



Impacte de les infraestructures elèctriques sobre l'avifauna a la Vall del Ridaura

Avaluació de riscos i proposta de mesures correctores

Estudiant: Oriol Román Carré

Correu electrònic: oriol.roman01@gmail.com

Grau en Biologia

Tutor: Dr. Josep Maria Bas Lay

Correu electrònic: josep.bas@udg.edu

Empresa/Institució: Departament de Ciències Ambientals, Universitat de Girona

Data de dipòsit de la memòria a través de la plataforma de TFG: 3 de juliol de 2024

ÍNDEX

RESUM.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
REFLEXIONS.....	6
REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE	6
1. INTRODUCCIÓ.....	7
1.1. Infraestructures elèctriques i ocells	7
1.2. Context geogràfic	11
2. OBJECTIVES.....	12
3. METODOLOGIA.....	13
3.1. Cartografia i perillositat de les línies elèctriques.....	13
3.2. Anàlisi preliminar de retirada de restes.....	16
4. RESULTATS i DISCUSSIÓ.....	18
4.1. Cartografia de les línies elèctriques	18
4.2. Valors de perillositat.....	20
4.3. Proposta de mesures correctores	26
4.4. Experiment de retirada de cadàvers	29
5. CONCLUSIONS.....	32
6. BIBLIOGRAFIA	34

RESUM

La Vall del Ridaura, compresa entre els municipis de Santa Cristina d'Aro, Castell-Platja d'Aro i Sant Feliu de Guíxols, a la comarca del Baix Empordà, i Llagostera a la comarca del Gironès, té el seu paisatge modificat per infraestructures elèctriques que sovint presenten un enorme perill per l'avifauna present a aquest territori. Aquests ocells, poden col·lisionar o electrocutar-se amb aquestes estructures si no presenten mesures per mitigar o eliminar aquest impacte. Els ocells més damnificats per aquesta problemàtica solen ser ocells de gran envergadura com rapinyaires, gavians, Ceiconiformes o fins i tot ocells lligats a les masses d'aigua.

A través d'aquest estudi es vol donar un valor numèric que indiqui la perillositat de cada línia elèctrica per, d'aquesta manera, proposar mesures correctores que vagin de la mà amb la perillositat i prioritzar-les segons la tipologia de cada suport elèctric. Durant els mesos de gener, febrer i març, s'han mostregat un total de 816 suports elèctrics dins l'àrea d'estudi buscant indicis d'electrocució (cadàvers o restes animals) i categoritzant suport per suport, geolocalitzant-les i fotografiant-les.

D'altra banda, s'ha vist que la Vall del Ridaura és una zona on, en general, els suports no estan aïllats ni presenten mesures de correcció i que s'haurien d'invertir molts recursos per part de les empreses que gestionen aquestes infraestructures per reduir el risc d'electrocució sobre l'avifauna salvatge. De les 52 línies mostregades, 35 es consideren no perilloses mentre que 17 serien perilloses. Traduït a quilòmetres, gairebé 73 km de línies amb suports no perillosos i 10.5 km de línies amb suports perillosos.

Per últim, les evidències d'electrocucions han estat poques, només tres, ja que molts mamífers oportunistes poden aprofitar aquests camins sota línia per buscar aliment sense que els suposi un gran esforç. És per això que s'ha dut a terme un estudi paral·lel i complementari per ajustar aquest valor, que es considera molt esbiaixat del real, i poder fer una estimació del temps que passa entre que un ocell s'electrocuta i un carronyaire el depreda. S'han col·locat un total de setze esquers sota quatre línies elèctriques i s'ha comprovat que hi ha una retirada del 94% passats sis dies. A més, s'han posat un total de 5 càmeres de trampeig fotogràfic en diferents punts per saber quins animals són els més propensos a tenir aquest comportament oportunista.

RESUMEN

La Vall del Ridaura, comprendida entre los municipios de Santa Cristina de Aro, Castell-Platja d'Aro i Sant Feliu de Guíxols, en la comarca del Baix Empordà, y Llagostera en la comarca del Gironès, tiene su paisaje modificado por infraestructuras eléctricas que a menudo presentan un enorme peligro por la avifauna presente en este territorio. Estos pájaros pueden colisionar o electrocutarse con estas estructuras si no presentan medidas para mitigar o eliminar este impacto. Los pájaros más damnificados por esta problemática suelen ser pájaros de gran envergadura como rapaces, gaviotas, Ceiconiformes o incluso pájaros ligados a las masas de agua.

A través de este estudio se quiere dar un valor numérico que indique la peligrosidad de cada línea eléctrica para, así, proponer medidas correctoras que vayan de la mano con la peligrosidad y priorizarlas según la tipología de cada soporte. Durante los meses de enero, febrero y marzo, se han muestreado un total de 816 soportes eléctricos dentro del área de estudio buscando indicios de electrocución (cadáveres o restos animales) y categorizando soporte por soporte, geolocalizándolas y fotografiándolas.

Por otra parte, se ha visto que el Valle del Ridaura es una zona donde, en general, las torres no están aisladas ni presentan medidas de corrección y que deberían invertirse muchos recursos por parte de las empresas que gestionan estas infraestructuras para reducir el riesgo de electrocución sobre la avifauna salvaje. De las 52 líneas muestreadas, 35 se consideran no peligrosas mientras que 17 serían peligrosas. Traducido a kilómetros, casi 73 km de líneas tendrían soportes no peligrosos y 10.5 km de líneas con soportes peligrosos.

Por último, las evidencias de electrocuciones han sido pocas, sólo tres, puesto que muchos mamíferos oportunistas pueden aprovechar estos caminos bajo línea para buscar alimento sin que les suponga un gran esfuerzo. Es por ello que se ha llevado a cabo un estudio paralelo y complementario para ajustar este valor, que se considera muy sesgado de lo real, y poder hacer una estimación del tiempo que pasa entre que un pájaro se electrocuta y un carroñero depreda. Se han colocado un total de dieciséis cebos bajo cuatro líneas eléctricas i se ha comprobado que pasados 6 días el 94% de estos cebos han sido depredados. Además, se han puesto un total de 5 cámaras de trapeo fotográfico en distintos puntos para saber qué animales son los más propensos a tener este comportamiento oportunista.

ABSTRACT

The Vall del Ridaura, between the municipalities of Santa Cristina de Aro, Castell-Platja d'Aro, Sant Feliu de Guíxols in the Baix Empordà region and Llagostera in the Gironès region, has its landscape modified by electrical infrastructures that often present an enormous danger for the birdlife present in this area. These birds can collide or be electrocuted by these structures if there are no measures to mitigate or eliminate this impact. The birds most affected by this problem are usually large birds such as birds of prey, gulls, Ciconiiformes or even birds linked to bodies of water.

The aim of this study is to give a numerical value indicating the danger of each power line in order to propose corrective measures that go hand in hand with the danger and prioritize them according to the type of each support. During the months of January, February and March, a total of 816 electrical supports were sampled within the study area, looking for signs of electrocution (carcasses or animal remains) and categorizing support by support, geolocating and photographing them.

On the other hand, it has been seen that the Vall del Ridaura is an area where, in general, the pylons are not isolated and do not have corrective measures and that many resources should be invested by the companies that manage these infrastructures to reduce the risk of electrocution on wild birds. Of the 52 lines sampled, 35 are considered non-dangerous while 17 would be dangerous. Translated into kilometers, almost 73 km of lines would have non-dangerous supports and 10.5 km of lines with dangerous supports.

Finally, there was little evidence of electrocutions, only three, as many opportunistic mammals can take advantage of these below-line paths to forage for food without much effort. This is why a parallel and complementary study has been carried out to adjust this value, which is considered to be very biased from the real one, and to be able to estimate the time that passes between a bird being electrocuted and a scavenger foraging. A total of sixteen baits were placed under four power lines and it was found that after 6 days 94% of these baits had been depredated. In addition, a total of 5 photographic trapping cameras have been placed at different points to find out which animals are most prone to this opportunistic behavior.

REFLEXIONS

REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE

Un dels objectius d'aquest estudi és vetllar per la protecció dels ocells minimitzant l'impacte de les infraestructures elèctriques. És per això que l'ètica en aquest cas és un pilar fonamental i calen uns suports elèctrics més respectuosos amb els diferents elements que conformen l'estructura del medi. Per altra banda, totes les dades recollides en aquest treball segueixen criteris científics, són reals i fiables sense cap tipus de manipulació. En relació a les càmeres de trampeig fotogràfic situades en diferents línies elèctriques, per dur a terme l'experiment de depredació, s'ha sigut molt meticulós per tal de minimitzar l'impacte sobre la fauna salvatge. Aquests dispositius no són detectats per la fauna i no pertorben la seva activitat normal donat que no utilitzen flaix ni llum visible i no es modifica tampoc l'hàbitat per instal·lar-les i realitzar les fotografies.

Durant el transcurs de l'estudi s'han tingut presents per desenvolupar la part de treball de camp alguns dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) proposats per les Nacions Unides tal com el 13: adoptar mesures per combatre el canvi climàtic i els seus efectes o l'objectiu número 15 que parla de la gestió sostenible dels boscos i aturar la pèrdua de biodiversitat entre d'altres. D'altra banda però, no ha estat possible desplaçar-se en transport públic per dur a terme els mostrejos per la inaccessibilitat de moltes de les línies elèctriques. A més del condicionant horari quan es feien les diferents visites al camp, al arribar a primera hora del matí, no permetia fer-ho amb aquest mitjà. No obstant, els desplaçaments s'han reduït tot el possible per tal de disminuir la petjada de carboni intentant mostrejar menys dies i durant més hores cada dia. Com que és un treball purament de camp, no s'ha fet ús de material d'un sol ús i els residus han estat zero. A més, els esquers utilitzats, colls i caps de pollastre, són considerats i tractats com un residu pels escorxadors ja que no tenen sortida comercial. Per últim, aquest estudi ajudarà a fer els suports elèctrics més sostenibles amb la proposta de mesures correctores per l'avifauna. Com a societat és imperatiu que posem el nostre granet de sorra per tal de minimitzar l'impacte que deixem al medi.

A aquest estudi no se li pot donar cap enfocament que faci referència a la perspectiva de gènere ja que s'ha treballat de manera molt autònoma i individual. Tot i així, és un tema important en la societat d'avui dia i que cal abordar per tal d'erradicar d'arrel les diferències entre homes i dones en l'àmbit laboral, social i econòmic. No es poden seguir acceptant diferències entre iguals ja que uns ens necessitem als altres.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Infraestructures elèctriques i ocells

En un context en què la població del nostre territori creix, són necessàries infraestructures per proveir als habitatges dels serveis bàsics com l'aigua o l'electricitat. Aquesta última, suposa distribuir una enorme xarxa de cablejats i suports que modifiquen el paisatge i creen un impacte ambiental visual molt gran. Segons Red Eléctrica Española (Pinós, 2009) és la manera on l'impacte és mínim, ja que soterrar les línies elèctriques suposa obrir una rassa de 15 metres d'ample per poder treballar, un fet que moltes vegades és inviable. Aquests cablejats, que són aeris en gairebé la majoria dels casos, estan subjectats per suports cada 400 o 500 metres si la línia és de molt alta tensió, o per suports cada 50 o 100 metres quan són de mitjana o baixa (ENDESA, 2017). A més, suposen un risc per a l'avifauna, ja que molts ocells moren a causa d'electrocucions o col·lisions. Aquests accidents estan a l'ordre del dia i des de fa uns anys científics, entitats ecologistes, polítics i companyies distribuïdores treballen per reduir aquests riscos (Bevanger, 1994). Les espècies d'ocells que es veuen afectades en major nombre són les de gran envergadura, tals com rapinyaires, cigonyes o altres vinculats a espais humits com els bernats pescaires (Ferrer, 2012).

Els accidents relacionats amb aquesta problemàtica poden ser de dos tipus majoritàriament: per col·lisió amb el cablejat o per electrocució, que és el que presenta un percentatge més elevat. Quan es parla de **col·lisió**, hom fa referència al xoc que es produeix quan un ocell no veu un cable a temps i hi col·lisiona causant-li ferides o traumatismes que normalment li impedeixen volar. En aquest cas, l'ocell no mor per electrocució, ja que només toca un dels cables sense contacte amb terra o un segon cable, però les ferides causades poden provocar la mort per inanició o per la vulnerabilitat en què queden posteriorment (Bernardino *et al.*, 2018). Els ocells que més es veuen afectats per aquest tipus d'accidents són els que volen en grup, amb un vol poc maniobrable i pesat, com són els anàtids o els Ciconiformes entre d'altres (Janss, 2000; Martin & Shaw, 2010) (Figura 1). També es poden veure afectades espècies d'hàbits nocturns com pot ser el duc que, tot i estar preparats per moure's en condicions de baixa lluminositat, no es deslliuren d'aquestes col·lisions.

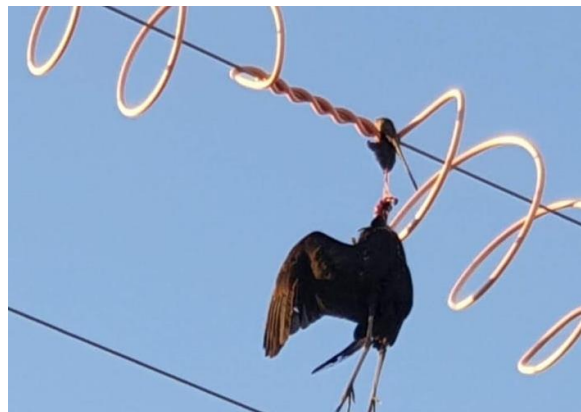


Figura 1: Capó reial (*Pegadis falcinellus*) mort per col·lisió al Delta de l'Ebre. Font: GEPEC

D'altra banda, els accidents per **electrocució** afecten moltes altres espècies prou grans d'envergadura per a tocar alhora dos cables, o tocar alhora el suport (si és conductor o fa de terra) i un dels cables. Això és comú, ja que moltes espècies de rapinyaires fan ús dels suports per menjar-se les seves preses tranquil·lament, com a posadors per descansar o fins i tot per detectar les seves preses (Ferrer, 2012). Segons GREFA (2024) s'han donat casos on els ocells han mort per electrocució a causa de les seves pròpies dejeccions, entre d'altres (Figura 2).

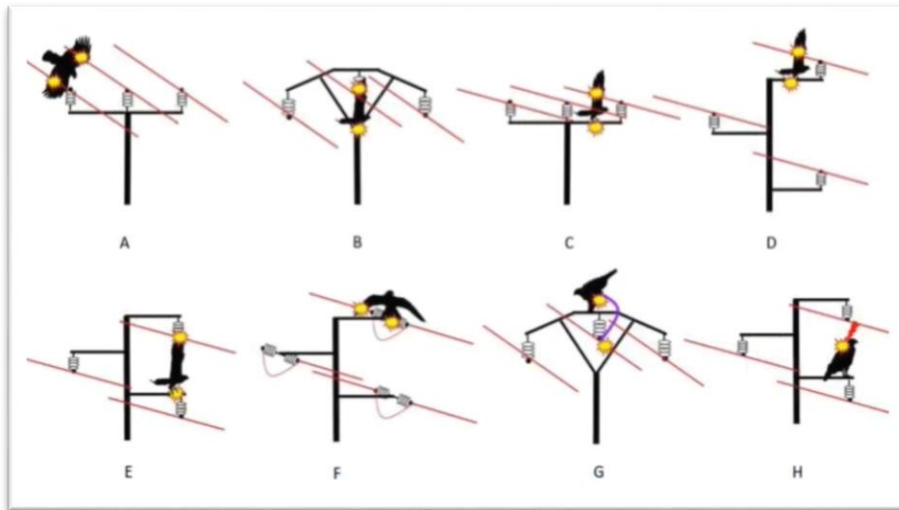


Figura 2: Causes de mort per electrocució més comunes en ocells. Font: GREFA

La perillositat dels suports està relacionada amb forma i disposició que aquests tenen (Tintó *et al.*, 2010). Els suports més segurs són aquells on tots els conductors estan suspesos i aïllats o on la configuració del suport és alterna, és a dir, un cable a cada costat i a diferent alçada. Per contra, els suports més perillosos són els que tenen els conductors exposats i sense aïllar (Figures 3 i 4). La realitat és molt diferent i la majoria dels suports no estan pensats per reduir el risc d'electrocució i, per tant, tenen altres disposicions com els cables exposats i sense aïllar.



Figura 3: Suport elèctric amb els conductors exposats i sense aïllar. Font: pròpia



Figura 4: Suport elèctric amb els conductors sense aïllar però suspesos. Font: pròpia

Avui dia la legislació ja obliga les distribuïdores a adoptar mesures per evitar les electrocucions i els suports de nova creació ja disposen d'aïllants, elements dissuasius o configuracions que limiten aquest risc. La feina actual és corregir el màxim nombre d'infraestructures ja existents per reduir a gairebé zero aquest risc (Reial Decret 1432/2008, de 29 d'agost).

L'any 2015 es va dur a terme un estudi similar a aquest a l'EIN Ardenya-Cadiretes (Funosas, 2015) que també es va basar en la metodologia de Tintó *et al.*, 2010, que pretenia servir de precedent per posteriors estudis d'aquestes característiques, però es va modificar lleugerament adaptant-la al territori anterior. Per l'elaboració d'aquest estudi s'ha cregut convenient seguir aquesta metodologia modificada per unificar criteris, ja que les dues zones, la del treball de 2015 i aquesta present, es troben molt pròximes, inclús superposades a la part sud. L'estudi de Tintó *et al.* (2010) demostra que les variables que més influeixen en la perillositat d'un suport elèctric són: *conductivitat, conductors, elements tècnics, configuració de la creueta, hàbitat, cobertura vegetal, topografia, prominència i presència de conills.*

Si s'hagués seguit al peu de la lletra la metodologia de Tintó *et al.* (2010) les variables descrites anteriorment haurien estat les d'objecte d'estudi. En canvi, la metodologia proposada per Funosas (2015) suprimeix la variable *presència de conills*, ja que no se'n detecta en aquesta zona una població representativa com perquè aquesta variable sigui significativa; a més no es pot assegurar la seva presència o absència per zones. D'altra banda, la variable *prominència* és una variable molt difícil d'estudiar, ja que és molt relativa i des de la base dels suports no es pot determinar si és el punt més alt a 50 metres a la rodona sumat al fet que no existeixen eines cartogràfiques en línia fiables per la determinació d'aquesta variable. Aquesta mancança de dades en referència a *prominència* es veu corregida per la variable *topografia*, que ja té en compte si els suports es troben en punts elevats o no. Per determinar el valor d'aquesta variable s'ha fet a través del visor cartogràfic de *Google maps* amb la capa de relleu i in-situ als suports que s'han mostrejat presencialment.

Finalment, l'última variable que s'ha modificat ha estat la *conductivitat*, ja que tots els suports que tenien cable terra eren metàl·lics, així que la categoria *terra* no té sentit separar-la de *metàl·lica*. Aleshores, aquesta variable s'ha modificat amb el criteri de l'estudi de Ferrer (2012) que analitza la perillositat de cada suport segons el material del qual està fet el suport, metall, fusta o formigó.

Taula 1: Variables i categories analitzades per Tintó et al. (2010) amb les seves corresponents definicions.

Variables and categories	Description	Model variables
CONDUCTIVITY	Pylon conductivity related to material characteristics of pole and cross arms, and presence of a grounded conductor.	
Unearthed	Wood or concrete unearthed pylons. Not conductive.	^a
Earthed	Wood or concrete earthed pylons. Conductive.	EARTH
Metal	Metal pylon. Conductive.	METAL
CONDUCTORS	Distribution of conductive elements (conductors and jumpers) on the cross-arm, related to the electrocution risk of possible perching places on the cross-arm.	
Suspended	All conductors situated under the corresponding cross-arm braces. All insulators or jumpers suspended.	^a
Partially exposed	Pin-type insulators or exposed jumpers only on the lower cross-arm braces (used as secondary perching places).	PAREX
Principal exposed	Pin-type insulators or exposed jumpers on the top of the pylon (principal perching places on the cross-arm) or on all cross-arm braces.	PRIEX
All exposed	All conductors situated at the same level above the cross-arm (electrocution is possible because birds can simultaneously touch the different phases).	ALLEX
TECHNICAL ELEMENTS	Presence of different technical accessories on the cross-arm related to the pylon's function.	
Only insulators	Pylons with only pin-type suspended or strained insulators or jumper wires.	^a
Connector wires	Pylons with wires connecting conductors placed on cross-arm braces without electrical devices.	CONN
Devices	Pylons with switches, fuses, or transformers.	DEVIC
CONFIGURATION	No. and distribution of cross-arm braces, related to the possible no. and characteristics of perching points.	
Flat or cross	Pylons with a single cross-arm or with ≥ 2 vertically arranged cross-arms in the same plane.	^a
Vault	Pylons with a possible perching point under the central part of one cross-arm.	VAULT
Vertical	Single-circuit (3 phases) arranged vertically on pylons, or multiple-circuits (6, 9, or 12 phases) arranged vertically in pairs on opposite sides of pylons.	VERTI
Alternate	Single-circuit (3 phases) arranged vertically and alternately on pylons.	ALTER
Perpendicular	Pylons with ≥ 2 vertically arranged cross-arms in a perpendicular plane.	PERPE

Variables and categories	Description	Model variables
HABITAT	Dominant habitat typology in a radius of 100 m around the pylon.	
Urban	Urban areas with a dense or disperse presence of buildings (towns, housing developments, or industrial estates).	^a
Mosaic	Landscape with an extensive agricultural matrix and small patches of forest.	MOSAI
Scrubland	Homogeneous areas without trees or areas affected by forest fires: Mediterranean scrubland (maquis or garrigues) or dry grasslands.	SCRUB
Forest	Homogeneous areas with trees (oak forests or pine plantations).	FORES
VEGETATION COVER	Typology and density of the predominant vegetation cover in a radius of 50 m around the pylon.	
Dense	Woodland, tree plantations, or garrigues with thick impassable understory.	DENV
Open woodland	Woodlands with low vegetation cover (ground is visible). Also included are plantations and dry or irrigated tree croplands.	OWOVC
Low	Mediterranean scrublands with low vegetation cover including maquis, shrubs, or dry grassland.	LOWVC
Cropland	Dry or irrigated herbaceous croplands (cereals or vegetables) and vineyards.	CROVC
Bare ground	Paved or human-modified areas without vegetation.	^a
TOPOGRAPHY	Site of pylons in relation to their function as perches for birds.	
Ridge	Hill or mountain ridge or peak.	RIDGE
No ridge	Slopes of hills, flat areas, or valley bottoms.	
OVERHANGING	Pylons overhanging other landscape elements (trees, buildings) in a radius of 50 m around the pylon (importance as perches for birds).	
No	Pylons not overhanging.	
Yes	Pylons overhanging.	OVHAN
WATER POINTS	Presence of natural watercourses or infrastructures used for water storage in a radius of 100 m around the pylon.	
No	Absence of water points.	
Yes	Presence of rivers, reservoirs, or agricultural ponds.	WATER
INFRASTRUCTURES	Presence of buildings or other infrastructures regularly frequented by humans in a radius of 100 m around the pylon.	
No	Absence of frequented infrastructures (isolated chapels or ruins are included).	
Yes	Presence of frequented infrastructures (houses, farms, factories, rubbish dumps, quarries, or sports complexes).	INFRA
PAVED ROADS	Presence of paved roads in a radius of 100 m around the pylon.	
No	Absence of roads or only presence of unpaved forest tracks.	
Yes	Presence of paved roads (principal or secondary road network).	PROAD
PRESENCE OF RABBIT	Signs of rabbit presence in a radius of 50 m around the pylon, a factor directly related to the prey abundance for many raptor species present in the study area.	
No	No signs of rabbits detected.	
Yes	Signs of rabbits detected (direct observations, excrements, or tracks).	RABBI

^a Reference categories for dummy variables used in the models.

1.2. Context geogràfic

El riu Ridaura com a eix que vertebrava la vall del present estudi, la Vall del Ridaura, és un riu que desemboca directament al mar Mediterrani i que es troba entre la comarca del Baix Empordà i Gironès (Sala, 2014). És un riu que flueix pels municipis de Llagostera, Castell-Platja d'Aro, Santa Cristina d'Aro i Sant Feliu de Guíxols quedant delimitat per una conca hidrogràfica de 73.6 km² (Figura 5) i des del punt de vista físic, per les elevacions del Puig Aldric (421 m d'altitud), Puig Miquel (417 m d'altitud) i Puig Roquet (432 m d'altitud). A la seva zona més septentrional, el límit continua amb les cotes de Serra Longa, Puig d'en Ponc (415 m d'altitud), Puig dels Dolmens (343 m d'altitud) i Roca Rovira (380 m d'altitud), pel nord-est, fins que arriba al mar. El Pla de Penedès amb cotes de 130 a 140 metres i el Pla de Sant Llorenç, junt amb els cims de Puig Morató (258 m d'altitud) i Puig Ginesta (259 m d'altitud) la limiten per l'oest i al sud queda limitada pel Massís de Cadiretes (Massís d'Ardenya) on destaca el Puig de San Baldiri (398 m d'altitud) i el Montclar (401 m d'altitud). A l'interior de la conca destaca el cim de Puig de Matxauca (303 m d'altitud) a la Serra de les Comes (Massís de les Gavarres) (Chasco, 2020). El riu neix a la confluència entre la Riera de Sant Baldiri i la Riera de Verderes amb una longitud total de 22 quilòmetres comptant el tram de la Riera de Sant Baldiri.

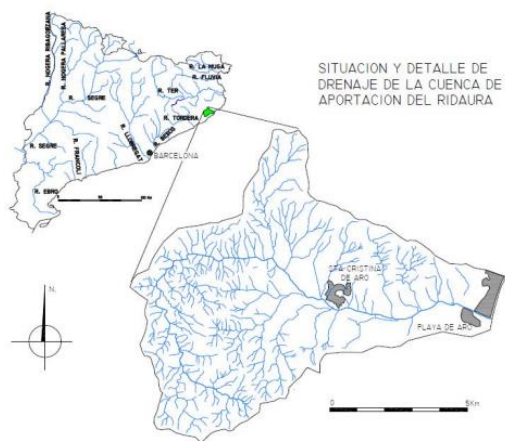


Figura 5: Conca hidrogràfica Vall del Ridaura.
Font: TFM Chasco, 2020

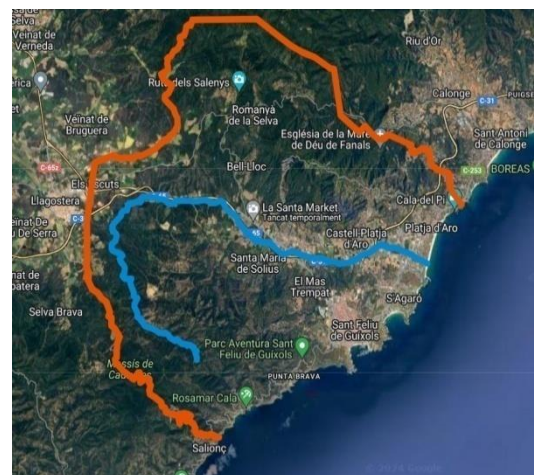


Figura 6: Vall del Ridaura (vermell) i recorregut del Ridaura (blau). Font: pròpia, modificat de Google Earth

2. OBJECTIVES

As a general objective, the aim is to evaluate the risk and peril of the electricity lines and supplies in the Ridaura Valley. More specifically, and as specific objectives:

- a) To make a complete cartography of the electric lines and supports in the study area.
- b) To give a numerical value to each support according to its perilosity.
- c) Propose corrective measures based on the most conflictive types of support.
- d) To make an approximation of the rate and time of removal of hypothetical dead or injured oceans by electrocution to the supports by opportunistic animals.
- e) To determine, as a preliminary analysis, which animals interact with and take advantage of the carcasses of electrocuted animals by means of photographic trapping cameras.

3. METODOLOGIA

3.1. Cartografia i perillositat de les línies elèctriques

Per dur a terme la primera part de l'estudi s'ha fet un mostreig intensiu durant els mesos de gener, febrer i març del 2024, on s'ha analitzat suport per suport de totes les línies elèctriques de la Vall del Ridaura. De cada suport, s'ha anotat el material del mateix (fusta, formigó o metàl·lic), la forma de la creueta superior (Figura 9), la disposició dels cables (Figura 7), l'hàbitat per on transcorre, la cobertura vegetal, si es troba en un cim o carener i si té elements tècnics (Figura 8). Complementàriament, aquests suports s'han geolocalitzat amb coordenades latitud i longitud (G°, M', S'') i s'han fotografiat per fer la posterior anàlisi. D'altra banda, s'han buscat, registrat i fotografiat els cadàvers trobats sota els suports. En els suports on l'ús de visors cartogràfics no era possible, s'ha accedit directament in situ i s'ha fet ús de l'aplicatiu *e-faunalert* desenvolupat per la UICN-Med i la Fundación Amigos del Águila Imperial, el Lince Ibérico y Espacios Naturales Privados que permet recollir aquestes dades necessàries d'una manera molt fàcil i eficaç.

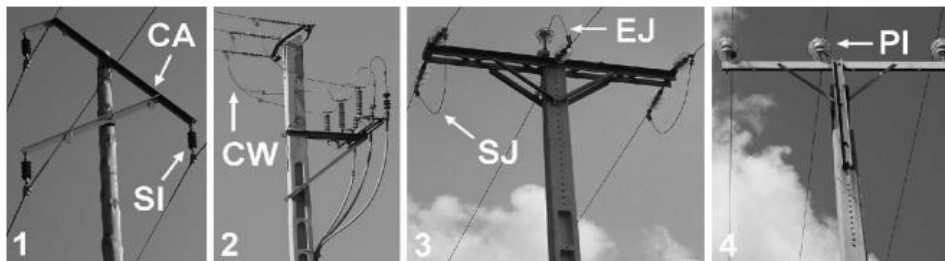


Figura 7: CONDUCTORS: (1) suspesos, (2) parcialment exposats, (3) principals exposats, (4) tots exposats. Font: Tintó *et al.*, 2010

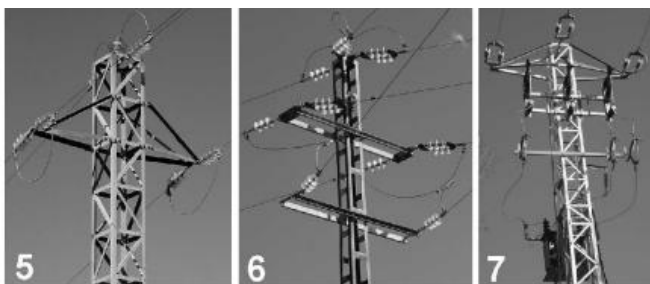


Figura 8: ELEMENTS TÈCNICS: (5) només aïlladors, (6) cables connectors, (7) dispositius. Font: Tintó *et al.*, 2010

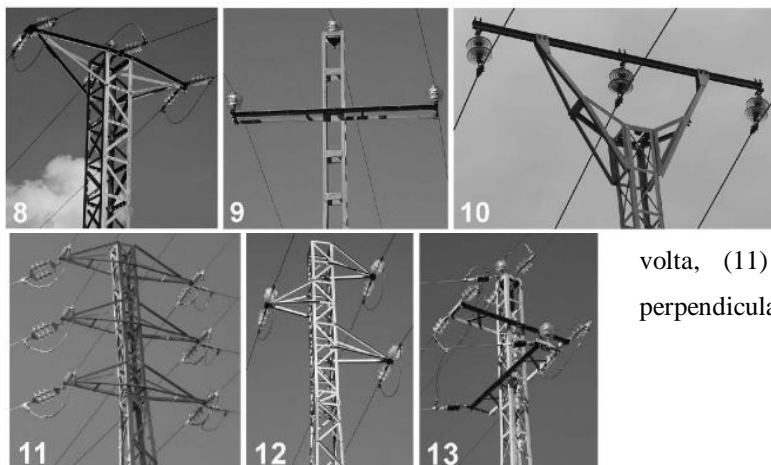


Figura 9: CONFIGURACIÓ: (8) plana, (9) transversal, (10) volta, (11) vertical, (12) alterna, (13) perpendicular. Font: Tintó *et al.*, 2010.

El mostreig in situ dels suports elèctrics consistia a recórrer el sota línia, sempre que l'estructura de la vegetació permetia avançar, aturant-se a cada suport i anotant les dades corresponents. A cada suport, es buscaven els cadàvers o restes d'ocells en un radi d'uns 5 metres que haurien pogut patir una electrocució anteriorment. A part de les restes d'ocells, també es buscaven excrements, petjades o altres restes biològiques que confirmessin la hipòtesi de l'ús d'aquests senders per part de vertebrats (especialment mamífers) per aconseguir menjar sense esforç (Figures 11 i 12).

Algunes d'aquestes línies, per la proximitat a nuclis urbans i la seva accessibilitat, no ha estat necessari desplaçar-se fins al punt, ja que a través de l'eina *Street view* de *Google* s'han pogut aconseguir les dades mencionades anteriorment.



Figura 10: Sender a sotalínia. Font: pròpia



Figura 11: Rastre (femtes) de senglar (*Sus scrofa*). Font: pròpia



Figura 12: Rastre (petjades) de senglar (*Sus scrofa*). Font: pròpia

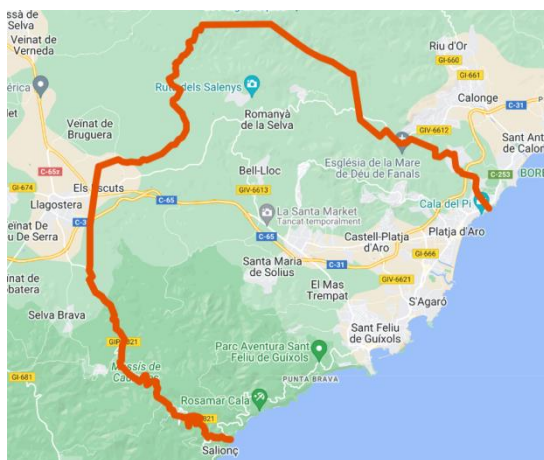


Figura 13: Delimitació zona estudi vista mapa tradicional. Font: pròpia modificat de *Google maps*

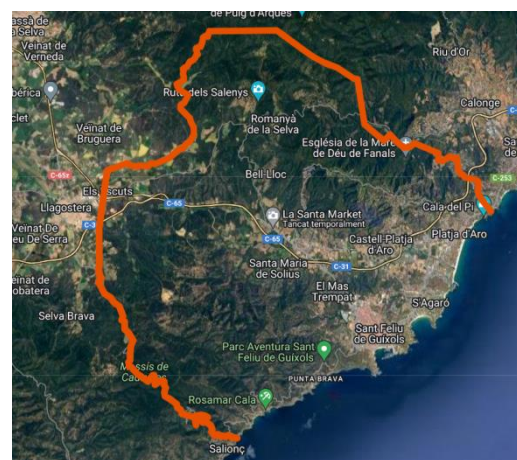


Figura 14: Delimitació zona estudi vista satèl·lit. Font: pròpia modificat de *Google maps*

Amb les dades recollides anteriorment, i seguint la metodologia emprada per Tintó *et al.*, (2010) modificada per Funosas (2015) (Taula 2) i descrita a la introducció, s'ha pogut generar un fitxer que per falta d'espai no es pot presentar al present redactat on es mostren tots els suports analitzats.

Taula 2: Variables modificades per Funosas (2015) i aplicades al present estudi

VARIABLES	I	PUNTUACIÓ	VARIABLES I CATEGORIES	PUNTUACIÓ
CATEGORIES				
MATERIAL		0-2	TOPOGRAFIA	0-2
Metall		2	Pic/carener	2
Formigó		1	No pic/no carener	0
Fusta		0		
CONDUCTORS		0-1	HÀBITAT	0-2
Tots suspesos		0	Urbà	0
Parcialment exposats		0	En mosaic	1
Principalment exposats		1	Matollar	2
Totalment exposats		1	Forestal	0.5
CONFIGURACIÓ		0-2	COBERTURA VEGETAL	0-2
Plana/creuada		1	Densa	0.5
Volta		2	Bosc obert	0.5
Vertical		0	Vegetació baixa	2
Alternativa		0	Cultius	1.5
Perpendicular		2	Terra nu	0
ELEMENTS TÈCNICS		0-1		
Només aïlladors		0		
Cables connectors		1		
Artefactes		0		

Amb les variables anteriors i els seus valors numèrics, s'ha categoritzat cada suport obtenint un nombre que indica la perillositat de cadascun d'ells. Un valor total de 0-4 es tradueix en un suport/línia no perillós/a. Un valor de 4-8 es tradueix en un suport/línia perillós/a, mentre que un valor 8-12 es tradueix en un suport/línia molt perillós/a (Taula 3):

Taula 3: Categorització de la perillositat segons el valor

VALOR	PERILLOSITAT
0-4	No perillosa
4-8	Perillosa
8-12	Molt perillosa

3.2. Anàlisi preliminar de retirada de restes

Amb l'objectiu d'estimar el temps que passa des que un ocell s'electrocuta, cau a terra i un mamífer carnívor oportunista el depreda, s'ha dut a terme un experiment en espais urbans i forestals per conèixer quina és la taxa de retirada amb el pas del temps i definir si existeixen diferències entre aquestes dues tipologies d'hàbitats. Per simular una carcassa d'un ocell mort s'han fet servir caps de pollastre provinents d'un escorxador que, col·locats sistemàticament sota els suports, desprenien una olor, sobretot amb el pas dels dies, que podia atraure alguns vertebrats. S'han col·locat un total de 16 carcasses, 8 en terreny urbà i 8 en terreny forestal repartides en dues línies. Per tant, s'han mostrejat 4 línies elèctriques (2 en cada hàbitat) i quatre suports (punts de mostreig) de cada línia. A la Taula 4 es mostren les coordenades del primer suport de cada rèplica:



Figura 15: Caps de pollastre que simulen el cadàver d'un ocell electrocutat. Font: pròpia rèplica

Taula 4: Localització amb coordenades Latitud, Longitud de cada rèplica als diferents hàbitats

FORESTAL	RÈPLICA 1	41.79141, 2.99093
	RÈPLICA 2	41.84623, 2.98041
URBÀ	RÈPLICA 1	41.77522, 3.01542
	RÈPLICA 2	41.86191, 2.97737

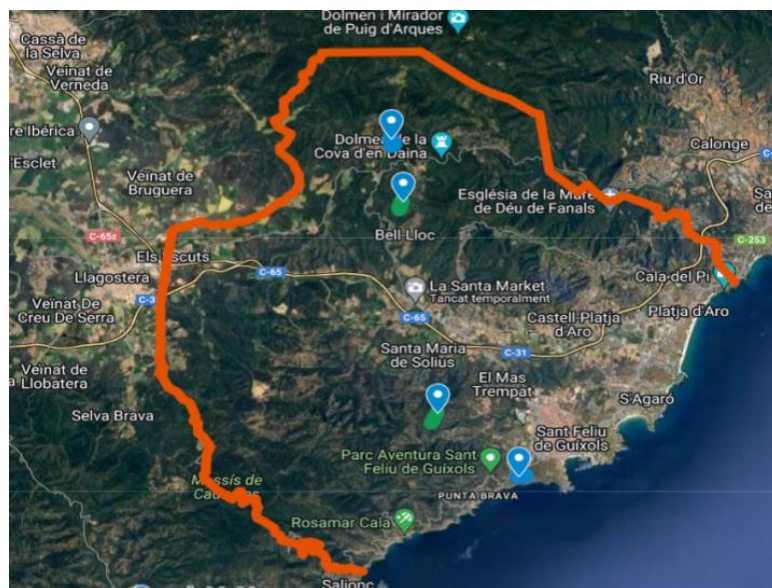


Figura 16: Localització de les diferents línies elèctriques on s'ha fet l'experiment de retirada. Font: pròpia, modificada de *Google maps*

A cada punt de mostreig (icona blava a la Figura 16), on es situaven els esquers i/o càmera, es feia una revisió a les 24 h, 48 h i 144 h (dia 1, dia 2 i dia 6 respectivament) des de la col·locació, anotant els esquers que havien desaparegut o estaven manipulats. Aquests punts s'han triat amb un criteri on la interacció humana fos mínima encara que es tractés de les rèpliques en terreny urbà. Paral·lelament, en alguns d'aquests suports elèctrics s'han col·locat càmeres de trampeig fotogràfic amb visió nocturna i dos esquers lligats per tal d'identificar els animals que depreden aquestes carcasses i obtenir unes millors imatges per a la seva posterior anàlisi. Les càmeres s'han col·locat prou elevades (3-4 metres) com perquè passin desapercebudes en cas d'interacció humana i per ser indetectables des del terra per la fauna.



Figura 17: Vista general d'un esquer amb la seva càmera de trampeig fotogràfic a l'hàbitat forestal. Font: pròpia



Figura 18: Procés de col·locació d'una càmera de trampeig fotogràfic. Font: pròpia

Cal mencionar que les càmeres no s'han tingut fixes al mateix punt de mostreig els sis dies, ja que si al dia 1 o 2 es detectava interacció humana es canviaven de lloc per evitar robatoris. En cap cas, però s'han retirat abans dels sis dies, així que s'han tingut les cinc càmeres funcionant al llarg de tot l'experiment.

4. RESULTATS i DISCUSSIÓ

4.1. Cartografia de les línies elèctriques

A la Figura 19 es mostra el mapa amb totes les línies elèctriques presents a la Vall del Ridaura. Aquestes línies tant poden ser de molt alta tensió, d'alta tensió, de mitjana tensió i de baixa tensió. No s'ha fet distinció entre cap d'elles perquè no és un factor que influeixi en les electrocucions, és a dir, en totes aquestes es pot produir un accident d'aquestes característiques (Ferrer, 2012). Els suports que porten un sol cable aïllat amb plàstic de color negre no figuren al mapa, ja que amb aquests sí que és impossible que es produeixi contacte fase-terra a l'haver-hi només un conductor i, a més, estan aïllats. Sí que s'han tingut en compte totes les ramificacions de línia inclús si aquestes finalitzaven en una caseta transformadora, perquè aquestes instal·lacions també presenten un risc potencial (López *et al.*, 2001). El que no s'ha tingut en compte, però és la manera amb la qual s'han mostrat els suports, pel fet que tant en els mostrats in situ com amb l'eina de visors cartogràfics s'ha obtingut la mateixa informació.

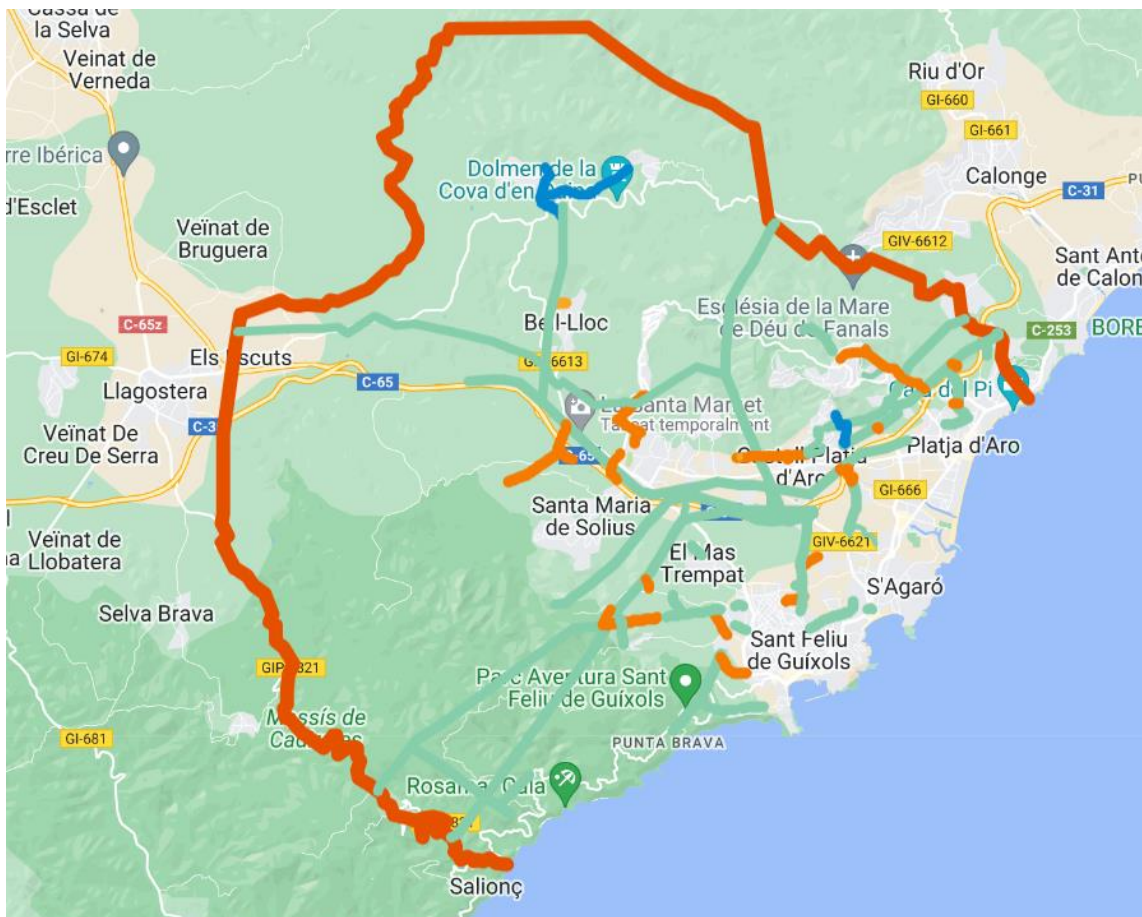


Figura 19: Mapa vista tradicional de totes les línies elèctriques a la Vall del Ridaura. Font: pròpia, modificat de *Google maps*

A la Figura 19 es mostren, en verd, les línies que no són perilloses, en taronja les que són perilloses i en blau les que no s'han pogut avaluar per falta de temps. Així doncs, es pot concloure que els resultats són del tot representatius per fer una valoració extensa de la perillositat de les línies elèctriques a la Vall del Ridaura. Totes les línies presentades s'han avaluat al 100% del seu recorregut dins la zona d'estudi. Només falten 4 que no s'han pogut avaluar per falta de temps, un percentatge del 7,14% del total de les línies a la vall.

Taula 5: Coordenades d'inici i de fi de cada línia elèctrica.

LÍNIA	COORDENADES INICI	COORDENADES FI	LÍNIA	COORDENADES INICI	COORDENADES FI
A	41.7925, 3.04313	41.79211, 3.04312	AA	41.78909, 2.99023	41.79017, 3.00111
B	41.79217, 3.01792	41.79195, 3.01951	AB	41.76281, 2.94091	41.78909, 2.99023
C	41.80003, 3.03559	41.79842, 3.03204	AC	41.81731, 2.97977	41.81552, 2.98267
D	41.79293, 3.02878	41.79348, 3.03246	AD	41.80656, 3.03341	41.79125, 3.03203
E	41.78123, 3.02012	41.78375, 3.0146	AE	41.81803, 3.04113	41.83575, 3.07404
F	41.80204, 3.048	41.80345, 3.04242	AF	41.81758, 3.03671	41.8196, 3.03541
G	41.81867, 3.05488	41.82821, 2.96034	AG	41.82072, 3.03764	41.83817, 3.06712
H	41.81994, 2.99745	41.82582, 2.99845	AH	41.83047, 3.06396	41.82244, 3.0675
I	41.82011, 2.99688	41.81805, 2.99603	AI	41.82221, 3.06799	41.82118, 3.06323
J	41.81823, 2.98019	41.81218, 2.96965	AJ	41.80424, 3.04221	41.81175, 3.04319
K	41.8211, 2.98146	41.81879, 2.98045	AK	41.81401, 3.0406	41.81197, 3.04283
L	41.78741, 3.01594	41.79141, 3.01336	AL	41.83632, 3.0324	41.83292, 3.03869
M	41.80736, 3.03445	41.79265, 2.98149	AM	41.78885, 3.01794	41.78813, 3.02019
N	41.80747, 3.03457	41.85323, 3.02618	AN	41.79153, 3.01472	41.79372, 3.00458
O	41.82912, 3.01563	41.83624, 2.91338	AO	41.79074, 3.00678	41.79034, 3.00295
P	41.82473, 2.97614	41.85603, 2.98081	AP	41.83034, 3.04996	41.82904, 3.04567
Q	41.81673, 2.99324	41.81229, 2.9924	AQ	41.83437, 3.0714	41.83234, 3.07194
R	41.81632, 2.99527	41.81507, 2.99475	AR	41.77568, 3.01934	41.77592, 3.02409
S	41.80676, 3.03418	41.78558, 2.98777	AS	41.80015, 3.01059	41.8017, 3.00861
T	41.79518, 2.99915	41.79651, 2.99851	AT	41.80819, 3.00723	41.80636, 3.0068

U	41.79159, 2.99105	41.78901, 2.98921	AU	41.79159, 3.04638	41.7916, 3.04745
V	41.81103, 3.02551	41.80636, 3.02597	AV	41.79005, 2.99295	41.78592, 2.99379
W	41.80629, 3.03223	41.80659, 3.03032	AW	41.77716, 3.01033	41.77552, 3.0178
X	41.8286, 3.0539	41.8318, 3.04052	AX	41.83092, 3.06463	41.83052, 3.06564
Y	41.78433, 3.01487	41.77212, 3.00451	AY	41.75997, 2.96711	41.76491, 2.97341
Z	41.81643, 3.03333	41.81588, 3.01806	AZ	41.76954, 2.94818	41.75877, 2.96944

4.2. Valors de perillositat

Taula 6: Valors de perillositat, quilòmetres, nombre de suports i desviació estàndard de cada línia analitzada.

LÍNIA	TOTAL KM	Nº SUPORTS	PUNTUACIÓ MITJANA	DESVIACIÓ ESTÀNDARD	PERILLOSITAT
A	0.974	20	3.45	0.958	NO perillosa
B	0.145	4	2.75	0.500	NO perillosa
C	0.347	9	4.94	0.726	Perillosa
D	0.312	6	4.17	0.516	Perillosa
E	0.592	14	4.50	0.940	Perillosa
F	0.790	11	3.91	0.700	NO perillosa
G	8.95	66	3.31	1.029	NO perillosa
H	1.12	20	4.00	1.112	Perillosa
I	0.241	5	4.40	1.516	Perillosa
J	1.19	24	4.46	0.529	Perillosa
K	0.272	6	5.67	1.329	Perillosa
L	0.505	13	4.00	1.567	Perillosa
M	5.62	21	2.90	1.032	NO perillosa
N	6.17	20	3.53	1.302	NO perillosa
O	9.59	34	3.56	0.648	NO perillosa
P	3.55	73	3.85	1.072	NO perillosa
Q	0.596	14	4.64	0.718	Perillosa
R	0.168	3	2.67	1.154	NO perillosa
S	9.46	30	3.67	1.446	NO perillosa
T	0.207	5	6.40	0.547	Perillosa
U	0.327	9	5.56	1.130	Perillosa

V	0.521	12	3.88	1.170	NO perillosa
W	0.162	5	2.80	0.836	NO perillosa
Y	1.65	32	3.59	1.103	NO perillosa
X	1.77	13	4.92	1.643	Perillosa
Z	1.27	23	4.02	1.132	Perillosa
AA	0.911	24	4.04	1.112	Perillosa
AB	5.18	23	3.13	0.344	NO perillosa
AC	0.315	9	6.56	1.073	Perillosa
AD	1.72	17	2.85	0.914	NO perillosa
AE	3.55	46	2.78	0.892	NO perillosa
AF	1.10	17	1.94	0.826	NO perillosa
AG	3.30	25	2.76	1.011	NO perillosa
AH	0.990	19	3.47	0.904	NO perillosa
AI	0.416	4	2.25	0.500	NO perillosa
AJ	0.867	11	3.95	0.850	NO perillosa
AK	0.434	9	4.00	0.968	Perillosa
AL	0.746	16	3.25	0.683	NO perillosa
AM	0.203	4	3.88	1.108	NO perillosa
AN	1.07	21	3.74	0.956	NO perillosa
AO	0.321	8	3.75	0.886	NO perillosa
AP	0.413	6	2.83	0.752	NO perillosa
AQ	0.249	7	3.50	1.154	NO perillosa
AR	0.402	8	3.81	0.842	NO perillosa
AS	0.239	6	3.17	1.032	NO perillosa
AT	0.280	5	2.90	0.547	NO perillosa
AU	0.101	4	3.75	0.500	NO perillosa
AV	0.468	14	3.00	0.784	NO perillosa
AW	0.714	17	3.44	0.881	NO perillosa
AX	0.095	4	4.50	1.290	Perillosa
AY	0.759	21	2.47	1.030	NO perillosa
AZ	2.13	44	2.29	0.904	NO perillosa

En aquest cas, la puntuació de totes les línies que transcorren en la seva totalitat per la zona d'estudi, és a dir, comencen i acaben dins els límits de la Vall del Ridaura, és més acurada que les que no tenen l'inici o el final fora de la zona estudiada (línies S, O, N, AE i AG). Això es deu al fet que no s'ha tingut en compte la tipologia de cada suport ni cap altra variable fora d'aquests límits, per tant, si s'analitzés la línia en tot el seu recorregut podria ser que la

perillositat variés, encara que seria molt poc, ja que en aquests casos són línies molt llargues i el tram analitzat ja és prou representatiu.

S'ha comprovat també que aquestes infraestructures transcorren per una gran diversitat d'hàbitats i que en una mateixa línia poden coexistir diferents materials de suport, configuracions o inclús diferent nombre de cables conductors. Si s'observa la Taula 5, es pot comprovar com s'ha obtingut una desviació d'entre 0.344 (línia AB) i 1.643 (línia X), un fet que prova aquesta diferència important entre la puntuació dels suports d'una mateixa línia. Això es tradueix en el fet que hi hagi trams d'una mateixa línia que poden ser més perillosos, però la mitjana de la resta de suports atenua aquests resultats. És, per tant, necessari donar un enfocament més individual avaluant cada suport i no tant una línia en la seva totalitat. D'altra banda, els suports que es troben en crestes/pics augmenten la seva perillositat dos punts, però en nombres absoluts són poques. Si aquests es troben en línies elèctriques molt llargues, la perillositat de la línia difereix molt de la perillositat d'aquests suports, ja que la resta de suports atenuen la perillositat d'aquestes.

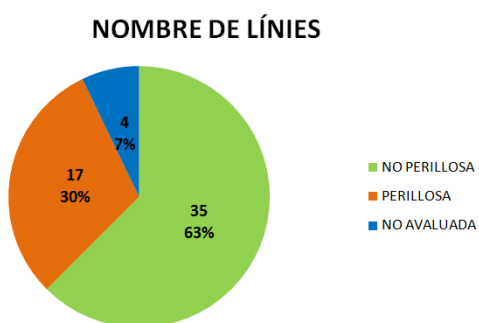


Figura 20: Gràfic del nombre de línies segons la seva perillositat

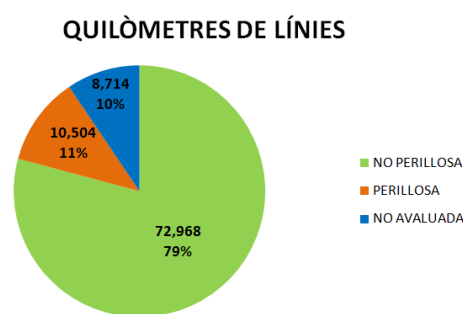




Figura 21: Gràfic dels quilòmetres de línies segons la seva perillositat





S'han cartografiat un total de 816 suports elèctrics repartits en 52 línies. Tal com es mostra a la Figura 20 un 63% de les quals són no perillosos mentre que un 30% són perillosos. La resta són línies no avaluades per falta de temps. Traduït a quilòmetres, 72.7 són no perillosos i, en canvi, 10.5 són perillosos (Figura 21). Així doncs, la majoria de les línies a la Vall del Ridaura són poc perilloses i les que ho són tenen una longitud molt més curta (Taula 6). Això és degut al fet que les línies que són més llargues (en la majoria dels casos poc perilloses) presenten una configuració on els cables conductors estan tots suspesos i la distància entre aquests és prou gran perquè no hi hagi una electrocució, així que la perillositat d'aquests suports és definida per l'hàbitat per on transcorren, el material del suport i la topografia. En aquest estudi, però, no s'ha analitzat la potencial perillositat dels suports pel que fa als accidents per col·lisió, ja que segons

Venezuela (2009) un 80% dels ocells morts és a causa de l'electrocució i un 20% és a causa de col·lisions, mentre que la Red Eléctrica Española xifra les morts per electrocució en un 10-15%. Aquestes diferències podrien ser enganyoses atès que és més fàcil detectar restes d'aus mortes per electrocució, ja que generalment es troben sota els suports d'electricitat, mentre que aquells resultants per col·lisió es poden trobar a més d'un quilòmetre de distància del punt de xoc (Hernández, 2007).

Com ja s'ha comentat amb anterioritat, les evidències d'electrocucions han estat tres, un nombre que segurament difereix molt del que és la realitat (Loss *et al.*, 2014). A la Taula 7 es mostren les imatges d'aquests cadàvers o restes juntament amb el suport on s'han trobat. Els noms dels suports no corresponen amb els noms de l'empresa distribuïdora, sinó que la lletra correspon a la línia i el número del suport des de l'inici. En dos dels casos són ocells de mitjana-gran envergadura. Comunament es pensava que només aus grans s'electrocutaven o col·lidien amb les línies elèctriques, estudis recents han mostrat que espècies petites també patirien les mateixes conseqüències, no obstant detectar-ne les restes és molt més difícil (Loss *et al.*, 2014) i segurament és per això que en aquest estudi de curta durada no se n'han detectat. D'altra banda, és molt probable que els accidents hagin estat per electrocució i no per col·lisió, ja que les restes es van trobar just sota els suports. A més, segons Bevanger (1998) un factor important que causa les col·lisions és l'envergadura de l'ocell, però n'hi ha d'altres que també influeixen com són l'agudesesa visual i la capacitat de maniobrar.

Taula 7: Anàlisi numèric de perillositat de cada suport on s'ha trobat cada indicati d'electrocució

INFORMACIÓ SUPORT	IMATGE SUPORT	IMATGE CADÀVER/RESTES
<p>N5 Perillositat: 3.5</p> <p>Coordenades: 41.813, 3.02456</p> <p>Material: Metàl·lica (2)</p> <p>Conductors: Tots suspesos (0)</p> <p>Configuració: Vertical (0)</p> <p>E. tècnics: No (0)</p> <p>Topografia: No cim (0)</p> <p>Hàbitat: Urbà (0)</p> <p>C. vegetal: Cultius (1.5)</p>		

<p>Q8 Perillositat: 5.5</p> <p>Coordenades: 41.81483, 2.99144 Material: Metà·lica (2) Conductors: Exposats (1) Configuració: Plana (1) E. tècnics: sí (1) Topografia: No cim (0) Hàbitat: Urbà (0) C. vegetal: Forestal (0.5)</p>		
<p>H1 Perillositat: 5</p> <p>Coordenades: 41.81994, 2.99745 Material: Metà·lica (2) Conductors: Exposats (1) Configuració: Plana (1) E. tècnics: No (0) Topografia: No cim (0) Hàbitat: Bosc obert (0.5) C. vegetal: Forestal (0.5)</p>		

D'aquestes dades recollides al camp, només es pot assegurar l'espècie que ha patit l'accident en dos dels casos (N5 i Q8). En el primer dels casos es tracta d'un juvenil de gavià argentat de potes grogues (*Larus michaellis*), un ocell amb prou envergadura per a poder tocar el cable i el suport alhora o inclús col·lidir amb algun dels conductors. En el segon dels casos es tracta d'un tudó (*Columba palumbus*), de la família dels colúmbids. En aquest cas és probable que l'electrocució s'hagi produït per contacte amb dos dels cables per la disposició d'aquests. Si s'observa la imatge de la Taula 7 que correspon a aquest suport, s'aprecia com aquests conductors estan completament exposats sent molt fàcil una electrocució. Seguint el criteri de Tintó *et al.* (2010), si els cables fossin suspesos i aïllats la perillositat seria gairebé nul·la, però si aquest suport estigués situat a conreus i en un pic/carena la seva perillositat seria màxima. D'altra banda, el tudó és una espècie força lligada a ambients urbans (Sakhvon & Köver, 2020) i aquesta torre es troba al costat de la població de Santa Cristina d'Aro un fet que explicaria la troballa de restes d'aquesta espècie en aquest punt. Finalment, en el cas del suport H1 no es pot identificar l'espècie, ja que les restes presentaven un avançat estat de descomposició i només quedaven alguns ossos. Segons Savereno *et al.* (1996) entre un 60% i un 80% dels casos és impossible identificar el motiu de la mort (col·lisió o electrocució) pel seu avançat estat de descomposició.

Durant els mostrejos també es van trobar egagròpiles i dejeccions al peu d'algun dels suports que, d'una banda, provarien el fet de l'ús d'aquests suports per part de rapinyaires i, d'altra banda, com alguns carnívors aprofiten aquests corriols per alimentar-se (Ponce *et al.*, 2010). L'ús dels suports com a posader, però, depèn de les característiques ambientals que l'envolten. En molts casos és convenient distingir entre zones i prioritzar les mesures segons les espècies que freqüenten el territori. Als llocs denominats ecotons, entre zones de cultiu i vegetació natural, són, per norma general, on es detecten un major nombre de morts d'aus rapinyaries, mentre que en zones habitades, la resta d'aus són les que es veuen més perjudicades (Izquierdo *et al.*, 1997). Així doncs, el fet de buscar cadàvers sota línies elèctriques no seria un mètode del tot fiable, ja que estaríem subestimant el nombre de morts. Alguns animals com les fagines i altres mamífers nocturns recorren durant les nits els sota línies tot marcant aquestes zones com a territori i, per tant, preparats per retirar els possibles ocells morts (Funosas, 2015).



Figura 22: Egagròpiles de duc (*Bubo bubo*) sota un suport elèctric. Font: pròpia



Figura 23: Rastre de carnívor sota un suport elèctric. Font: pròpia

Els resultats de la Taula 7 difereixen molt del que realment s'esperaria trobar. S'hauria d'observar una major mortalitat als suports més perillosos (Taula 8) però no ha estat així (Demerdzhiev, 2014). Les evidències d'electrocucions s'han trobat a suports poc perillosos (N5) i perillosos (Q8 i H1). Un fet que prova aquests resultats són els cadàvers que s'han trobat. En el cas del de tudó es va localitzar en una línia considerada perillosa (línia Q) amb una puntuació total de 4.64, mentre que si analitzem el suport individualment aquesta puntuació augmenta fins a 5.5. El mateix passa amb els ossos sense identificar trobats a la línia H. La

puntuació total de la línia és de 4 i la del suport augmenta fins a 5. En aquests dos casos la consideració de perillosa o no perillosa no canvia entre el suport i la totalitat de la línia, però podria donar-se el cas que això passi. Aquest estudi és llavors un treball que analitza la probabilitat que un accident d'aquestes característiques passi basant-se en unes variables limitades. Segurament, a la natura aquestes variables són moltes més i d'altres que no podem controlar, com el component de l'atzar. Per tant, amb només tres evidències d'electrocució no podem validar el model de Tintó *et al.* (2010). Caldria fer un seguiment més extens per augmentar el nombre de mostres.

Continuant amb la línia dels cadàvers trobats, es consideren pocs per l'avifauna susceptible a aquests accidents que es va anar observant durant els mostrejos in situ com grans rapinyaires. Això pot ser degut als mamífers que aprofiten aquests senders per alimentar-se dels ocells morts per electrocució (Ferrer, 2012). A més, quan es recorrien els sota línia s'observaven rastres en forma de femtes en alguns suports, sobretot en zones forestals on la presència de fagines, genetes i altres mamífers hauria de ser superior (Sarmiento *et al.*, 2010). Aquestes troballes donen fermesa a la hipòtesi que alguns animals fan ús d'aquests corriols per trobar aliment sense que això els suposi un esforç.

4.3. Proposta de mesures correctores

A continuació es mostren els suports elèctrics amb una puntuació de perillositat més elevada i algunes mesures per tal de corregir-les i mitigar l'impacte que puguin tenir sobre l'avifauna. Cal recalcar, però que la millor solució per evitar aquests tipus d'accidents és que els conductors estiguin suspesos per la part de sota de la creueta (Figura 24) a una distància prou gran per evitar el contacte i a més aïllats amb tub termo-modelable (Figura 25) (Tintó *et al.*, 2010). Si més no, aquesta és una actuació molt cara que pot anar des dels 1500 als 2000 euros segons ENDESA. Per proposar aquestes mesures s'ha tingut en compte l'estudi de Ferrer (2012).


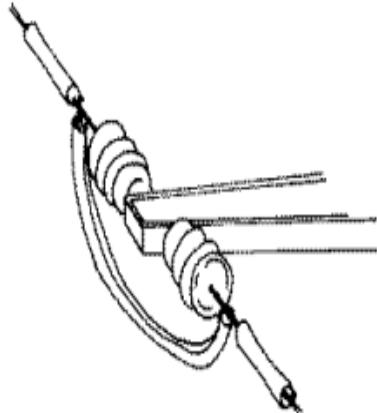

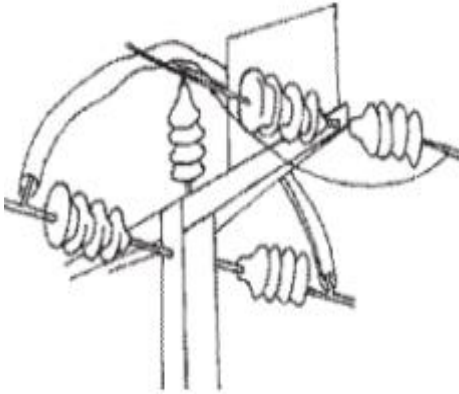



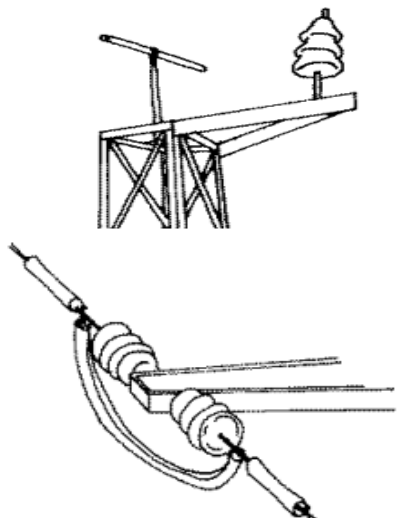
Figura 24: Suports elèctriques amb cables suspesos i ben separats però sense aïllar.
Font: web



Figura 25: Suport elèctric amb conductors aïllats amb tub termo-retràctil. Font: pròpia

Taula 8: Mesures de correcció als suports més perillosos

SUPORT	MESURES DE CORRECCIÓ
 <p>AC9 Perillositat: 9</p> <p>Coordenades: 41.81552, 2.98267 Material: Metàl·lica (2) Conductors: Exposats (1) Configuració: Plana (1) E. tècnics: Sí (1) Topografia: No cim (0) Hàbitat: Matollar (2) C. vegetal: Vegetació baixa (2)</p>	 <p>ACTUACIÓ: Aïllament termo-retràctil</p> <p>Acció: aïllament parcial de la fase Efecte: prevenir contacte fase-terra Col·locació: cobrir ponts i la fase Dimensió: 1-3 m a cada costat de l'aïllador Montatge: tall subministrament Material: cinta termo-retràctil Equip: 2 persones Temps: 30 min Cost: alt Eficàcia: bona Durabilitat: de 3 a 5 anys</p>
 <p>L13 Perillositat: 8</p> <p>Coordenades: 41.79141, 3.01336 Material: Metàl·lica (2) Conductors: Exposats (1) Configuració: Plana (1) E. tècnics: Sí (1) Topografia: Cim (2) Hàbitat: Forestal (0.5) C. vegetal: Bosc obert (0.5)</p>	 <p>ACTUACIÓ: Manta aïllant i platines verticals</p> <p>Acció: Aïllament amb mesura dissuasiva Efecte: Dificultar/prevenir el contacte fase-terra Col·locació: Aïllar els ponts superiors i posar platines als extrems, sobre els inferiors. Dimensió: Segons pont. Platina de 50x20 cm Muntatge: Tall de subministrament Material: Platina de plàstic i aïllants diversos Equip: 2 persones Cost: Baix Temps: 8 minuts (o més) per suport Eficàcia: Bona Durabilitat: Més de 3 anys</p>

	
<p>X7 Perillositat: 7.5</p> <p>Coordenades: 41.83223, 3.0471 Material: Metàl·lica (2) Conductors: Tots suspesos (0) Configuració: Plana (1) E. tècnics: No (0) Topografia: Cim (2) Hàbitat: Forestal (0.5) C. vegetal: Vegetació baixa (2)</p>	<p>ACTUACIÓ: Aïllament termoretràctil i posader en "T"</p> <p>Acció: Aïllament amb mesura dissuasiva Efecte: Dificultar/prevenir el contacte fase-terra Col·locació: Aïllar els cables i posar posaders a la part més alta. Dimensió: Segons pont. Posader de 0.7 x 1m Muntatge: Tall de subministrament Material: Posader i aïllament termoretràctil Equip: 2 persones Cost: alt Temps: 8 minuts (o més) per suport Eficàcia: Bona Durabilitat: Més de 3 anys</p>

En la majoria dels casos s’ha optat per fer un aïllament termo retràctil, ja que és molt eficaç i el cost és més baix que canviar la configuració del suport. Tot i això, té l’inconvenient que s’ha de canviar cada 3-5 anys i cal dedicar esforços en fer revisions periòdiques per assegurar que faci la seva funció (Ferrer, 2012). En el cas que s’ha optat pel posader en forma de T, és perquè el suport es troba en un punt elevat, cosa que la fa predilecta pels rapinyaires per descansar i menjar (Aparisi, 2019). Amb aquest posader es redueix considerablement el risc d’electrocució conjuntament amb l’aïllament dels cables (Regidor *et al.*, 1988). En aquest cas només es proposen mesures correctores per tres suports, però l’ideal seria aplicar mesures d’aquest tipus en tots els suports, però això és un fet que és impossible per l’esforç que suposa. És per això que s’han prioritzat les més perilloses. Aquesta condició de perillositat està definida per la tipologia de cada suport (variables descrites a la Taula 7).

4.4. Experiment de retirada de cadàvers

Per tal d'estudiar com afecta el temps en la retirada de cadàvers d'ocells morts per electrocució s'ha dut a terme l'experiment descrit a l'apartat 2.3 per fer una aproximació del temps que triga un mamífer carnívor a depredar-los. A les Figures 26 i 27 es mostra el temps de retirada dels caps de pollastre.

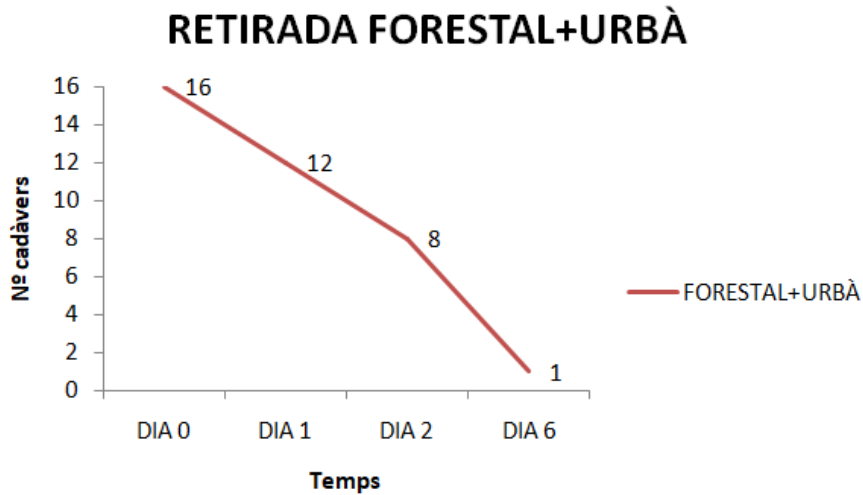


Figura 26: Gràfic retirada de cadàvers a hàbitat forestal i urbà junt

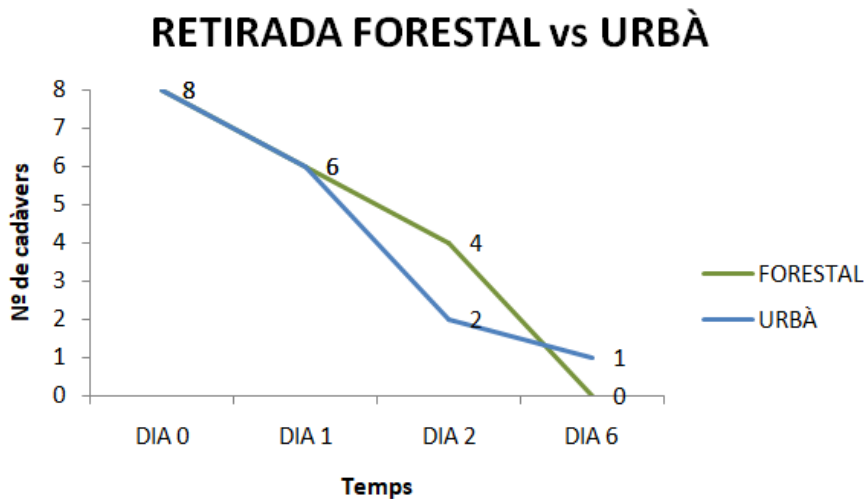


Figura 27: Gràfic retirada de cadàvers segons l'hàbitat

A la Figura 26 s'han sumat les mostres dels dos hàbitats sense fer distinció entre aquests. S'observa una tendència més o menys lineal quant a la desaparició de mostres. D'altra banda, la Figura 27 representa els dos ambients alhora en una mateixa figura per comprovar si existeixen diferències entre un hàbitat urbà i un hàbitat forestal. Els nombres d'ambdós gràfics corresponen als cadàvers que restaven intactes en el moment del mostreig, el que representaria un ocell mort no depredat.

Segons els resultats obtinguts, no s'observen diferències significatives entre la retirada de cadàvers en un hàbitat forestal i en un d'urbà. Això és contrari al que s'esperaria, ja que en un hàbitat forestal sense la pertorbació humana s'espera trobar fauna lligada a boscos i que, per tant, desapareguin amb una freqüència més elevada (Sarmiento *et al.*, 2010). Això, però difereix molt de la realitat perquè a través de càmeres de trampeig fotogràfic es va poder observar persones retirant els esquers i gossos alimentant-se d'aquests, un fet que ha provocat que els resultats no siguin del tot reals, ja que s'han comptat com depredats perquè només es tenia clar qui se l'havia endut en els punts de mostreig on hi havia càmera. Per tant, no es poden treure conclusions significatives d'aquesta part de l'estudi, però es podria millorar posant una càmera a cada punt de mostreig per saber al 100% quins esquers han estat retirats per gossos/humans i quins per fauna salvatge.

Del que sí que es poden treure conclusions certes és del temps que transcorre des que un ocell cau a terra electrocutat fins que desapareix. Segons els resultats obtinguts han de passar 6 dies perquè això passi amb una certesa del 100%. Per tant, en treballs d'impacte ambiental on s'analitzin infraestructures elèctriques, eòliques o qualsevol altre tipus no té sentit fer mostrejos de mortalitat cada més de sis dies, ja que es trobaria un percentatge molt esbiaixat del real. Això pot fer replantejar-se futurs estudis d'aquestes característiques, pel fet que si ens basem en la Figura 26, cada dos dies desapareixen la meitat dels cadàvers. Per tant, si el que es vol són uns resultats representatius el millor és mostrejar cada dos dies multiplicant el resultat per dos en cas que el mostreig diari no sigui possible, ja que aquesta seria la millor opció. Complementàriament, s'han obtingut imatges a partir de càmeres de trampeig fotogràfic per tal d'inferir si existeixen diferències entre els animals que depreden els ocells en hàbitats urbans i hàbitats forestals.

Un estudi realitzat el 2010 (Ponce *et al.*, 2010) revela que un 32% dels cadàvers d'ocells electrocutats desapareixen al segon dia després de l'accident i que els ocells més petits desapareixen molt abans que els de gran envergadura. Els resultats d'aquest estudi són força similars als d'aquest present, on un 50% han desaparegut al segon dia. Un altre estudi realitzat a Colorado i Wyoming (APLIC, 2006) afirma que els cadàvers de mida petita desapareixen en un lapse de temps de 20-48 hores mentre que els més grans trigarien fins a dos mesos a ser retirats. Els esquers que es van utilitzar durant l'estudi tenien una mida equiparable amb el d'un ocell de mida petita, és per això que probablement han estat retirats amb una freqüència tan elevada. Finalment, un estudi publicat per Constantini *et al.* (2016), assegura que existeixen diferències entre l'estació de l'any i la zona d'estudi en vers la freqüència de retirada de cadàvers. Així doncs, cal adaptar la metodologia d'estudis posteriors similars al territori que s'estigui estudiant i l'estació de l'any. En estacions com la primavera és esperable que els accidents amb les línies

elèctriques augmentin a causa de l'increment d'espècies migratòries i els desplaçaments d'aquestes és, per tant, necessari adaptar-se a cada situació.

En els hàbitats urbans s'han obtingut imatges de gossos que s'han alimentat dels caps de pollastre (Figura 29), persones que han retirat els esquers per desconeixement de l'estudi (Figura 30) i, per acabar, s'han fotografiat porcs senglars (*Sus scrofa*) depredant les mostres (Figura 28) durant dues nits seguides. Així doncs, els senglars estan més lligats del que s'esperava a les zones urbanes (Cahil *et al.*, 2012), depredant un 50% dels esquers en una línia una sola nit i tornant al mateix lloc durant les dues nits següents, en canvi, no se n'ha fotografiat cap en zones forestals. Això pot ser degut al fet que en aquests hàbitats no tenen competència i els hi és molt més fàcil trobar aliment rebuscant entre contenidors o restes que puguin acabar al bosc a causa de l'acció humana (Mollov *et al.*, 2014).



Figura 28: Senglar (*Sus scrofa*) depredant l'esquer a hàbitat urbà. Font: pròpia



Figura 29: Gos depredant l'esquer a hàbitat urbà. Font: pròpia



Figura 30: Persones retirant l'esquer a hàbitat urbà. Font: pròpia



Figura 31: Fagina (*Martes foina*) depredant l'esquer a hàbitat forestal. Font: pròpia

En canvi, a l'hàbitat forestal tot i haver col·locat un nombre més elevat de càmeres només s'ha pogut fotografiar una fagina (*Martes foina*) (Figura 31). Això és degut al fet que les càmeres no es van enfocar a l'esquer o a què hi havia vegetació just davant que interferia en el sensor de moviment activant-lo quan bufava una mica de vent. Per tant, no es poden treure conclusions de quins són els animals més propensos a tenir aquest comportament oportunista, ja que caldrien més rèpliques i obtenir més imatges d'aquestes interaccions.

5. CONCLUSIONS

- a) The Vall del Ridaura is an area where a large number of power lines are concentrated and most of these are uncorrected. As much as a higher percentage of supports have been considered not dangerous, the risk remains as there are variables that cannot be controlled such as the stochastic effect.
- b) It was possible to study 93% of the entire high, medium and low voltage power lines that run through the Ridaura Valley, a very high number that allows you to get an idea of the real situation of the area Translated into absolute numbers, 52 of 56 lines have been categorized.
- c) The study by Tintó *et al.*, (2010) is a good tool for categorizing supports individually and assigning a risk score to each support. However, it must be adapted to the area being studied, since in this case, the largest raptors in the area (duke and bald eagle among others), which are the most affected by this problem; they do not base their diet on rabbits, which are almost absent. However, if the methodology of Tintó *et al.*, (2010) had been followed to the letter, this was a variable that would have had a lot of weight.
- d) The number of evidence of electrocutions has been greatly skewed from the real one if the corpses found are related to the results of the withdrawal experiment.
- e) A bird takes 6 days to disappear, on average, from the place where it has died and would mostly be preyed upon by a mammal that takes advantage of the underlines to feed without having to hunt. If the first days after death are taken into account, after 48 hours only half of the electrocuted birds remain.
- f) It has no sense to carry out environmental impact studies that relate the number of animals killed due to electrical, wind or similar infrastructures if sampling is done every more than 2 days since the results are underestimated.
- g) It is necessary to adapt the methodology of environmental impact studies on electrical, wind, etc. infrastructures to the study area and the season of the year, giving more emphasis to vulnerable migratory species.
- h) Finally, no clear conclusions can be drawn as to whether there are differences between the animals that frequent the underlines in forest habitats and urban habitats. A priori it would seem that wild boars have a greater predilection for urban habitats and than other animals such as pheasants for forests. However, this cannot be guaranteed since only a

total of five cameras have been installed spread over 16 sampling points and two of these have failed due to poor placement. To finish drawing conclusions on this aspect, the experiment could be repeated by installing a camera at each sampling point and repeating the complete procedure more than once.

6. BIBLIOGRAFIA

- Aparisi, G. (2019). *Electrocución en aves salvajes protegidas*. (Treball de fi de Grau). Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria.

- APLIC. Avian Power Line Interaction Committee. (2006). *Suggested Practices for Avian Protection on Power Lines: The State of the Art in 2006*. Edison Electric Institute, APLIC, and the California Energy Commission. Washington, D.C and Sacramento, CA.

- Bernardino, J.; Bevanger, K.; Barrientos, R.; Dwyer, J.F.; Marques, A.T.; Martins, R.C.; Shaw, J.M.; Silva, J.P.; Moreira, F. (2018). Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biological Conservation*, 222, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.029>.

- Bevanger, K. (1994). Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *IBIS: International journal of avian science*, 136 (4), 412-425 Recuperat de: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1994.tb01116.x>

- Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86 (1), 67-76. doi:10.1016/S0006-3207(97)00176-6

- Cahill, S.; Llimona, F.; Cabañeros, L.; Calomardo, F. (2012). Characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) habituation to urban areas in the Collserola Natural Park (Barcelona) and comparison with other locations. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35 (2), 221-233.

- Chasco, U. (2020). *Análisis del estado de limpieza de un cauce en riesgo de inundación*. (Treball de fi de Màster). Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports.

- Constantini, D.; Gustin, M.; Ferrarini, A.; Dell'Omo, G. (2016). Estimates of avian collision with power lines and carcass disappearance across differing environments. *Animal conservation* 20 (4), 352-362. <https://doi.org/10.1111/acv.12303>

- Demerdzhiev, D. (2014). Factors Influencing Bird Mortality Caused by Power Lines within Special Protected Areas and undertaken Conservation Efforts. *Acta Zoologica Bulgarica*, 66 (2), 411-423.
- ENDESA. (2017). Especificaciones técnicas particulares de líneas aéreas de alta tensión >36 kv.
- Ferrer, M. (2012). Aves y tendidos eléctricos del conflicto a la solución. (F. Migres, ed.).
- Funosas, G. (2015). *Efectes de les infraestructures elèctriques sobre els ocells a l'EIN de Ardenya-Cadiretes*. (Treball de fi de Grau). Universitat de Girona, Departament de Ciències Ambientals.
- García, A. (2023). Aves silvestres y líneas aéreas de alta tensión: obligaciones básicas e incoherencias en el Real Decreto 1432/2008, sobre medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión. *Actualidad jurídica ambiental*, 134. <https://doi.org/10.56398/ajacieda.00255>
- Gobierno de España, MINISTERIO DE PRESIDENCIA (2008). *Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión*. «BOE» núm. 222, de 13 de septiembre de 2008, páginas 37481 a 37486. Recuperat de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-14914>
- GREFA. Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat. (12 d'abril de 2024). <https://www.grefa.org/>
- Hernández, S. 2007. Impacto de los Tendedos Eléctricos Sobre el Medio Ambiente. Universidad de Extremadura.
- Izquierdo, A.; Martín, C.; Rico, L (1997). Factores técnicos y ambientales implicados en la electrocución de aves en los tendidos eléctricos. Universidad de Alicante, Departamento de Ecología.
- Janss, G. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality, 95, 353–359.

- López, V.; Cuadrado, M.; Díez, F.; Peris, S. (2001). Aves y tendidos eléctricos en las provincias de Salamanca y Ávila. *Revista de Estudios*, 46 : 201-233.
- Loss SR.; Will T.; Marra, P. (2014). Refining Estimates of Bird Collision and Electrocutation Mortality at Power Lines in the United States. *PLoS ONE* 9 (7): e101565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101565>
- Martin, G. R.; Shaw, J. M. (2010). Bird collisions with power lines: failing to see the way ahead? *Biological conservation*, 143(11), 2695–2702. doi:10.1016/j.biocon.2010.07.014
- Mollov, I.; Georgiev, D.; Todorova, B.; Stoycheva, S.; Velcheva, I.; Nikolov, B. (2014) A Review of the Influence of the Urbanization on the Vertebrate Fauna in the City of Plovdiv, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23 (1), 242-245, DOI: 10.1080/13102818.2009.10818410
- Pinós, L. (3 de juny de 2009). 3Cat. *La MAT: penjats d'un fil*. [Vídeo]. <https://www.ccma.cat/3cat/la-mat-penjats-dun-fil/video/5472796/>
- Ponce, C.; Alonso, J.C.; Argandoña, G.; García Fernández, A.; Carrasco, M. (2010). Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. *Animal conservation* 2010, 1-10.
- Regidor, S.; Santos, C.; Ferrer, M.; Negro, J. (1988). Experimentos con modificaciones para postes eléctricos en el Parque Nacional de Doñana. *Ecología*, 2 : 251-256.
- Sakhvon, V.; Kövér, L. (2020) Distribution and habitat preferences of the urban Woodpigeon (*Columba palumbus*) in the north-eastern breeding range in Belarus. *Landscape and Urban Planning*, 201, 103846, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103846>.
- Sala, M.; Batalla, R.; Martín, E.; Pernas, J.; Ubeda, X. (2014). Estudis hidrològics a la Conca del Ridaura. Universitat de Barcelona, Grup de recerca Ambiental Mediterrània.

- Sarmento, P.B.; Cruz, J.P.; Eira, C.I; *et al.* (2010). Habitat selection and abundance of common genet *Genetta genetta* using camera capture-mark-recapture data. *Eur J Wildl Res* 56, 59–66. <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0294-z>

- Savereno, A.; Savereno, L.; Boettcher, R.; Haig, H. (1996). Avian behavior and mortality at power lines in coastal South Carolina. *Wildlife Society Bulletin* 24 (4), 636-648.

- Tintó, A.; Real, J.; Mañosa, S. (2002). 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. 129-133.

- Tintó, A.; Real, J.; Mañosa, S. (2010). Predicting and correcting electrocution of birds in mediterranean areas. *Journal of Wildlife Management*, 74 (8), 1852–1862. doi:10.2193/2009-521

- Venezuela, P. (2009). Colisión y Electrocutación de Aves en el Tendido Eléctrico. *La Chiricoca. Boletín electrónico de los observadores de aves en Chile*, 9 : 20-25.