y 1 inclusive), intermedia (mayor a 1 hasta 3 inclusive) y alta (mayor a 3 hasta 5 inclusive).

### 3.4 Registros de águilas coronadas

Se encontraron un total de 527 registros de avistamientos de águila coronada en Argentina, de los cuales 87 pertenecían a la provincia de Mendoza. El 43% fueron obtenidos de la Fundación Caburé-i, 27% de Ecorregistros, 15% de e-Bird, 13% de Aves Argentinas y 2% de i-Naturalist. Se controló que no existieran duplicados en los registros.

Los registros de avistamientos de águilas se superpusieron parcialmente con los distintos tendidos eléctricos (Figura 8). Ocho de estos avistamientos indicaron la presencia de un nido, cerca de las áreas catalogadas como zonas de nidificación según Capdevielle *et al.* (2021). Por otro lado, 12 de estos avistamientos especificaron que los individuos estaban utilizando los postes, viéndose dos de ellos sobre una línea de media peligrosidad. Ningún avistamiento fue realizado sobre las líneas de peligrosidad alta (Figura 8).

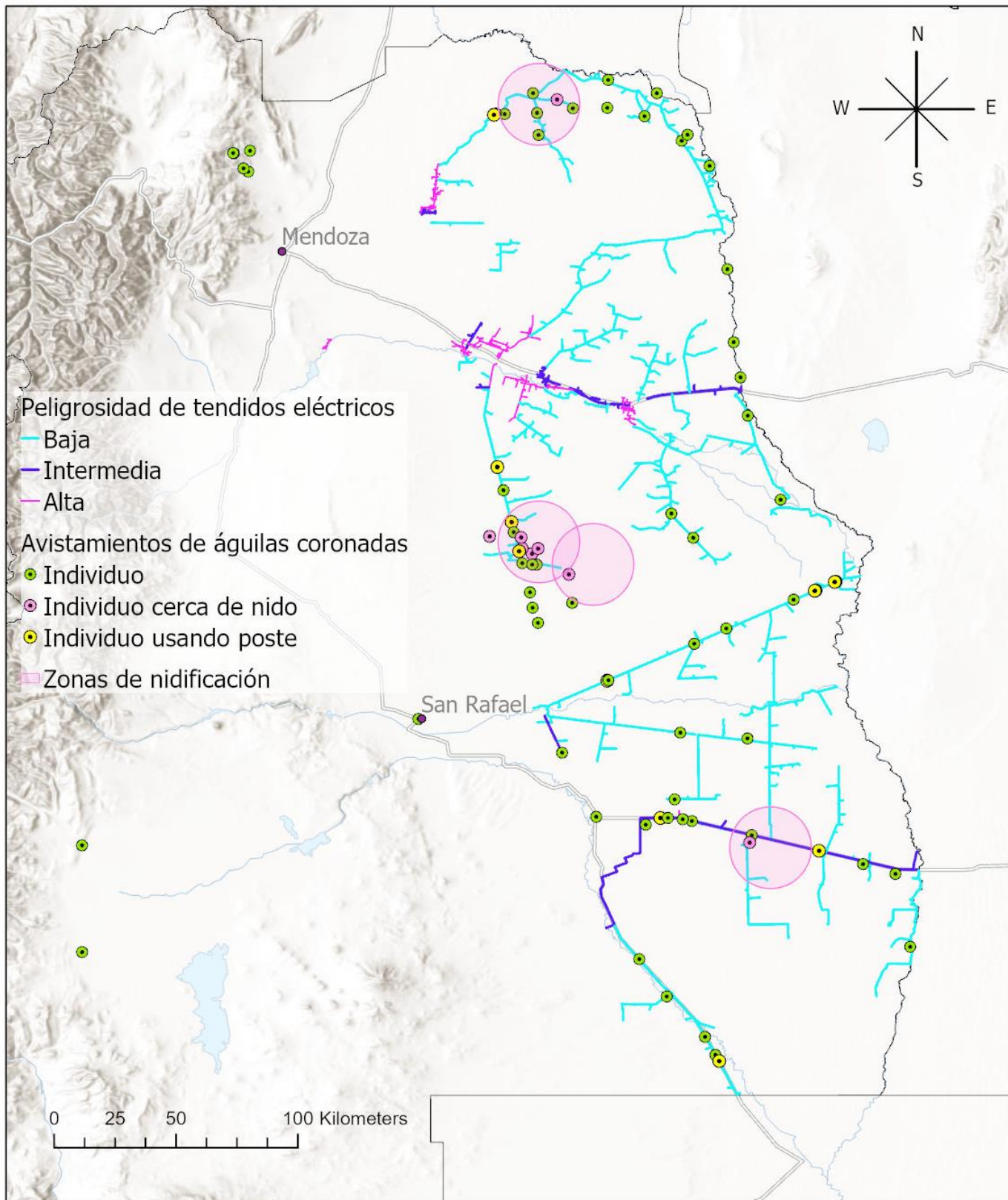


Figura 8: Tendidos eléctricos del Este de Mendoza coloreados según su peligrosidad superpuesto con los avistamientos de águilas coronadas y zona de nidificación frecuente (Capdevielle, comm. pers.).

Respecto a los datos del estudio de seguimiento satelital, se encontraron 7 de 20 individuos equipados que utilizaron la zona de estudio. Estos seguimientos corresponden a juveniles, cinco de los cuales fueron liberados en La Pampa y cruzaron a Mendoza (uno de ellos también visitó San Luis); y dos fueron liberados en Mendoza y cruzaron a La Pampa. Se utilizaron los datos para definir un polígono mínimo convexo de la zona de Mendoza utilizada (Figura 9). La zona definida abarca aproximadamente 3,600km<sup>2</sup>, se ubica entre el río Atuel y el río Salado y se superpone con tendidos eléctricos en el extremo sur del área de estudio.

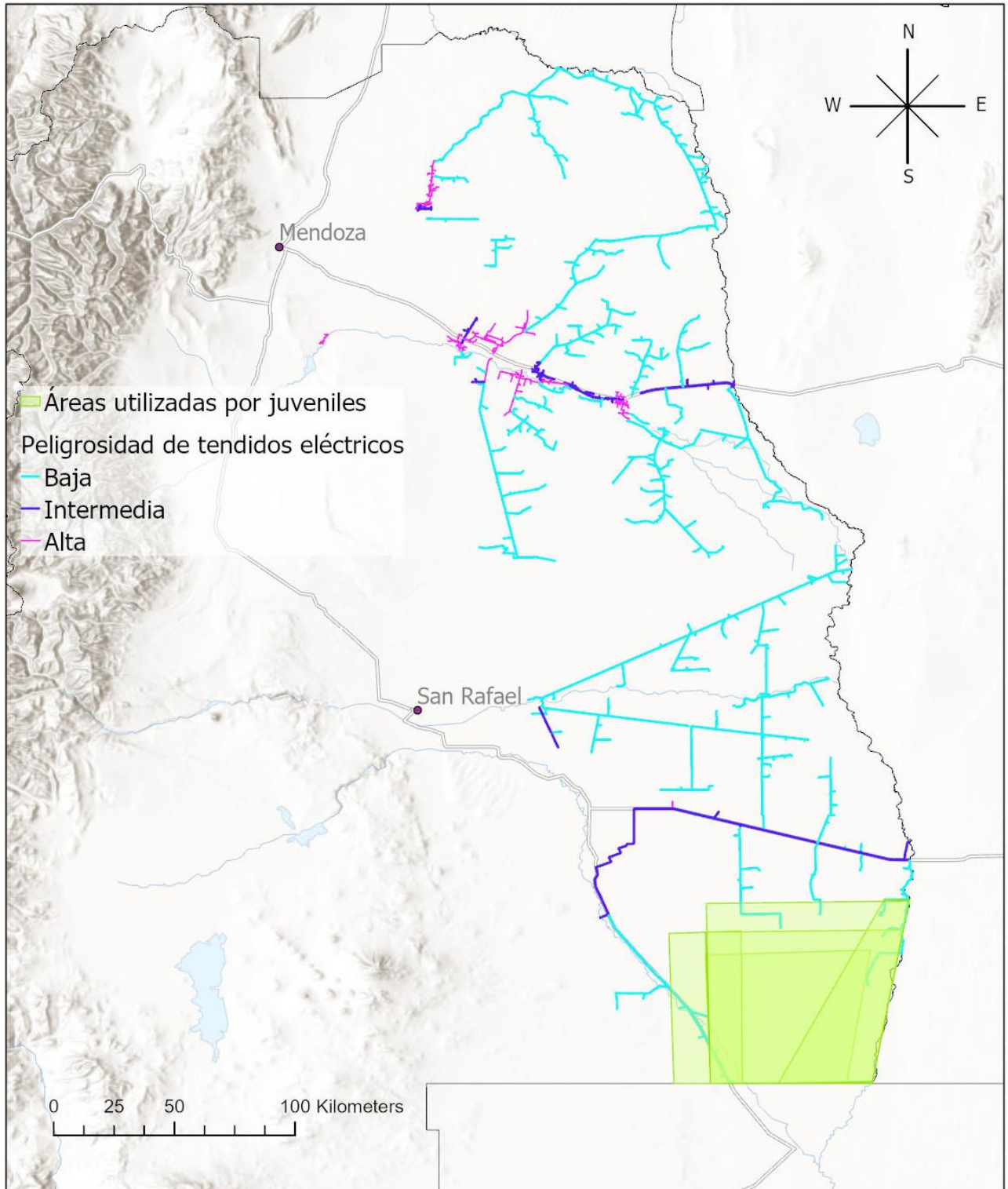


Figura 9: Área utilizada por los juveniles de águila coronada superpuesta con la peligrosidad estimada de las líneas.

#### **4. DISCUSIÓN**

Para la realización de este trabajo no se requirió la asistencia al campo, ni el avistamiento personal de águilas coronadas o postes, gracias a la utilización de Google Earth y de la Ciencia Ciudadana. Si bien esta modalidad representó una limitación respecto a la incapacidad de realizar relevamientos *in situ*, permitió prospectar la cobertura de un área con una gran extensión debido a su bajo costo. Más allá de las limitaciones que se presentaron en el estudio, se logró cumplir el objetivo obteniendo un mapa de riesgo de electrocución funcional a la gestión y con el potencial de extrapolar la metodología diseñada en esta tesis a otras zonas con otros tipos de postes.

Se encontró que el área de estudio está atravesada por múltiples líneas con distintos niveles de peligro de electrocución para las aves de gran envergadura. Las líneas que poseen los postes más peligrosos quedaron incluidas dentro de las líneas de alta peligrosidad. Estas líneas deben ser prioritarias al momento de llevar adelante medidas de mitigación. Al igual que en trabajos anteriores (Mañosa, 2001; Tintó *et al.*, 2005), el porcentaje de líneas peligrosas y, por ende, de postes peligrosos, fue bajo, con un 7% de líneas altamente peligrosas, 30% de peligrosidad intermedia y 63% de baja peligrosidad. Esto puede deberse, en parte, a la intervención previa realizada por EDESTE sobre las líneas monofilares, ya que la desconexión de los pararrayos en estas líneas iniciada en el año 2018 implicó que estos postes dejaran de tener una característica que los volvía altamente peligrosos. Esto se traduce en que, para el área de estudio, las líneas en las que urge la necesidad de realizar acciones de mitigación son relativamente escasas y su intervención disminuiría fuertemente la peligrosidad del área en cuestión.

Aun cuando los valores de peligrosidad de las líneas eléctricas obtenidos son relativos, este trabajo propone una herramienta de gran valor para identificar zonas que precisan ser intervenidas. Respecto a la producción del índice de peligrosidad propuesto, se asignaron valores de peligrosidad 0 a algunos niveles de las características, los cuáles probablemente presenten

algún grado de peligrosidad. Por ejemplo, los puentes que pasan por debajo de la cruceta (en esta tesis, considerados con una peligrosidad nula) no representan un peligro aparente, debido a que el elemento conductor no está al alcance de las aves. Sin embargo, las aves que se alimentan de serpientes pueden posarse en estos postes con un ofidio colgando en sus garras el cual aumenta la altura del ave y podría llegar a electrocutarse si la presa entra en contacto con el puente. Por ende, los puentes por debajo de la cruceta, no necesariamente anulan el peligro representado para aves que comen serpientes, como es el caso de la alimentación del águila coronada (Maceda *et al.*, 2003; Maceda, 2007). Complementariamente, existen trabajos previos en los cuales se propone la interacción entre las variables consideradas (Haas *et al.*, 2003; Tintó *et al.*, 2010), quienes ven correlación entre el número de fases y el diseño en más de un plano. Sin embargo, estos trabajos puntuales no permiten realizar inferencias generales. Por esta razón, en esta tesis se decidió realizar un análisis conservador y se propusieron variables binarias (peligroso/no peligroso) y una ecuación aditiva. Por lo tanto, el valor de peligrosidad obtenido no indica el valor de peligro absoluto de cada poste y, consecuentemente, solo permite hacer comparaciones entre postes con estas características. No obstante, en este trabajo se generó una propuesta que podría ser extrapolable a zonas que presenten otros tipos de postes. En ese caso se deben considerar sus características para clasificarlos según el peligro que representan para las aves específicas de la zona a evaluar, para luego clasificar los tendidos eléctricos que los contienen.

La clasificación de peligrosidad de postes que se obtuvo es consistente con trabajos previos realizados en diversas zonas que estudian las tasas de electrocución de aves rapaces en distintos postes. Según Galmes y colaboradores (2018), el poste más peligroso encontrado en su trabajo en La Pampa fue el “horizontal de cemento con puentes” (siendo de cemento trifilar con cruceta que sostiene las fases con un diseño horizontal y presenta un puente por encima de ella) el cual también resultó como el más peligroso en este trabajo (ID 7; Tabla 3, Figura 6). Por otro lado, el poste clasificado en dicho estudio como uno de los menos peligrosos (ID 5), en este trabajo fue clasificado como de peligrosidad intermedia. Esta diferencia se debe, probablemente, a que

en dicho estudio se evaluaron distintos tipos de postes que en esta tesis, evitando tener los postes que aquí resultaron de baja peligrosidad, por lo tanto, el poste ID 5 resultó como uno de los menos peligrosos. Sin embargo, su tasa de electrocución, según Galmes, resultó mayor a cero. Ese mismo poste fue considerado “letal” por Ibarra y De luca (2015) en Mendoza para las águilas mora (*Geranoaetus melanoleucus*). Sin embargo, a diferencia del águila coronada, estos autores encontraron a esta especie de ave posada en los postes de a más de un individuo lo cual las hace más propensas a tocar dos fases simultáneamente (Galmes et al. 2018). Prinsen *et al.* (2012) también indica a este tipo de poste como no seguro para las aves. Por otra parte, uno de los postes trifilares menos peligrosos para las aves en esta tesis, resultó ser el “canadiense” (ID 16; Figura 6), coincidiendo con el trabajo presentado por Tintó *et al.* (2005), en Barcelona, quien presenta a este tipo de poste como seguro, ya que bajo ellos no se encontraron cadáveres de aves. Capdevielle *et al.* (2021) apoya esta afirmación para el área de Mendoza en base a conocimiento experto, y también proponen que los postes como los identificados con el ID 5, 6 y 1 (Figura 6) tendrían un riesgo de electrocución mayor, lo cual también coincide con los resultados de esta tesis.

El águila coronada fue registrada a lo largo de toda el área de estudio con cierta heterogeneidad en cuanto al tipo de registro, demostrando, además, el uso de postes como posaderos en el área. Sin embargo, la baja cantidad de datos y el hecho que sean solo datos de presencia no permite hacer mayores inferencias sobre la frecuencia de uso de los tendidos. Cabe remarcar que la zona de estudio tiene una gran importancia para la especie ya que no solo es una zona de paso y alimentación de esta especie, sino que también es una zona de cría. Las zonas circundantes a los nidos (Figura 9) deben ser consideradas prioritarias para su manejo, ya que los volantones de las aves rapaces suelen ser más susceptibles a la electrocución debido a su inexperiencia al aterrizar y posarse en los postes (Boeker y Nickerson, 1975; Harness y Wilson, 2001; APLIC, 2006; Chevallier *et al.*, 2015). El análisis de los seguimientos de individuos juveniles muestra que utilizaron un área comprendida entre el Rio Atuel y el Rio Desaguadero/Salado, y

posiblemente haciendo uso de los humedales y lagos cercanos a los ríos (Urios *et al.*, 2014), lo cual podría deberse a la disponibilidad de presas en este tipo de ambientes (Lois *et al.*, 2010). Esta área no presenta ninguna línea de máximo peligro, pero se superpone con tendidos eléctricos monofilares modificados. Por esta razón, la desconexión de los pararrayos en esta zona representó una medida de mitigación importante para la especie, aportando a evitar la electrocución de individuos jóvenes. Esto es más notorio al tener en cuenta que los únicos registros de águilas coronadas electrocutadas en Mendoza fueron sobre este tipo de postes, los cuales se encontraban en el 90% de las líneas cada diez, cinco o, incluso, en la totalidad de los postes (Capdevielle *et al.*, 2021).

Aunque este trabajo está enfocado en el águila coronada, esta problemática afecta a muchas especies de aves que comparten el mismo ambiente, en especial las aves de gran tamaño o con comportamientos sociales y gregarios, lo cual las hace más susceptibles (Harness y Wilson, 2001; Kruger *et al.*, 2004; Galmes *et al.*, 2018). La preocupación que se ha generado por el águila coronada junto con los efectos ambientales y las pérdidas económicas que generan los eventos de electrocución para las empresas de electricidad (Davis, 2002; APLIC, 2006; Kolnegari *et al.*, 2020), puede ser un buen comienzo para proteger los ecosistemas del águila coronada, protegiendo por lo tanto a especies menos llamativas que también se ven afectadas por esta fuente de mortalidad.

#### **4.1. Mirando al futuro**

Si bien es clave conocer las características de los postes para poder actuar de manera eficiente, también se debería acompañar con estudios sobre las características del hábitat y evaluación de la disponibilidad de perchas naturales (Dwyer *et al.*, 2016a). Hay factores ambientales que están relacionados con mayores tasas de mortalidad, como la diferencia de altura en el terreno (Boeker y Nickerson 1975; Tintó *et al.*, 2010), la presencia de cuevas de pequeños mamíferos (Tintó *et al.*, 2010; Dixon *et al.* 2017) o la cercanía a fuentes de agua o de

comida (Siberian *et al.*, 2011; Ibarra y De lucca, 2015; Galmes *et al.*, 2018), por lo tanto localizar estos puntos podría ser importante también para entender en qué áreas es más importante actuar. La altura relativa del poste respecto a los postes vecinos también podría estar aumentando la frecuencia de uso del poste más alto (Capdevielle *comm pers.*), por lo cual es importante estudiar las irregularidades del terreno y disposición de los postes. Recorridos *in situ* junto con un registro de los cortes de energía eléctrica causados por electrocuciones de aves permitirían mejorar el entendimiento de los factores influyentes en la electrocución (Hernández-Lambraño *et al.*, 2018). Para esto, es esencial que las empresas de distribución de electricidad cuenten con personal calificado e instruido sobre estas temáticas capaces de identificar aves muertas por esta causa.

Respecto a las técnicas de mitigación, en los postes de madera es importante que se cumplan las distancias seguras propuestas por la APLIC (APLIC, 2006) y otros autores (Boeker y Nickerson, 1975; Bevanger, 1994), para disminuir el riesgo de que el ave toque dos fases simultáneamente, es especial en los postes trifilares con diseño en un plano. De no ser posible, debería envolverse los puentes y fases con un material aislante para proveer mayor distancia entre los componentes conductores (APLIC, 2006; Prinsen *et al.*, 2012; Dixon *et al.*, 2019). El uso de elementos para impedir que las aves se posen en las crucetas, como los espejos rotatorios, también parecen tener un efecto positivo en algunas situaciones. Sin embargo, no todos los accesorios utilizados han resultado exitosos, (e.g. la instalación de deflectores de cepillo en las crucetas) (Harness *et al.*, 2008; Dixon *et al.*, 2019). Proveer perchas alternativas para disminuir la probabilidad de que las aves se posen en los postes también puede ser satisfactorio (Prinsen *et al.*, 2012; Dwyer *et al.*, 2016b). Respecto a los puentes por arriba de la cruceta, además de reubicarlos por abajo sería beneficioso envolverlos en un material aislante (Dwyer *et al.*, 2017).

Se ha visto que al implementar medidas de mitigación de manera correcta disminuye la mortalidad de las aves (e. g.: López-López *et al.*, 2011; Ferrer, 2012; Fidlóczky *et al.*, 2014; Demeter *et al.*, 2018; Dixon *et al.*, 2018), mientras que la mala implementación de éstas puede no tener

efecto (Harness *et al.*, 2008; Dwyer *et al.*, 2017; Dixon *et al.*, 2019) o incrementar las muertes en los postes intervenidos (APLIC, 2015). Sin embargo, no solo hay que tomar en cuenta el significado económico para las empresas sino también para la biodiversidad (Perrings *et al.*, 1992; Helm y Hepburn, 2012; Guil *et al.*, 2018), ya que no solo las especies electrocutadas se ven afectadas, sino que éstas también pueden caer de los postes causando incendios con terribles consecuencias (Lehman y Barrett, 2002; Tintó *et al.*, 2002; APLIC, 2006; Guil *et al.*, 2018). Esta faceta generalmente no es tomada en cuenta a la hora de poner en la balanza el costo que puede implicar realizar mejoras para la conservación de la naturaleza. Más allá de las medidas de mitigación que pueden realizarse sobre los postes ya existentes es importante tener en cuenta que un poste de madera puede cumplir su función hasta por 15 años y uno de cemento hasta por 50 años en el área de estudio (De Angelis *comm. pers.*). En este sentido es importante la incorporación de los resultados de este trabajo para que se tengan en cuenta las características peligrosas al momento de construir nuevos postes.

Para concluir, se destaca al mapa de riesgo producido como una valiosa herramienta para informar sobre las áreas con alta peligrosidad de electrocución para el águila coronada en el Este de Mendoza. Los mapas de riesgo y sensibilidad ya se han utilizado para informar acerca de numerosas amenazas antrópicas, tales como impacto de parques eólicos (Bright *et al.*, 2008) y tendidos eléctricos (Pérez-García *et al.*, 2017; Hernández-Lambraño *et al.*, 2018). Este tipo de enfoque de regionalización permite focalizar esfuerzos de conservación y dirigir las medidas de mitigación para reducir esta importante fuente de mortalidad para las aves. De esta manera, se agiliza la toma de decisiones para realizar modificaciones efectivas en los tendidos. Si se lograran aplicar las modificaciones correspondientes en los tendidos restantes del Este mendocino de manera eficiente, podrían impulsarse en el Oeste de San Luis (donde se encuentra el Parque Nacional Sierra de las Quijadas, considerado una zona importante para la especie (De Lucca, 1993)) y La Pampa, planteándose un corredor biológico seguro para esta especie en peligro.

## 5. **BIBLIOGRAFÍA**

- Angelov, I., Hashim, I., and Opper, S. (2013). Persistent electrocution mortality of Egyptian vultures *Neophron percnopterus* over 28 years in east Africa. *Bird conservation international*, 23(1), 1-6. Doi:10.1017/s0959270912000123
- Asner, G.P., Borghi, C.E. and Ojeda, R.A. (2003). Desertification in central Argentina: changes in ecosystem carbon and nitrogen from imaging spectroscopy. *Ecological Applications*, 13: 629-648. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)013\[0629:DICACI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)013[0629:DICACI]2.0.CO;2)
- Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). 2006. Suggested practices for avian protection on power lines—the state of the art in 2006. Edison Electric Institute, Washington, D.C., USA.
- Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). (2015). Best Management Practices for Electric Utilities in Sage-Grouse Habitat. Edison Electric Institute and APLIC. Washington, DC: Edison Electric Institute (EEI).
- Belloq, M. I., Bonaventura, S. M., Arcelino, F. N., AR, M., and Sabatini, A. (1998). Habitat use of crowned eagles (*harpyhaliaetus coronatus*) in the southern limits. *Journal Raptor*, 32(4), 312-314.
- Bevanger, K. (1994). "Bird Interactions with Utility Structures: Collision and Electrocution, Causes and Mitigating Measures." *Ibis* 136 (4): 412–25. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1994.tb01116.x>.
- Bevanger, K. , and Overskaug, K. (1998). Utility Structures as a Mortality Factor for Raptors and Owls in Norway. *Holarctic Birds of Prey*, 381–92.
- BirdLife International. (2016). "Buteogallus Coronatus. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016.3." [Http://Www.Iucnredlist.Org](http://Www.Iucnredlist.Org). 2016.
- Boeker, E. L., and Nickerson, P. R. (1975). Raptor Electrocutions. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)* 3 (2): 79–81.
- Bright, J., Langston, R., Bullman, R., Evans, R., Gardner, S., and Pearce-Higgins, J. (2008). Map of bird sensitivities to wind farms in Scotland: a tool to aid planning and conservation. *Biological Conservation*, 141(9), 2342-2356.
- Burkart, R., Bárbaro, N. O., Sánchez, R. O., and Gómez, D. A. (1999). Eco-regiones de la Argentina.
- Burr, A., Schaeg, N., and Hall, D. M. (2018). Assessing residential front yards using Google Street View and geospatial video: A virtual survey approach for urban pollinator conservation. *Applied geography*, 92, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.01.010>.

- Capdevielle, A., De Angelis, J. M., Gorrindo A., and Navas, D. (2021). Acciones de mitigación en tendidos eléctricos monofilares para evitar electrocución de águilas coronadas (*Buteogallus coronatus*) en zona de monte de la provincia de Mendoza, Argentina. *Nótulas Faunísticas* 314: 1-8.
- Chevallier, C., Hernández-Matías, A., Real, J., Vincent-Martin, N., Ravayrol, A., and Besnard, A. (2015). Retrofitting of power lines effectively reduces mortality by electrocution in large birds: an example with the endangered Bonelli's eagle. *Journal of Applied Ecology*, 52(6), 1465-1473.
- Cossa, N.A., Fasola L., Roesler I., Diéguez H., and Rebores, J.C. (en revisión). Habitat Use by Threatened Sheldgeese (*Chloephaga* Spp.) in Austral Patagonia at Two Spatial Scales.
- Davy, C. M., Ford, A. T., and Fraser, K. C. (2017). Aeroconservation for the fragmented skies. *Conservation Letters*, 10(6), 773-780. <https://doi.org/10.1111/conl.12347>.
- Demeter, I., Horváth, M., Nagy, K., Görögh, Z., Tóth, P., Bagyura, J., Solt, S., Kovács, D., Dwyer, J. F. and Harness, R. E. (2018). Documenting and reducing avian electrocutions in Hungary: a conservation contribution from citizen scientists. *The Wilson Journal of Ornithology*, 130(3), 600-614.
- Dixon, A. (2016). Preventing the Electrocution of Birds on Power Infrastructure. [https://iaf.org/documents/electrocution\\_booklet3\\_LR.PDF](https://iaf.org/documents/electrocution_booklet3_LR.PDF).
- Dixon, A., Bold, B., Tzolmonjav, P., Galtbalt, B., and Batbayar, N. (2018). Efficacy of a mitigation method to reduce raptor electrocution at an electricity distribution line in Mongolia. *Conservation Evidence*, 15, 50-53.
- Dixon, A., Rahman, M. L., Galtbalt, B., Bold, B., Davaasuren, B., Batbayar, N., and Sugarsaikhan, B. (2019). Mitigation techniques to reduce avian electrocution rates. *Wildlife Society Bulletin*, 43(3), 476-483.
- Dixon, A., Rahman, M. L., Galtbalt, B., Gunga, A., Sugarsaikhan, B., and Batbayar, N. (2017). Avian electrocution rates associated with density of active small mammal holes and power-pole mitigation: implications for the conservation of threatened raptors in Mongolia. *Journal for Nature Conservation*, 36, 14-19.
- Dolbeer, R. A., Begier, M. J., Miller, P. R., Weller, J. R., and Anderson, A. L. (2019). Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States 1990-2018. Washington, DC: United States Department of Transportation Federal Aviation Administration.
- Drewitt, A. L., and Langston, R. H. (2008). Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 233-266.
- Dwyer, J. F., Harness, R. E., and Donohue, K. (2014). Predictive model of avian electrocution risk on overhead power lines. *Conservation Biology*, 28(1), 159-168. <https://doi.org/10.1111/cobi.12145>.

- Dwyer, J. F., Harness, R. E., and Eccleston, D. (2017). Avian electrocutions on incorrectly retrofitted power poles. *Journal of Raptor Research*, 51(3), 293-304.  
<https://doi.org/10.3356/jrr-16-93.1>.
- Dwyer, J. F., Harness, R. E., Gerber, B. D., Landon, M. A., Petersen, P., Austin, D. D., ... and Eccleston, D. (2016). Power pole density informs spatial prioritization for mitigating avian electrocution. *The Journal of Wildlife Management*, 80(4), 634-642.  
<https://doi.org/10.1002/jwmg.1048>.
- Dwyer, J. F. (2016). Testing a supplemental perch designed to prevent raptor electrocution on electric power poles. *Northwestern Naturalist*, 97(1), 1-6. <https://doi.org/10.1898/1051-1733-97.1.1>.
- Dwyer, J. F., Kratz, G. E., Harness, R. E., and Little, S. S. (2015). Critical dimensions of raptors on electric utility poles. *Journal of Raptor Research*, 49(2), 210-216.  
<https://doi.org/10.3356/0892-1016-49.2.210>.
- Dwyer, J. F., and Leiker, D. L. (2012). Managing nesting by Chihuahuan ravens on H-frame electric transmission structures. *Wildlife Society Bulletin*, 36(2), 336-341.  
<https://doi.org/10.1002/wsb.129>.
- Ferguson-Lees, J. and Christie, D. A. (2001). *Raptors of the World*. Boston, MA, USA: Houghton Mifflin Co.
- Ferrer, M. (2012). Aves y tendidos eléctricos. *Del conflicto a la solución*. Endesa SAy Fundación Migres, Sevilla.
- Ferrer, M., de la Riva, M., and Castroviejo, J. (1991). Electrocution of raptors on power lines in southwestern Spain (Electrocución de rapaces en tendidos eléctricos del suroeste de España). *Journal of Field Ornithology*, 181-190.
- Ferrer, M., de la Riva, M., and Castroviejo, J. (1991). Electrocution of raptors on power lines in southwestern Spain (Electrocución de rapaces en tendidos eléctricos del suroeste de España). *Journal of Field Ornithology*, 181-190.
- Fidlóczy, J., Bagyura, J., Nagy, K., Szitta, T., Haraszthy, L., and Tóth, P. (2014). Bird conservation on electric-power lines in Hungary: Nest boxes for saker falcon and avian protection against electrocutions. Projects' report. *Slovak Raptor Journal*, 8(2), 87-95.  
<https://doi.org/10.2478/srj-2014-0010>.
- Galmes, M. A., Sarasola, J. H., Grande, J. M., and Vargas, F. H. (2018). Electrocution risk for the endangered Crowned Solitary Eagle and other birds in semiarid landscapes of central Argentina. *Bird Conservation International*, 28(3), 403-415.  
<https://doi.org/10.1017/S0959270917000272>.
- González, L. M., Margalida, A., Manosa, S., Sánchez, R., Oria, J., Molina, J. I., ... and Prada, L. (2007). Causes and spatio-temporal variations of non-natural mortality in the vulnerable

- Spanish imperial eagle *Aquila adalberti* during a recovery period. *Oryx*, 41(4), 495-502. <https://doi.org/10.1017/S0030605307414119>.
- Guil, F., Fernández-Olalla, M., Moreno-Opo, R., Mosqueda, I., Gómez, M. E., Aranda, A., ... and Margalida, A. (2011). Minimising mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of spatial aggregation to optimize the application of mitigation measures. *Plos one*, 6(11), e28212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028212>.
- Guil, F., Soria, M. Á., Margalida, A., and Pérez-García, J. M. (2018). Wildfires as collateral effects of wildlife electrocution: An economic approach to the situation in Spain in recent years. *Science of the total environment*, 625, 460-469. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.242>.
- Haas, D., Nipkow, M., Fiedler, G., Schneider, R., Haas, W., and Schürenberg, B. (2003). Protecting birds from powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. In *BirdLife International. Report on behalf of the Bern Convention to the Standing Committee of the Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*, 23. Meeting Strasbourg (pp. 1-4).
- Harness, R. E. (2004). Bald Eagle *Haliaeetus leucocephalus* electrocutions in Alaska and Florida- a comparison of retrofitting measures. *Raptors worldwide: proceedings of the 6th World Conference on Birds of Prey and Owls. World Working Group on Birds of Prey, Berlin, and MME-BirdLife Hungary, Budapest, Hungary* (pp. 429-435).
- Harness, R. E., and Carlton, R. (2001). New solutions for bird collision and electrocution outage problems. In *2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings* (Vol. 1, pp. 341-354). IEEE. <https://doi.org/10.1109/pesw.2001.917060>.
- Harness, R. E., and Wilson, K. R. (2001). Electric-utility structures associated with raptor electrocutions in rural areas. *Wildlife Society Bulletin*, 612-623.
- Harness, R., Gombobaatar, S., and Yosef, R. (2008). Mongolian distribution power lines and raptor electrocutions. *2008 IEEE Rural Electric Power Conference* (pp. C1-C1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/REPCON.2008.4520137>.
- Helm, D., and Hepburn, C. (2012). The economic analysis of biodiversity: an assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 28(1), 1-21. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grs014>.
- Hernández-Lambraño, R. E., Sánchez-Agudo, J. Á., and Carbonell, R. (2018). Where to start? Development of a spatial tool to prioritise retrofitting of power line poles that are dangerous to raptors. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2685-2697. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13200>.
- Hernández-Matías, A., Real, J., Parés, F., and Pradel, R. (2015). Electrocution threatens the viability of populations of the endangered Bonelli's eagle (*Aquila fasciata*) in Southern Europe. *Biological Conservation*, 191, 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.028>.

- Davis, G. (2002). A Roadmap for PIER Research on Avian Power Line Electrocution in California.
- Ibarra, J., and De Lucca, E. (2015). Águilas moras (*Geranoaetus melanoleucus*), víctimas de electrocución en Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. *Nótulas Faunísticas*, 176(2015), 1-7.
- IUCN. (2020). "The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1." <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 19 March 2020.
- Janss, G. F.E., and Ferrer, M. (2001). Avian Electrocution Mortality in Relation to Pole Design and Adjacent Habitat in Spain. *Bird Conservation International* 11 (1): 3–12. <https://doi.org/10.1017/S0959270901001022>.
- Janss, G. F., and Ferrer, M. (1999). Mitigation of raptor electrocution on steel power poles. *Wildlife Society Bulletin*, 263-273.
- Janss, G. F. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95(3), 353-359. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00021-5).
- Kolnegari, M., Conway, G. J., Basiri A. A., Panter, C. T., Hazrati, M., Rafiee, M. S., Ferrer, M. and Dwyer, J. F. (2020). Electrical Components Involved in Avian-Caused Outages in Iran. *Bird Conservation International*, 1–15. <https://doi.org/10.1017/s0959270920000507>.
- Krüger, R., Maritz, A., and van Rooyen, C. (2004). Vulture electrocutions on vertically configured medium voltage structures in the Northern Cape Province, South Africa. *Chancellor, RD, and Meyburg, B.–U. (Eds.), Raptors Worldwide. World Working Group on Birds of Prey and Owls, Berlin, Germany, and MME/BirdLife Hungary, Budepest*, 437-41.
- Labraga, J. C., and Villalba, R. (2009). Climate in the Monte Desert: past trends, present conditions, and future projections. *Journal of Arid Environments*, 73(2), 154-163.
- Lambertucci, S. A., Alarcón, P. A., Hiraldo, F., Sanchez-Zapata, J. A., Blanco, G., and Donázar, J. A. (2014). Apex scavenger movements call for transboundary conservation policies. *Biological Conservation*, 170, 145-150. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.041>.
- Lambertucci, S. A., Shepard, E. L., and Wilson, R. P. (2015). Human-wildlife conflicts in a crowded airspace. *Science*, 348(6234), 502-504.
- Lehman, Robert N., and Justin S. Barrett. (2002). Raptor Electrocutions and Associated Fire Hazards in the Snake River Birds of Prey National Conservation Area. *BLM Library*.
- Lehman, R. N., Kennedy, P. L., and Savidge, J. A. (2007). The state of the art in raptor electrocution research: a global review. *Biological conservation*, 136(2), 159-174. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.015>.
- Lois, N., F. Barbar, A. Quaglia, M. S. Rodríguez, and A. Capdevielle. (2010). Movimientos de Dispersión y Uso de Hábitat de Un Ejemplar de *Harpyhaliaetus Coronatus* Mediante El Uso

de Telemetría Satelital. *RAE, Buenos Aires*.

- Longcore, T., Rich, C., Mineau, P., MacDonald, B., Bert, D. G., Sullivan, L. M., ... and Drake, D. (2013). Avian mortality at communication towers in the United States and Canada: which species, how many, and where?. *Biological Conservation*, 158, 410-419. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.019>.
- López-López, P., Ferrer, M., Madero, A., Casado, E., and McGrady, M. (2011). Solving man-induced large-scale conservation problems: the Spanish imperial eagle and power lines. *PloS one*, 6(3), e17196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017196>.
- Loss, S. R., Will, T., and Marra, P. P. (2014). Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. *PloS one*, 9(7), e101565.
- Loss, S. R., Will, T., and Marra, P. P. (2015). Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46: 99–120.
- Lucca, E. R De. (1993). El águila coronada. Rapaces amenazadas. *Nuestras Aves* 29: 14–17.
- Maceda, J. J. (2007). Biology and conservation of the crowned eagle (*Harpyhaliaetus coronatus*) in Argentina. *El hornero*, 22(02), 159-171.
- Maceda, J. J., Sarasola, J. H., and Pessino, M. E. M. (2003). Presas consumidas por el águila coronada (*Harpyhaliaetus coronatus*) en el límite sur de su rango de distribución en Argentina. *Ornitología Neotropical*, 14, 419-422.
- Mañosa, S. (2001). Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation*, 10(11), 1997-2012. <https://doi.org/10.1023/A:1013129709701>.
- Matteucci, Silvia. (2012). Monte de Llanuras y Mesetas.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological conservation*, 127(3), 247-260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>.
- Mojica, E. K., Dwyer, J. F., Harness, R. E., Williams, G. E., and Woodbridge, B. (2018). Review and synthesis of research investigating Golden Eagle electrocutions. *The Journal of Wildlife Management*, 82(3), 495-506. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21412>.
- Mojica, E. K., Watts, B. D., Paul, J. T., Voss, S. T., and Pottie, J. (2009). Factors contributing to Bald Eagle electrocutions and line collisions on Aberdeen Proving Ground, Maryland. *Journal of Raptor Research*, 43(1), 57-61. <https://doi.org/10.3356/jrr-07-60.1>.
- Negro, J. J., and Ferrer, M. (1995). Mitigating measures to reduce electrocution of birds on power lines: a comment on Bevanger's review. *Ibis*, 137(3), 423-424. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1995.tb08045.x>.
- Nichols, K. S., Homayoun, T., Eckles, J., and Blair, R. B. (2018). Bird-building collision risk: An

- assessment of the collision risk of birds with buildings by phylogeny and behavior using two citizen-science datasets. *PloS one*, 13(8), e0201558.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201558>.
- Nikolenko E G. (2011). Negative Impact of Developing the Infrastructure of the Mobile Phone Service. *Raptors Conservation* 22: 60–71.
- Olea, P. P., and Mateo-Tomás, P. (2013). Assessing species habitat using Google Street View: a case study of cliff-nesting vultures. *PLoS One*, 8(1), e54582.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054582>.
- Pérez-García, J. M., DeVault, T. L., Botella, F., and Sánchez-Zapata, J. A. (2017). Using risk prediction models and species sensitivity maps for large-scale identification of infrastructure-related wildlife protection areas: The case of bird electrocution. *Biological Conservation*, 210, 334-342. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.033>.
- Perrings, C., Folke, C., and Mäler, K. G. (1992). The ecology and economics of biodiversity loss: the research agenda. *Ambio* (3), 201-211. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(93\)90513-z](https://doi.org/10.1016/0006-3207(93)90513-z).
- Prinsen, H.A.M., Smallie, J.J., Boere, G.C., and Pires, N. (2012). Guidelines on How to Avoid or Mitigate Impact of Electricity Power Grids on Migratory Birds in the African-Eurasian Region. *CMS Technical Series No. 29, AEWA Technical Series No. 50, CMS Raptors MOU Technical Series No. 3*. 9 (UNEP/CMS/Conf.10.30/Rev.2): 1–43.
- Real, J., Grande, J. M., Mañosa, S., and Sánchez-Zapata, J. A. (2001). Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* in Spain. *Bird study*, 48(2), 221-228.  
<https://doi.org/10.1080/00063650109461221>.
- Rebolo-Ifrán, N., Grilli, M. G., and Lambertucci, S. A. (2019). Drones as a threat to wildlife: YouTube complements science in providing evidence about their effect. *Environmental Conservation*, 46(3), 205-210. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000080>.
- Rubolini, D., Bassi, E., Bogliani, G., Galeotti, P., and Garavaglia, R. (2001). Eagle Owl *Bubo bubo* and power line interactions in the Italian Alps. *Bird Conservation International*, 11(4), 319-324. <https://doi.org/10.1017/S0959270901000363>.
- Sarasola, J. H., and Maceda, J. J. (2006). Past and current evidence of persecution of the endangered crowned eagle *Harpyhaliaetus coronatus* in Argentina. *Oryx*, 40(3), 347-350.  
<https://doi.org/10.1017/S0030605306001013>.
- Sarasola, J. H., Galmes, M. A., and Watts, B. D. (2020). Electrocution on power lines is an important threat for the endangered Chaco Eagle (*Buteogallus coronatus*) in Argentina. *Journal of Raptor Research*, 54(2), 166-171. <https://doi.org/10.3356/0892-1016-54.2.166>.
- Sarasola, J. H., and Zanón-Martínez, J. I. (2017). Electrocución de aves en líneas eléctricas: la muerte silenciosa de las grandes rapaces. *Informe Ambiental 2017*, 219-230.

- Shobrak, M. (2012). Electrocution and collision of birds with power lines in Saudi Arabia: (Aves). *Zoology in the Middle East*, 57(1), 45-52.  
<https://doi.org/10.1080/09397140.2012.10648962>.
- Škorpíková, V., Hlaváč, V., and Křápek, M. (2019). Bird mortality on medium-voltage power lines in the Czech Republic. *Slovak Raptor Journal*, 13(1), 27-44. <https://doi.org/10.2478/srj-2019-0007>.
- Tintó, A., Real, J., and Manosa, S. (2001). Avaluació del risc d'electrocució d'aus en línies elèctriques situades a Sant Llorenç del Munt i rodalies. V *Trobada d'estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. Monografies*, 35, 129-133.
- Tintó, A., Real, J., and Mañosa, S. (2005). A classification method of power lines to prevent forest fires caused by bird electrocution. In *II International Conference on prevention strategies of fires of Southern Europe. Barcelona*, 09-11.
- Tintó, A., Real, J., and Mañosa, S. (2010). Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean areas. *The Journal of Wildlife Management*, 74(8), 1852-1862.  
<https://doi.org/10.2193/2009-521>.
- Urios, V., Donat-Torres, M. P., Bechard, M., and Ferrer, M. (2014). Movements of a juvenile Crowned Eagle (*Harpohaliaetus coronatus*) tracked by satellite telemetry in central Argentina. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 21(1), 1-6.  
<https://doi.org/10.1186/2241-5793-21-12>.
- Vas, E., Lescroël, A., Duriez, O., Boguszewski, G., and Grémillet, D. (2015). Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. *Biology letters*, 11(2), 20140754.  
<https://doi.org/10.1098/rsbl.2014.0754>.
- Womack, A. M., Bohannon, B. J., and Green, J. L. (2010). Biodiversity and biogeography of the atmosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1558), 3645-3653. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0283>.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la empresa EDESTE por compartir con nosotros su base de datos, especialmente a José De Angelis, quien siempre estuvo dispuesto a contestar cualquier consulta. También quiero darle mis agradecimientos a Andrés Capdevielle, quien fue nexa con la empresa EDESTE y compartió sus saberes sobre el comportamiento del águila coronada.

A Mercedes Val, quien aportó en la idea principal del trabajo que fue fundamental para la realización de esta tesis.

A Nico que pasó horas enseñándome a usar el ArcGIS.

A Nati que aunque su internet fallaba, ella siempre estaba disponible para responderme todas las dudas.

A mi tutor, Roberto Bó, también siempre muy atento a todas mis preguntas, hasta cuando no necesariamente eran su responsabilidad.

A mi familia y a mis amigos que también son familia, por todo el amor, expresado de mil formas distintas. Esa gente que por mas que se vaya, nunca se va. Especialmente a mi papa y mi mama que me criaron increíblemente feliz y con muchos sueños que cumplir.

A las miles de personas y situaciones que me he cruzado y han aportado a quien soy.

Al universo por darme todo.

## 7. ANEXO

ID	Distribuidor	Tipo	% cemento	Tipos de poste	P de postes	Distancia entre postes (m)	Largo total (m)	N° postes	P <sub>L</sub>
linea1	E06/02 DIST C COLONIA JAPONESA	T	0,8	pm: 5// pc: 7 + 1 + 13	3//5+3+3	60	30370	506	4.6
linea2	CA 18/01 DIST M EL MINISTRO	M	0	pm: 2	0	100	7830	78	0
linea3	CA 17/01 DIST M LA GLORIOSA	M	0,5	pm: 2	0	130	217930	1676	0
linea4	CA 13/01 DIST M CALLE CORDON M	M	0	pm: 2	0	100	99450	995	0
linea5	CA 10/01 DIST M LOS RODRIGUEZ	M	0	pm: 2	0	100	51350	514	0
linea6	CA 06/01 DIST M LA CIENEGUITA	M	0	pm: 2	0	150	163740	1092	0
linea7	E05/04 DIST C RECOARO	T	0,8	pm: 5// pc: 7 + 1 + 13	3//5+3+3	60	80720	1345	4.6
linea8	CA 11/01 DIST M LA TULUNGA	M	0	pm: 2	0	130	21900	168	0
linea9	CA 04/01 DIST M TALAVERA	M	0	pm: 2	0	150	20360	136	0

linea10	CA 05/01 DIST M SAN ISIDRO	M	0	pm: 2	0	130	31480	242	0
linea11	E04/02 DIST C COLONIA SAN JORGE	T	0,9	pm: 5// pc: 7 + 1 + 13	3//5+3+3	60	57620	960	4.8
linea12	CA 34/01 DIST M CARRIL SAN PEDRO	M	0	pm: 2	0	150	17660	118	0
linea13	CA 07/01 DIST M ARROYITO	M	0,1	pm: 2	0	130	69760	537	0
linea14	CA 03/01 DIST M SAN MIGUEL ARROYITO	M	0	pm: 2	0	100	78560	786	0
linea15	CDM 01/01 DIST M EL PUERTO SAN MIGUEL	M	0	pm: 2	0	100	39500	395	0
linea16	CA 22/01 DIST M EL CHALET	M	0,05	pm: 2	0	150	94060	627	0
linea17 -19	E06/04 DIST C BENEDETTI	B	0	pm: 8	3	180	5760	9	3
linea20	CA 21/01 DIST M LA PRIMAVERA	M	0	pm: 2	0	200	47780	239	0
linea21	CA 20/01 DIST M RODAN	M	0	pm: 2	0	160	19860	124	0
linea22	CA 19/01 DIST M EL LECHUCITO	M	0	pm: 2	0	200	68010	338	0
linea23	CA 14/01 DIST M LAS CHACRITAS SUR	M	0	pm: 2	0	190	12210	52	0
linea24	E06/03 DIST C PENAFLO	T	0,63	pm: 3 // pc: 1	1//3	80	39320	376	2.26
linea25	E04/01 DIST C PARRALES MENDOCINOS	T	0,76	pm: 3 + 5 // pc: 1 // pcd: 17	1+3//3//4	100	13490	133	3.05
linea26	E03/04 DIST C SANMARTINO	T	0,36	pm: 3 + 5 // pc: 7 + 4	1+3//5+2	100	2300	22	3.72
linea27	E03/04 DIST C SANMARTINO	T	0,12	pm: 3 + 5 // pc: 7 + 4	1+3//5+2	80	9000	113	3.03
linea28	E03/04 DIST C SANMARTINO	M	0	pm: 2	0	175	3750	21	0
linea29	E03/04 DIST C SANMARTINO	T	0,06	pm: 3 // pc: 4	1//2	80	6260	78	1.06
linea30	E03/04 DIST C SANMARTINO	T	0	pm: 3	1	80	1930	24	1
linea31	CA 08/01 DIST M NACUNAN	M	0	pm: 2	0	189	158530	837	0
linea32	E05/03 DIST C BALDE PIEDRA	T	0,93	pm: 5// pc: 1	3//3	100	14940	149	3
linea33	CA 01/01 DIST M ASUNCION	M	0	pm: 2	0	170	51510	279	0

linea34	CA 33/01 DIST M EL RETIRO	M	0	pm: 2	0	140	70770	506	0
linea35	CA 02/01 DIST M LA ZAMPA	M	0	pm: 2	0	190	15760	76	0
linea36	CA 12/01 DIST M CAMINO VIEJO LA PAZ	M	0	pm: 2	0	160	19620	123	0
linea37-45	CA 31/01 DIST M EL BARROSO	M	0	pm: 2	0	175	130980	748	0
linea46	E16/01 DIST C PUNTA DE AGUA	T	0	pm: 11	2	90	760	8	2
linea47	E16/01 DIST C PUNTA DE AGUA	T	0	pm: 11	2	90	1300	14	2
linea48	E16/01 DIST C PUNTA DE AGUA	T	0	pm: 11 + 12	3+2	70	970	14	3
linea49	E16/01 DIST C PUNTA DE AGUA	T	0,07	pm: 11 // pc: 13	2//3	70	56680	810	2.07
linea50	CA 30/01 DIST M CANALEJAS SUR	M	0	pm: 2	0	180	94050	523	0
linea51	E16/02 DIST C BOWEN CANALEJA	B	0	pm: 8	3	80	7790	97	3
linea52	CDM 02/01 DIST M JOAQUIN MANUEL	M	0	pm: 2	0	190	7410	39	0
linea53	CDM 04/01 DIST M MORALO	M	0	pm: 2	0	190	3250	22	0
linea54	CDM 03/01 DIST M MORAHUE	M	0	pm: 2	0	160	960	6	0
linea55	CA 29/01 DIST M LA MORA SUR	M	0	pm: 2	0	180	33480	186	0
linea56	CA 28/01 DIST M LA MORA NORTE	M	0	pm: 2	0	190	47670	251	0
linea57	CA 25/01 DIST M RUTA 188 C.DE LORCA	M	0	pm: 2	0	200	195390	977	0
linea58	CA 26/01 DIST M LOS HUARPES	M	0	pm: 2	0	175	69530	397	0
linea59	E16/02 DIST C BOWEN CANALEJA	B	0	pm: 8	3	160	3360	21	3
linea60	CDM 05/01 DIST M PAPA	M	0	pm: 2	0	150	440	3	0
linea61	E16/02 DIST C BOWEN CANALEJA	M	0	pm: 2	0	175	720	4	0
linea62	CA 27/01 DIST M ANTENAS	B	0,05	pm: 8 // pc: 9	3//4	65	2680	41	3.05

linea63	CA 24/02 DIST M MCOMAN LA HORQUETA	M	0	pm: 2	0	180	301440	1675	0
linea64	CA 23/01 DIST M OVEJERIA	M	0	pm: 2	0	158	46550	295	0
linea65	CA 24/01 DIST M MCOMAN CORRAL	M	0	pm: 2	0	190	94820	499	0
linea66	E16/02 DIST C BOWEN CANALEJA	T	0,06	pm: 11 // pc: 13 + 14	2//3	75	97530	1300	2.06
linea67	E06/04 DIST C BENEDETTI	T	0,03	pm: 16 // pmd: 15 // pc: 13	1//2//3	135	36850	273	1.13
linea68	ALIM 04 ALIMENTADOR REALMONTE	T	0,12	pm: 11 // pc: 13	2//3	80	28090	351	2.12
linea69	E06/04 DIST C BENEDETTI	T	0,66	pm: 5 + 11 // pc: 7 + 1	3+2//5+3	60	6990	61	4.32
linea70	E04/04 DIST C CALLE CORDON	T	0,46	Pm: 5 // pc: 10	3//2	103	28130	273	2.54
linea71	E05/02 DIST C CALLE HERRERA	T	0,84	pm: 5// pc: 7 + 1 + 13	3//5+3+3	100	13460	118	4.68
linea72	CA 32/01 DIST M EL ALTILLO	M	0	pm: 2	0	120	13390	112	0
linea73	E05/01 DIST C MIRADOR	T	0,5	pm: 5 // pc: 6	3//4	90	13030	145	3.5
linea74	E14/04 DIST C JARILLAL	T	0,52	pm: 5 // pc: 6	3//4	90	47840	480	3.52
linea75	E14/03 DIST C DEL CARRIL	T	0,34	pm: 5// pc: 1+6	3//3+4	80	12490	156	3
linea76	INTER 11 DIST C BENEGAS	T	0,26	pm: 5 // pc: 6	3//4	83	7580	91	3.26

Tabla 0: Tabla que contiene toda la información pertinente de cada línea. Siendo ID el nombre de identificación utilizado para cada una; DISTRIBUIDOR la identificación utilizada por la empresa; TIPO la cantidad de fases que lleva cada una (siendo M: monofilar, B: bifilar, T: trifilar); % CEMENTO el porcentaje de postes de cemento; TIPOS DE POSTES los postes identificados en la línea (siendo pm y pmd: los postes de madera, pc y pcd: los postes de cemento); P DE POSTES el valor de peligrosidad representado por cada tipo de poste; DISTANCIA ENTRE POSTES es la distancia promedio encontrada entre postes; LARGO TOTAL es la longitud de cada línea; N° POSTES es la cantidad de postes en cada línea; y por último, P<sub>L</sub> es el valor de peligrosidad asociado a cada línea.



Gral. San Martín, 06 de enero de 2020

Delegado Zona Este  
Dirección Recursos Naturales Renovables  
Sr. Fabricio Magistretti  
S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

**REF: Informe de Mitigación de pararrayos en líneas eléctricas**

De nuestra consideración y con relación a vuestra solicitud, envío informe correspondiente:

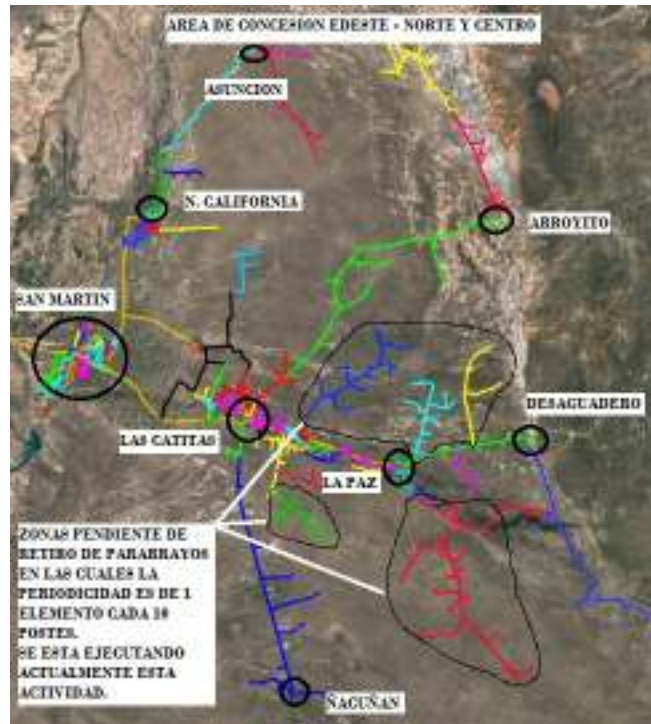
- 1) Con fecha 11/06/2018 recibimos reclamo de la Dirección de Recursos Naturales Renovables, por la electrocución de aves rapaces, seguido a estos se realizó una evaluación de lo sucedido, la cual concluyó en que el diseño de la LMRT construida por el Gobierno de Mendoza (PROSAP) en el año 2011 y transferida a EDESTE para el servicio público, tiene protecciones atmosféricas (pararrayos) cada 10 postes, 5 postes y en algunos casos en todos los soportes, lo que genera un riesgo potencial de electrocución a las aves de gran tamaño. La decisión, implementada por EDESTE en la referida LMRT, fue eliminar los mencionados pararrayos.

Estas acciones preventivas se comenzaron a ejecutar el 14/06/2018 en todas las LMRT del área de concesión de EDESTE, pero se presentaron varios atenuantes que dificultaron el avance acelerado de las tareas:

- La gran cantidad de kilómetros de líneas existentes.
  - La cantidad y frecuencia de pararrayos instalados.
  - Los cortes de servicio que hay que se tuvieron que realizar para el retiro de los mismos, no pueden superar los 240 minutos por día según reglamentación del EPRE.
  - Los mismos cortes de servicio fueron tratados con precaución ya que no es recomendable que sean tan reiterados en el transcurso de una semana.
- 2) Se envía copia del programa de mitigación presentado en esa instancia.

<b>PLAN DE MITIGACION PROTECCION ATMOSFERICA</b>			
<b>TIPO DE LINEA</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>KM</b>	<b>CANT. ELEMENTOS</b>
Monofilar	Zona Sur	758.77	2987.25
Monofilar	Zona Centro	151,82	547,25
Monofilar	Zona Norte	284,18	991.54
<b>TOTAL</b>		<b>1.194.77</b>	<b>4.526,04</b>
<b>EL RETIRO DE LOS MISMO SE HARA A UN RITMO DE 200 POR MES</b>			

- 3) Se informa que ya se modificó la estructura de los soportes de estos tipos de líneas, a fin de eliminar la posibilidad de que se repitan situaciones similares.
- 4) Se envía imágenes del área de concesión de EDESTE, donde se remarcan las zonas donde se estaría trabajando para concluir con la actividad.
  - Zona Norte y Centro



- Zona Sur





- 5) Se adjunta programa de mitigación actualizado.

PLAN DE MITIGACION PROTECCION ATMOSFERICA			
TIPO DE LINEA	UBICACIÓN	KM	CANT. ELEMENTOS
Monofilar	Zona Sur	175	689
Monofilar	Zona Centro	45	132
Monofilar	Zona Norte		FINALIZADO
<b>TOTAL</b>		<b>220</b>	<b>821</b>

- 6) Se informa que los elementos mencionados se encuentran en su totalidad desvinculados con respecto a tierra, vale decir que por más que la estructura está instalada, los mismos ya no cumplen la función para la cual fueron diseñados. Esta acción se determinó para evacuar el riesgo de electrocución y al mismo tiempo se ejecutaban las tareas de retiro definitivo.

Sin otro particular lo saluda atentamente.

José De Angeli

UDI - EDESTE S.A.

Avda. Boulonge Sur Mer 490

San Martín - Mendoza CP 5570

Tel +54 (263) 4439100 - Int. 165

Cel +54 (263) 4774705

[jdeangeli@edeste.com.ar](mailto:jdeangeli@edeste.com.ar)

[www.edeste.com.ar](http://www.edeste.com.ar)