



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-346

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Evaluación de la incidencia de los incendios provocados por la electrocución de avifauna.

SORIA, M.A.¹, GUIL CELADA, F.²

¹ Biodiversity Area, Tragsatec. C/ Julian Camarillo, 6B. 28037, Madrid. fguil@tragsa.es

³ XXX, Spanish Ministry of the Environment. Plaza San Juan de la Cruz, S/N. 28003. Madrid

Resumen

La electrocución de aves en tendidos eléctricos puede provocar incendios forestales. Se ha efectuado un análisis de la base de datos del ADCIF (MAGRAMA) para el periodo 2000-2012, con 30 incendios provocados por aves electrocutadas en tendidos eléctricos. Los incendios no han presentado diferencias con respecto a los provocados por líneas eléctricas en general en cuanto a superficie afectada o afección. Con respecto a su distribución temporal, no son detectados hasta 2005 y crece hasta 2008, cuando el porcentaje de incendios producidos por aves es de un 2,4% con respecto al total de los provocados por tendidos eléctricos.

Se ha efectuado una evaluación del impacto económico mediante la plataforma MORA. En promedio se obtienen unos costes anuales para el periodo 2005-2012 de 281.838,87 y de 455.693,85 €/año cuando se consideran los costes en el periodo 2008-2012. Por lo tanto, se obtiene un impacto de entre 9.394.628,83 y 15.189.795,00 €. Al considerar además las emisiones de CO₂ que se han producido en el periodo de afección (2005-2012) se obtienen 2.280.067 t/año, con un impacto estimado entre 1.843.693,62 y 2.996.002,13 €. Esto conlleva que el impacto económico total de los incendios provocados por las aves supondrá entre 11.238.322,45 y 18.185.797,13€.

Palabras clave

Aves, rapaces, electrocución, CO₂, incendio forestal, impacto económico

1. Introducción

La interacción entre aves y tendidos eléctricos es un fenómeno ampliamente estudiado (Bevanger, 1994; 1998). Los aspectos negativos para las aves han sido los más estudiados, especialmente la mortalidad por colisión, la mortalidad por electrocución (Jenkins et al. 2010; Lehman et al. 2007) y la fragmentación que provocan los corredores en zonas forestales (Andrews, 1990; Kroodsma, 1982; Vergara et al. 1994). De entre los aspectos positivos, el más estudiado es el empleo de los apoyos como sustrato de nidificación (Infante y Peris, 2003; Mainwaring, 2015; Tryjanowski et al. 2014).

Por otra parte, hay otros aspectos negativos que provocan las líneas eléctricas que han sido poco estudiados, como la mortalidad por enganche (Gangoso and Palacios, 2002), los efectos de los campos electromagnéticos (Fernie & Reynolds, 2005; Balmori & Hallberg, 2007) y las interacciones ecológicas negativas que provocan para determinadas especies, como el aumento de la presencia de predadores (Lammers & Collopy, 2007; Dinkins et al. 2010).

Pero hay algunos aspectos relevantes que han sido poco estudiados, como sucede con los incendios forestales provocados por las aves electrocutadas. Se sabe que las aves electrocutadas pueden provocar incendios (BioResource Consultants. 2008). Algunos de estos incendios pueden tener consecuencias muy graves, como la pérdida de vidas humanas, como se

ha determinado en el caso del incendio de Valparaíso de 2014 (Labrín y Díaz, 2015).

La existencia de incendios provocados por aves electrocutadas es más posible en climas como el mediterráneo. En las regiones de clima mediterráneo la época de mayor sequía ambiental y mayores temperaturas (verano) coincide con la época de independencia de los pollos de las grandes aves planeadoras (Ferguson-Lees and Christie, 2007; Vergara et al. 2007). Estas aves son más susceptibles a la electrocución (Janss, 2000), especialmente sus pollos (González et al. 2007).

En España se consideran 5 grandes grupos de causas de incendio. La última modificación sustancial de las causas de incendio ocurrió en 1998 (ADCIF, 2002). Los incendios provocados por tendidos eléctricos figuran dentro del grupo "Negligencias y causas accidentales". Y los incendios provocados por las aves electrocutadas se consideran dentro de los provocados por tendidos eléctricos.

A partir de todo lo anterior, España puede ser considerado como un buen ejemplo para el análisis de las interacciones, puesto que se ha avanzado mucho tanto en el estudio de la electrocución de aves (Tintó et al. 2010; López-López et al. 2011; Pérez-García et al. 2011) como en el estudio de las causas de los incendios (ADCIF, 2002; Cubo et al. 2012).

El presente estudio busca describir las 5 Ws de los incendios forestales provocados por interacciones entre aves y tendidos eléctricos en España: en qué consiste el fenómeno (para lo que se analizarán las características de los incendios que provocan las aves), dónde se producen (y se analizará si existen patrones de agrupación espacial), cuándo se producen (a lo largo del año y a lo largo del periodo considerado), qué aves lo provocan, qué causas lo favorecen y cuánto impacto económico tienen (tanto el importe de restaurar el daño causado como por las emisiones de CO₂ que provocan). Para ello se ha empleado la base de datos del ADCIF (MAGRAMA, 2014), que contempla incendios provocados por líneas eléctricas. Se han empleado los datos para el periodo 2000-2012 (el último año completo que se encontraba en la base de datos en la fecha de solicitud de los mismos).

2. Metodología

Se han comparado las características de los incendios provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos con los incendios provocados por tendidos eléctricos en general (habitualmente provocados por contactos con la vegetación). Se han considerado dos aspectos fundamentales contenidos en la base de datos, las superficies forestales afectadas y la posibilidad de autorregeneración. La superficie forestal se ha calculado en campo mediante GPS de mano, salvo cuando ha excedido de 50 ha, en cuyo caso se calcula mediante ortofotografía. La posibilidad de autorregeneración se ha basado en una evaluación cualitativa de la superficie de la masa forestal afectada que es capaz de regenerarse sin necesidad de tratamientos. Este parámetro se ha dividido en tres niveles: nivel 1 (más del 60% de la superficie puede regenerarse sin necesidad de tratamientos), nivel 2 (entre el 30 y el 59% puede regenerarse sin tratamientos) y nivel 3 (menos del 30% puede regenerarse sin necesidad de tratamientos).

La existencia de diferencias en las superficies forestales afectadas en cada caso (incendios provocados por tendidos eléctricos con o sin interacción de aves) y de la posibilidad de autorregeneración se han contrastado mediante el test del signo-rango de Wilcoxon.

Para conocer dónde se producen se ha analizado la naturaleza de la distribución espacial de los incendios provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos. Además, se ha efectuado una comparación con los incendios provocados por tendidos eléctricos en general. Para ello se han empleado los datos de la península ibérica y de las Islas Baleares, descartando los de las islas Canarias por el escaso volumen de datos ($n=10$) y por la ausencia de incendios provocados por aves.

Para conocer si tanto los incendios forestales provocados tendidos eléctricos como el caso particular de los provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos responden a una distribución espacial completamente aleatoria o no se han analizado las distancias entre los mismos. Para ello se ha empleado la función G, al 96% (Bivand et al. 2013). Esta función mide la distancia de un punto dado al siguiente más cercano. Si estas distancias vienen dadas por $d_i = \min_j \{d_{ij}, \forall j \neq i\}, i = 1, \dots, n$ entonces la función G puede ser estimada como $\hat{G}(r) = \frac{\#\{d_i: d_i \leq r, \forall i\}}{n}$. Bajo la Complete Spatial Randomness (CSR), el valor de la función G es $G(r) = 1 - \exp(-\lambda\pi r^2)$ donde λ es la intensidad o media del número de puntos por unidad de superficie. Para la estima de la función G se ha empleado el paquete spatstat (Baddeley & Turner, 2005; Baddeley et al. 2015) para R 3.2.3 (R Core Team, 2015). Se emplea con 100 simulaciones y corrección de efecto borde. El marco de los datos empleado de los datos ha sido el shapefile de España peninsular e Islas Baleares a escala 1:200.000 del IGN, importado a R mediante el paquete mapproj (Bivand & Lewin-Koh, 2016).

Para conocer cuándo se producen se ha efectuado un análisis para conocer si los incendios forestales provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos tienen un reparto a lo largo de los años (2000-2012) semejante al de los incendios forestales provocados por tendidos eléctricos. Para comprobarlo se han analizado las frecuencias relativas de cada tipo de incendios. Se ha empleado el test de varianzas de la F de Fisher-Snedecor.

Para conocer qué aves lo provocan se ha efectuado un análisis para conocer si los grupos de aves que provocan incendios son semejantes a las aves anilladas que aparecen electrocutadas. Se ha empleado para ello la base de datos de aves anilladas que aparecen electrocutadas en España (1990-2010, de acuerdo a los datos de Guil et al. 2015). Para compararlos se ha empleado el test del signo-rango de Wilcoxon para muestras pareadas. Se han empleado las siguientes categorías y familias:

- Rapaces diurnas: *Accipitridae* y *Falconidae*
- Rapaces nocturnas: *Strigidae* y *Tytonidae*
- Cuervos: *Corvidae*
- Estorninos: *Sturnidae*
- Garzas y semejantes: *Ardeidae*, *Phoenicopteridae* and *Threskiornithidae*
- *Coraciiformes*
- *Charadriiformes*
- *Picidae*
- Mamíferos (not included in el test, ya que Guil et al. 2015 únicamente incluye aves)

Para conocer su impacto económico se ha efectuado una valoración individual del impacto económico que supone su restauración y del impacto económico que suponen las emisiones de CO₂ provocadas. Para evaluar los costes de la restauración se ha empleado

la plataforma MORA (MAGRAMA, 2016). En todos los casos se ha seguido el mismo procedimiento, que se detalla como material suplementario. El programa discrimina:

- Reparaciones primarias totales, que comprenden los costes de devolver la superficie afectada a su estado original
- Reparaciones compensatorias totales, que comprenden los costes compensatorios para aquellas afecciones que deben ser reparadas mediante trabajos específicos, como la afección a arbolado maduro
- Otros costes, como los derivados de los trabajos de elaboración de proyectos y creación de accesos a la zona afectada

Para la estima de los importes de las emisiones de CO₂ se ha efectuado en primer lugar el cálculo de las mismas. Mediante el servidor WMS del Mapa Forestal y comprobación con ortofotografía del PNOA a escala máxima 1:2.000, se ha caracterizado la cubierta vegetal que fue afectada por el incendio. Si la coordenada, que responde al foco, no se sitúa sobre una masa forestal, se ha considerado como afectada la superficie forestal más próxima.

Una vez que se han caracterizado las cubiertas vegetales, a partir de los datos contenidos en Valero et al. (2007), se han obtenido las emisiones en toneladas de CO₂ por hectárea quemada. Cuando alguna categoría no aparece directamente se consideran las emisiones correspondientes a aquella estructuralmente más próxima. Cuando se dan varias posibilidades de emisión para un mismo tipo de formación se han empleado las intermedias. De esta forma se obtienen las cantidades emitidas, que posteriormente se van a anualizar. Hemos usado el coste social del carbón (Social Cost of Carbon (SCC), en Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, 2015). Se ha empleado el SCC para 2015, con una tasa de descuento del 3%. En este caso, el SCC se ha actualizado a dólares de 2015 usando la inflación entre 2007 and 2014 (16,87%, World Bank Data, 2016). Y finalmente estos resultados se han convertido a euros usando la media anual del cambio (0.937; Internal Revenue Service, 2016). Así, hemos usado 39,42 € por t de CO₂.

Para la valoración de los impactos económicos se han considerado importes promedios anuales. Para obtener el valor actual (NPV) de la afección se ha considerado un tiempo de amortización infinito. Para ello se ha empleado una tasa de interés del 3%. En este caso la fórmula empleada para obtener el valor actual ha sido $NPV = \frac{39.42 \cdot YECO_2}{3\%}$ donde YECO₂ son las emisiones anuales en toneladas de CO₂.

3. Resultados

Del conjunto de los 2788 incendios provocados por tendidos eléctricos, se han encontrado 30 registros de incendios provocados por la interacción entre aves y tendidos eléctricos, con una superficie forestal afectada media de 9,061 ha (±37,677; max=203,85 ha). Además, se han registrado 2759 incendios provocados por tendidos eléctricos en los que no se considera la participación de aves, con una superficie forestal afectada media de 9,844 ha (±76,703; max=1890 ha). No existen diferencias en cuanto a superficie afectada (W = 41929,5, p-valor = 0,653). Tampoco se producen diferencias en el grado de autorregeneración (W = 41553, p-valor = 0,935).

Del conjunto de la base de datos, 464 no presentaban coordenadas. De los que sí las presentaban, 5 registros mostraban coordenadas erróneas (a una distancia

superior a 1 km de la frontera española), por lo que fueron eliminados. Además, 47 mostraban coordenadas duplicadas, por lo que fueron eliminados para poder efectuar su análisis mediante el paquete spatstat para R. Se ha dispuesto de coordenadas para 29 de los 30 incendios forestales que han tenido su origen en la interacción entre aves y tendidos eléctricos.

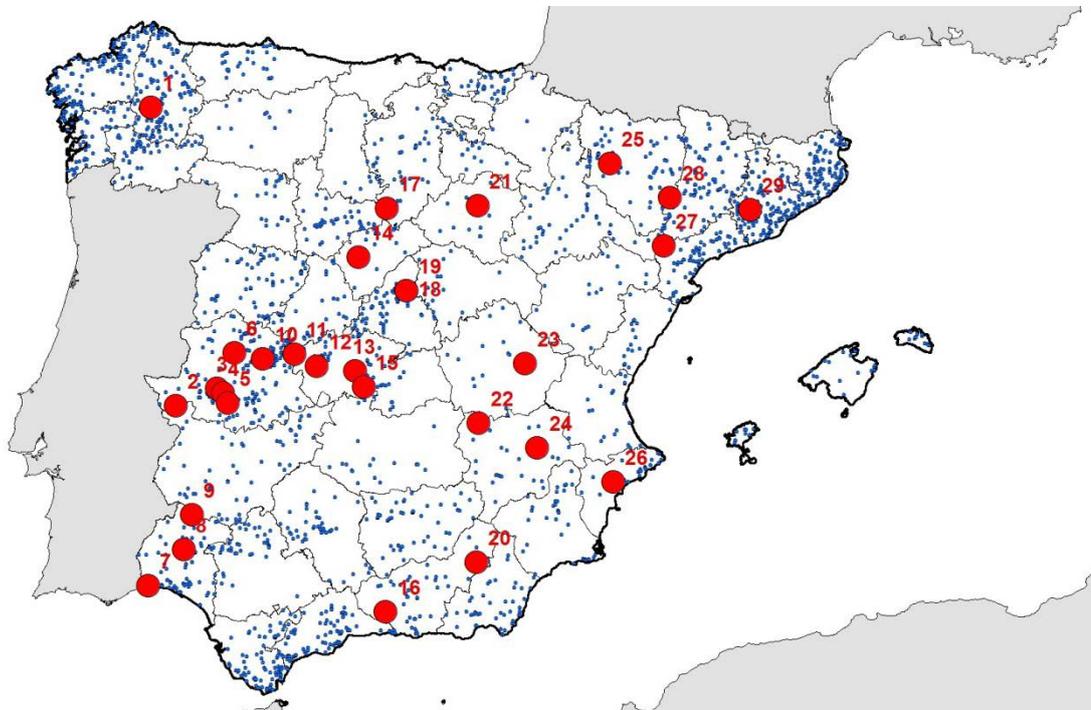


Figura 1: Localización de los incendios provocados por tendidos eléctricos (puntos azules) y de los incendios forestales provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos (puntos rojos, numerados)

Estos incendios tienen una distribución con cierta tendencia a la agrupación, como se desprende de que parte de los valores obtenidos estén por encima de los esperados en la función G.

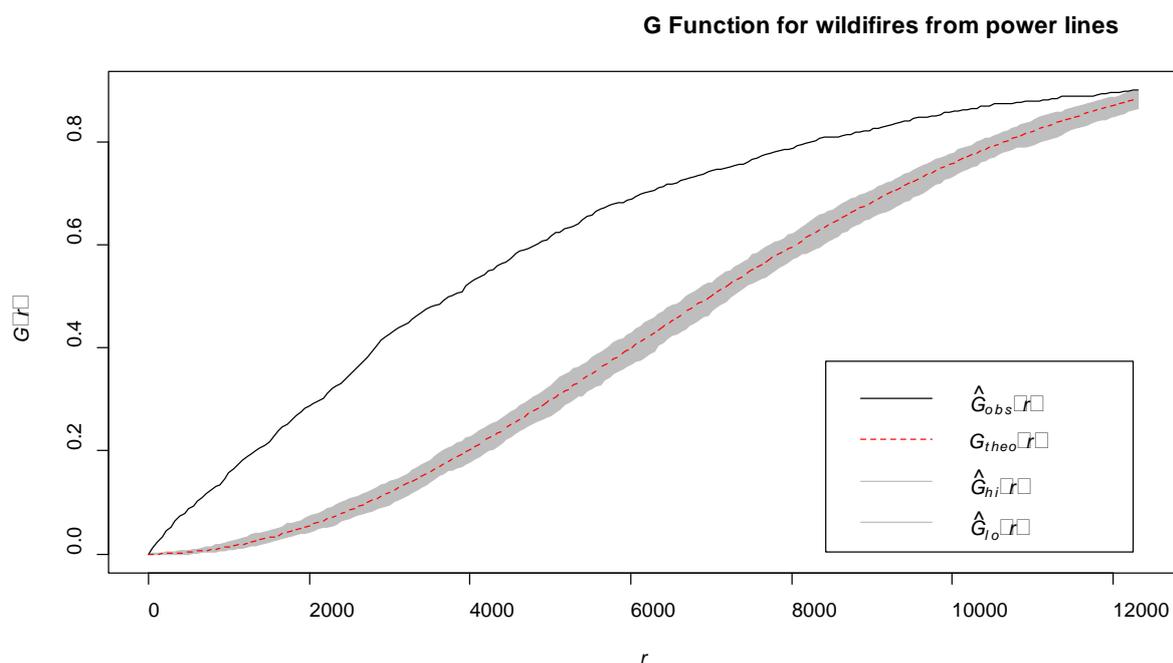


Figura 2: Comparativa de la función G para los incendios forestales causados por líneas eléctricas (línea negra) con el valor teórico (línea discontinua roja) y las simulaciones al 96% del anterior (área gris)

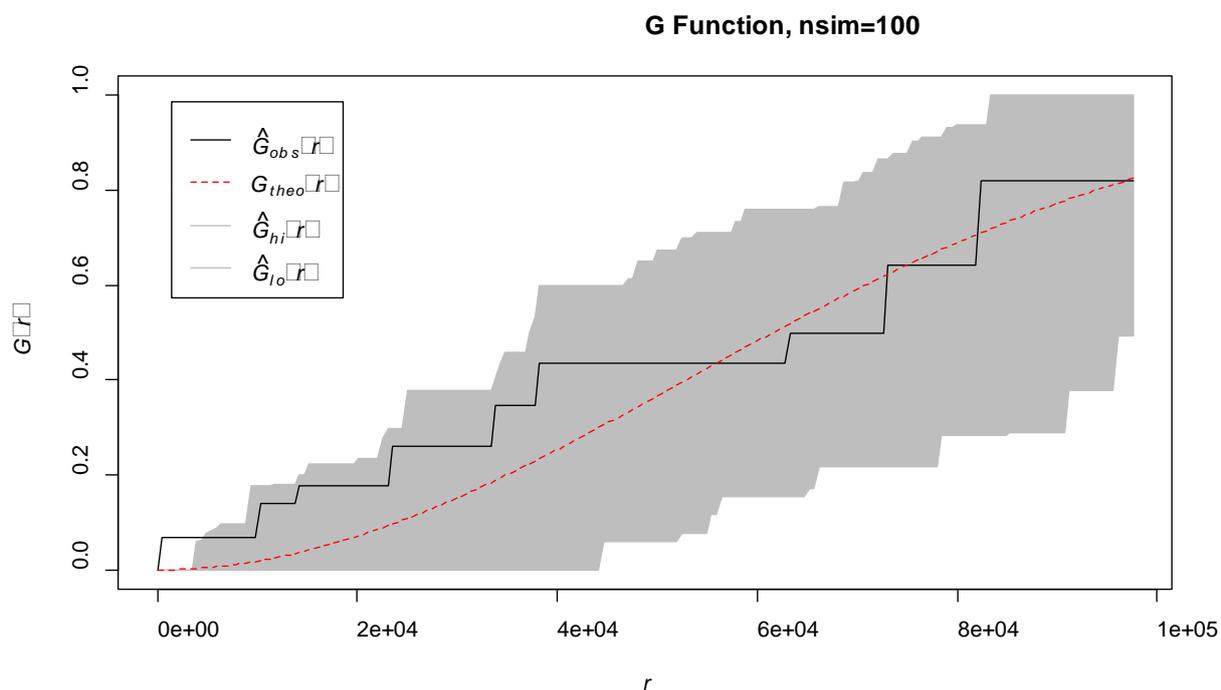


Figura 3: Comparativa de la función G para los incendios forestales causados por la interacción de aves y tendidos eléctricos (línea negra) con el valor teórico (línea discontinua roja) y las simulaciones al 96% del anterior (área gris)

La frecuencia de los incendios forestales provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos se distingue de la provocada por tendidos eléctricos ($F_{12} = 0.040403$, p -valor = $2.676e-06$). Su tendencia pasa por tres fases. En la primera (2000-04) no se detectan, mientras que en la segunda (2005-2008) se produce un importante incremento y en la tercera un cierto mantenimiento en torno al $2,4 \pm 0,5\%$ de los incendios provocados por tendidos eléctricos.

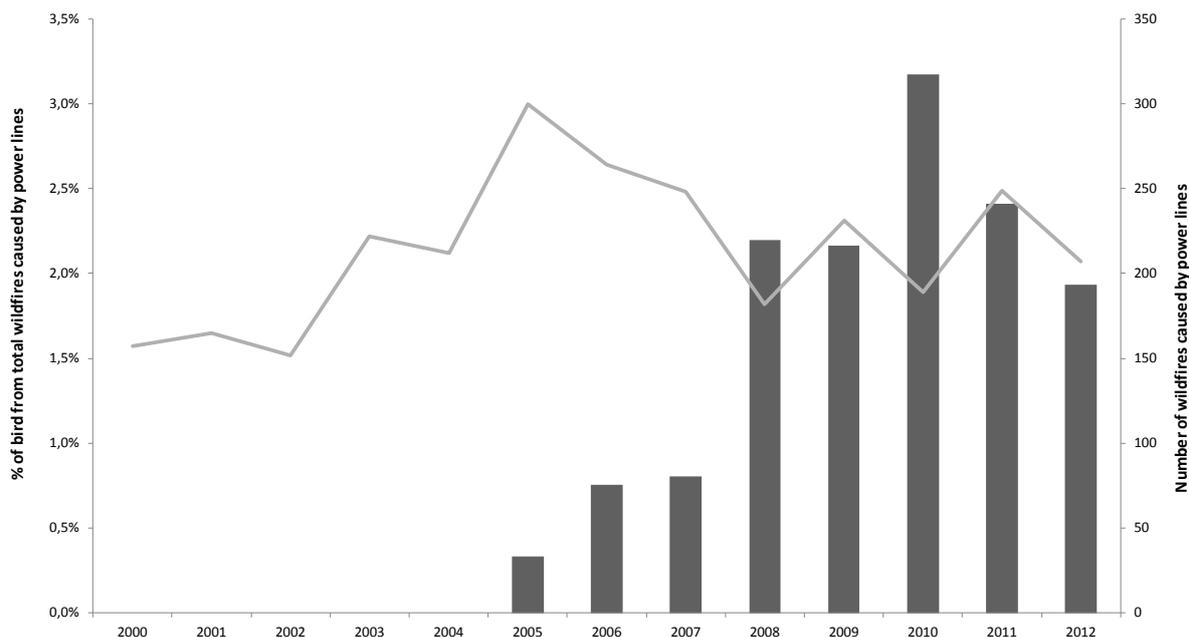
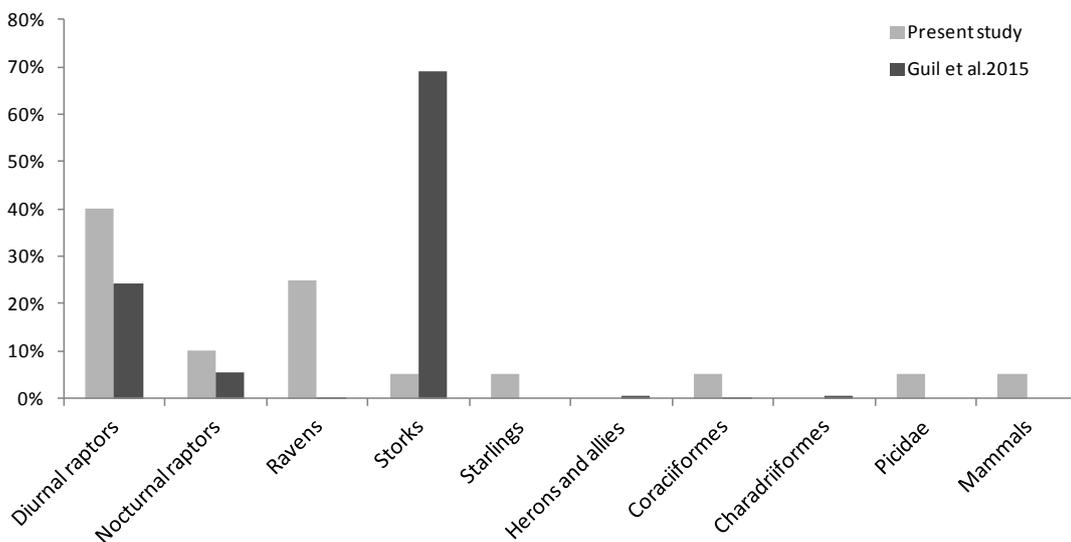


Figura 4: Evolución comparada del número de incendios causados por líneas eléctricas (línea) y del porcentaje de éstos causados por las interacciones entre aves y líneas eléctricas.

De los 30 casos se han podido identificar los grandes grupos que las provocan en 20. De éstas, los más abundantes son las rapaces diurnas (n=8) seguidas de los córvidos (n=5), las rapaces nocturnas (n=2) y el resto de categorías con 1 incendio. De los 8 incendios provocados por rapaces 3 lo han sido por buitres (sin identificar especie), otro por águila culebrera (*Circaetus gallicus*), otro por cernícalo primilla (*Falco naumanni*), otros 2 por águila sin especificar y otro por ave rapaz sin especificar. No se han encontrado diferencias significativas en cuanto a las proporciones respecto a los datos de mortalidad de aves anilladas en España (V = 33, p-valor = 0,2357).



Mediante la aplicación MORA se han calculado los costes de reparación y compensación de todos los incendios provocados por aves. Además, a través de MORA se ha estimado el coste de las obras complementarias (caminos rurales, generalmente). La tabla resumen es la siguiente:

Tabla 1: resumen de las compensaciones estimadas mediante MORA para cada incendio

Número	Año	Reparaciones primarias totales (€)	Reparaciones compensatorias totales (€)	Total reparaciones	Otros costes (€)	Total
2010250074	2010	1.519,45	0,00	1.519,45	90.321,66	91.841,11
2005160277	2005	0,00	1.503,62	1.503,62	15.253,26	16.756,88
2012180172	2012	1.608,95	1.614,70	3.223,65	0,00	3.223,65
2010030010	2010	3.139,05	1.622,60	4.761,65	31.225,26	35.986,91
2012420046	2012	1.721,80	0,00	1.721,80	49.553,13	51.274,93
2010080079	2010	4.588,92	2.979,52	7.568,44	27.951,00	35.519,44
2010220058	2010	2.059,05	1.519,45	3.578,50	15.972,00	19.550,50
2007210043	2007	4.645,91	3.005,45	7.651,36	44.881,32	52.532,68
2010090069	2010	2.126,50	2.032,80	4.159,30	15.253,26	19.412,56
2007270260	2007	2.126,50	1.519,45	3.645,95	43.483,77	47.129,72
2009280241	2009	1.565,72	0,00	1.565,72	4.210,80	5.776,52
2006020043	2006	3.545,20	4.087,02	7.632,22	39.930,00	47.562,22
2010430048	2010	4.600,69	3.474,64	8.075,33	11.260,26	19.335,59
2006180083	2006	0,00	5.797,93	5.797,93	0,00	5.797,93
2008060052	2008	2.274,56	2.304,83	4.579,39	159.720,00	164.299,39
2008210030	2008	4.824,47	1.654,35	6.478,82	9.623,13	16.101,95
2009020078	2009	0,00	8.455,10	8.455,10	16.930,32	25.385,42
2009450126	2009	7.325,91	1.856,70	9.182,61	5.699,10	14.881,71
2011100283	2011	4.493,18	6.031,32	10.524,50	13.576,93	24.101,43
2011400058	2011	34.559,85	15.965,99	50.525,84	15.972,00	66.497,84
2012280310	2012	2.457,93	1.460,74	3.918,67	4.210,80	8.129,47
2008450032	2008	9.795,93	1.656,88	11.452,81	7.986,00	19.438,81
2011100284	2011	3.201,46	1.478,24	4.679,70	19.965,00	24.644,70
2012100763	2012	4.338,61	1.486,99	5.825,60	0,00	5.825,60
2008450191	2008	27.471,07	7.431,07	34.902,14	66.084,15	100.986,29
2011100275	2011	32.881,61	3.138,24	36.019,85	16.930,32	52.950,17
2011100173	2011	59.911,45	45.235,43	105.146,88	0,00	105.146,88
2011060155	2011	691.303,30	345.439,75	1.036.743,05	35.937,00	1.072.680,05
2009450229	2009	15.664,92	8.246,61	23.911,53	73.111,83	97.023,36
2009310449	2009	3.316,09	1.601,12	4.917,21	0,00	4.917,21

Los incendios provocados por la interacción de aves y tendidos eléctricos han supuesto un impacto de 2.254.710,92 en el periodo considerado (2000-2012). Esto supone 173.439,30 €/año. Pero si sólo consideramos el periodo en que se han registrado incendios forestales provocados por aves han tenido lugar (2005-2012) habrán supuesto 281,838.87 €/año. Por lo

tanto, los costes totales de los incendios provocados por las interacciones supondrán entre 5.781.310,05 y 9.394.628,83.

A partir de la siguiente tabla, donde se reflejan las coordenadas de los focos de los incendios provocados por aves en proyección UTM, huso 30, se obtienen las siguientes cantidades de toneladas de CO₂ emitidas:

Tabla 2. Principales características de los incendios provocados por aves, incluyendo las emisiones de CO₂

X	Y	Sup Forestal	Vegetación	Emisiones T CO ₂ /ha	T emitidas
119.609	4.749.111	0,1	Matorral con Q. robur y Q. petraea	28,64	2,9
152.092	4.361.585	0,4	Encinar adehesado	43,4	17,4
205.046	4.384.574	2	Herbazal	22,61	45,2
212.889	4.378.482	3,3	Herbazal	22,61	74,6
218.638	4.365.667	3,9	Herbazal	22,61	88,2
227.375	4.430.337	45	Encinar adehesado	43,4	1953,0
116.653	4.128.377	0,5	Pinar de pino piñonero	40,43	20,2
162.701	4.174.849	0,09	Eucaliptal	119,93	10,8
173.007	4.220.300	203,85	Encinar	74,87	15262,2
264.526	4.422.765	1	Encinar adehesado	43,4	43,4
304.604	4.428.892	0,87	Encinar adehesado	43,4	37,8
333.792	4.412.705	3,4	Encinar	74,87	254,6
382.954	4.406.607	1,25	Encinar	74,87	93,6
387.591	4.554.923	1,12	Encinar	74,87	83,9
394.449	4.386.216	1,53	Encinar con pino piñonero	74,72	114,3
422.359	4.094.109	0,36	Pinar de pino carrasco	40,43	14,6
423.787	4.618.342	0,1	Chopera	62,9	6,3
449.578	4.511.554	0,13	Herbazal	22,61	2,9
449.595	4.511.540	1,15	Herbazal	22,61	26,0
539.567	4.158.212	0,02	Pinar de pino carrasco	40,43	0,8
541.082	4.621.971	0,04	Encinar	74,87	3,0
542.391	4.339.525	0,77	Encinar	74,87	57,6
602.260	4.416.940	0,01	Pinar de P. nigra	40,43	0,4
618.000	4.307.150	0,2	Pinar de pino carrasco	40,43	8,1
711.390	4.676.226	0,09	Herbazal	22,61	2,0
715.936	4.262.253	0,03	Pinar de pino carrasco	40,43	1,2
780.928	4.569.261	0,34	Pinar de pino carrasco	40,43	13,7
789.132	4.631.850	0,01	Herbazal	22,61	0,2
892.089	4.616.792	0,04	Pinar de pino carrasco	40,43	1,6
Total					18.240,5 T

En total se han obtenido 18240,5 t de CO₂ para el periodo considerado (2000-2012). Es decir, se obtendría una media de 1403,115 t por año. Pero si únicamente consideramos el periodo donde se han registrado incendios forestales provocados por las

interacciones entre aves y tendidos eléctricos han tenido lugar (2005-2012), se obtienen 2.280,067 toneladas de CO₂ al año. Por lo tanto, se obtendrá un impacto económico anual que variará entre 55.310,81 y 89.880,06 €, con un NPV de entre 1.843.693,615 y 2.996.002,125. Es decir, el impacto económico total de los incendios forestales provocados por las interacciones entre aves y tendidos eléctricos supondrá entre 7.625.003,67 € y 12.390.630,96 €.

4. Discusión

Los incendios forestales que han tenido su origen en la interacción entre aves y tendidos eléctricos suponen un porcentaje relativamente pequeño de los incendios provocados por los tendidos eléctricos, pero tienen un impacto relevante. Muestran unas características generales comparables entre sí, pero también importantes diferencias.

Su distribución espacial no es aleatoria, sino que muestran tendencia a concentrarse en determinadas zonas. Esta tendencia a agruparse puede venir dada tanto por la existencia de zonas más favorables al inicio de incendios (Gonzalez-Olabarria et al. 2012; Serra et al. 2013) como a la tendencia a la agrupación que muestran las zonas de electrocución de avifauna (Guil et al. 2011). Dado que se produce una agrupación incluso dentro de las áreas donde ocurren los incendios provocados por tendidos eléctrico, esta última hipótesis parece ser más probable.

La tendencia a incrementarse en los últimos años puede estar relacionada con una mejora generalizada en la investigación de las causas de los incendios forestales (ADCIF, 2002, 2012). Sería deseable contar con información acerca de los meses en que se producen, aunque no ha sido posible. No obstante, dado que el fenómeno es análogo a los incendios convencionales, no se estima que deban existir diferencias.

Con respecto a las comunidades de aves que originan los incendios, no se aprecian diferencias con respecto a estudios precedentes en España (Guil et al. 2015). En casi todos los casos se trata de aves con importantes envergaduras, como ha sido sugerido por otros autores (Janss, 2000; Pérez-García et al. 2016). No obstante, se ha constatado la existencia de aves con tamaños reducidos (p.ej. *Upupa epops* o *Coracias garrulus*) e incluso un mamífero de talla media, una garduña (*Martes foina*). La existencia de conductores por encima de las crucetas favorece la electrocución de estas aves de tamaño pequeño y mediano.

5. Conclusiones

Hasta el momento el problema entre aves y líneas eléctricas únicamente se había abordado desde la perspectiva de la conservación de las poblaciones de aves (González et al. 2007; Mañosa, 2001; Pérez-García et al. 2011) o del gasto indirecto debido a las pérdidas de suministro. Pero no se habían conducido estudios con el objetivo de estimar el alcance de otros efectos secundarios como los incendios y sus costes asociados, las emisiones de CO₂, gastos en reparación pérdida de biodiversidad, etc.

El cambio de régimen en los incendios forestales y un aumento en su frecuencia debido a causas no naturales es una de las principales amenazas para la conservación de los ecosistemas mediterráneos (Syphard et al. 2009; Underwood et al. 2009). Es necesario entender el origen de todas las causas no naturales para poder actuar eficazmente. Los incendios producidos por tendidos eléctricos podrían suponer el 1,23% de todos los incendios registrados en España entre 2000 y 2012. De este porcentaje únicamente

el 2,4% podría deberse a electrocuciones de aves y otras especies de fauna, lo que supone un impacto reducido en términos globales, pero relevante en términos ambientales y económicos.

El cumplimiento de lo establecido en el *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* debe permitir minimizar la afección de lo tendidos eléctricos a las aves y por tanto los incendios que éstas originan.

6. Agradecimientos

El presente trabajo es fruto del “Estudio de integración de las necesidades de financiación impuestas por el R.D. 1432/2008, con el mecanismo previsto a través de un Plan de Impulso al Medio Ambiente que dé cumplimiento a la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, a través del establecimiento de las líneas de subvención a los titulares de las líneas de alta tensión para la ejecución de las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión como mejora de la eficiencia energética” encomendado por la Dirección General de Calidad, Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente al Grupo Tragsa,

7. Bibliografía

- ADCIF. 2002. Los incendios forestales en España Decenio 1991-2000. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. Available at http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/decenio_1991_2000_tcm7-349069.pdf
- ADCIF, 2012. Los incendios forestales en España Decenio 2001-2010. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. Available at http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/INCENDIOS_FORESTALES_2001-2010_FINAL_mod.1_tcm7-349255.pdf
- ANDREWS, A. 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist*, 26(3-4), 130-141.
- BADDELEY, A.; RUBAK, E.; TURNER, R. 2015. *Spatial Point Patterns: Methodology and Applications with R*. Chapman and Hall/CRC Press. London.
- BADDELEY, A.; TURNER, R. 2005. spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. *Journal of Statistical Software* 12(6), 1-42
- BALMORI, A.; HALLBERG, Ö. 2007. The urban decline of the house sparrow (*Passer domesticus*): a possible link with electromagnetic radiation. *Electromagnetic biology and medicine*, 26(2), 141-151.
- BIORRESOURCE CONSULTANTS. 2008. Identifying electric distribution poles for priority retrofitting to reduce bird mortality. California Energy Commission, PIER-Energy-Related Environmental Research Program, Sacramento, CA. CEC-500-2008-055. 49 pp
- BIVAND, R.; LEWIN-KOH, N. 2016. maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.8-39.
- CUBO, J. E.; ENRÍQUEZ, E.; GALLAR, J. J.; JEMES, V.; LÓPEZ, M.; MATEO, M. L.; MUÑOZ, A.; PARRA, P. J. 2012. Los incendios forestales en España Decenio 2001-2010. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. En http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/incendios_forestales_espa%C3%B1a_decenio_2001_2010_tcm7-235361.pdf
- DINKINS, J. B.; CONOVER, M. R.; KIROL, C. P.; BECK, J. L. 2012. Greater Sage-Grouse (*Centrocercus urophasianus*) select nest sites and brood sites away from avian predators. *The Auk*, 129(4), 600-610.
- KROODSMA, R. L. 1982. Edge effect on breeding forest birds along a power-line corridor. *Journal of Applied Ecology*, 361-370.

- FERNIE, K. J.; REYNOLDS, S. J. 2005. The effects of electromagnetic fields from power lines on avian reproductive biology and physiology: a review. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 8(2), 127-140.
- FERGUSON-LEES, J.; CHRISTIE, D. A. 2001. *Raptors of the world*. Houghton Mifflin Harcourt.
- GONZÁLEZ, L. M.; MARGALIDA, A.; MAÑOSA, S.; SÁNCHEZ, R.; ORIA, J.; MOLINA, J. I.; CALDERA, J.; ARANDA, A.; 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(04), 495-502.
- GONZALEZ-OLABARRIA, J. R., BROTONS, L., GRITTEN, D., TUDELA, A., & TERES, J. A. 2012. Identifying location and causality of fire ignition hotspots in a Mediterranean region. *International Journal of Wildland Fire*, 21(7), 905-914.
- GUIL, F., FERNÁNDEZ-OLALLA, M., MORENO-OPO, R., MOSQUEDA, I., GÓMEZ, M. E., ARANDA, A., ARREDONDO, A., GUZMÁN, J., GONZÁLEZ, L.M.; 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.
- GUIL, F., COLOMER, M. À., MORENO-OPO, R.; MARGALIDA, A. 2015. Space-time trends in Spanish bird electrocution rates from alternative information sources. *Global Ecology and Conservation*, 3, 379-388.
- INFANTE, O.; PERIS, S. 2003. Bird nesting on electric power supports in northwestern Spain. *Ecological Engineering*, 20(4), 321-326.
- INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON, UNITED STATES GOVERNMENT. 2015. Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. En <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/scc-td-final-july-2015.pdf>
- INTERNAL REVENUE SERVICE, 2016. Yearly average exchange rates for converting foreign currency into U.S. Dollars. En <https://www.irs.gov/Individuals/International-Taxpayers/Yearly-Average-Currency-Exchange-Rates>
- JANSS, G. F. 2000. Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95(3), 353-359.
- LABRÍN, S. DÍAZ, F. 2015. Los inéditos detalles del peritaje que determinó la causa del incendio de Valparaíso. En <http://www.latercera.com/noticia/nacional/2015/02/680-616663-9-los-ineditos-detalles-del-peritaje-que-determino-la-causa-del-incendio-de.shtml>
- LAMMERS, W. M.; COLLOPY, M. W. 2007. Effectiveness of avian predator perch deterrents on electric transmission lines. *Journal of Wildlife Management*, 71(8), 2752-2758.
- LÓPEZ-LÓPEZ, P.; FERRER, M.; MADERO, A.; CASADO, E.; MCGRADY, M. 2011. Solving man-induced large-scale conservation problems: the Spanish imperial eagle and power lines. *Plos One*, 6(3), e17196.
- MAGRAMA, 2016. MORA (Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental- Offer Model Environmental Responsibility). En <http://eportal.magrama.gob.es/mora/login.action>
- MAINWARING, M. C. 2015. The use of man-made structures as nesting sites by birds: A review of the costs and benefits. *Journal for Nature Conservation*, 25, 17-22.
- MAÑOSA, S. 2001. Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity & Conservation*, 10(11), 1997-2012.
- PEREZ-GARCIA, J. M.; BOTELLA, F.; SANCHEZ-ZAPATA, J. A.; MOLEON, M. 2011. Conserving outside protected areas: edge effects and avian electrocutions on the periphery of Special Protection Areas. *Bird Conservation International*, 21(03), 296-302.
- PÉREZ-GARCÍA, J. M.; SEBASTIÁN-GONZÁLEZ, E.; BOTELLA, F.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. 2016. Selecting indicator species of infrastructure impacts using network analysis and biological traits: Bird electrocution and power lines. *Ecological Indicators*, 60, 428-433.
- R CORE TEAM. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RICH, A. C., DOBKIN, D. S.; NILES, L. J. 1994. Defining forest fragmentation by corridor width: the influence of narrow forest-dividing corridors on forest-nesting birds in southern New Jersey. *Conservation Biology*, 8(4), 1109-1121.

- SERRA, L., JUAN, P., VARGA, D., MATEU, J.; SAEZ, M. 2013. Spatial pattern modelling of incendios forestales in Catalonia, Spain 2004–2008. *Environmental modelling & software*, 40, 235-244.
- SYPHARD, A. D., RADELOFF, V. C., HAWBAKER, T. J.; STEWART, S. I. 2009. Conservation threats due to human-caused increases in fire frequency in Mediterranean-climate ecosystems. *Conservation Biology*, 23(3), 758-769.
- TINTÓ, A., REAL, J., & MAÑOSA, S. 2010. Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean areas. *The Journal of Wildlife Management*, 74(8), 1852-1862.
- TRYJANOWSKI, P., SPARKS, T. H., JERZAK, L., ROSIN, Z. M.,; SKÓRKA, P. 2014. A paradox for conservation: electricity pylons may benefit avian diversity in intensive farmland. *Conservation Letters*, 7(1), 34-40.
- UNDERWOOD, E. C., VIERS, J. H., KLAUSMEYER, K. R., COX, R. L., & SHAW, M. R. 2009. Threats and biodiversity in the mediterranean biome. *Diversity and Distributions*, 15(2), 188-197.
- VERGARA, P., I AGUIRRE, J.; FERNÁNDEZ-CRUZ, M. 2007. Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *Journal of Avian Biology*, 38(5), 573-579.
- WORLD BANK DATA. 2016. Inflation, consumer prices (annual %). En <http://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG>