



SEO/BirdLife

Grupo local SEO-Sierra de Guadarrama

MORTALIDAD DE AVES EN UN TRAMO DE LÍNEA DE FERROCARRIL



**Roberto de la Peña Leiva
Óscar Llama Palacios**

Diciembre 1997

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	4
3. METODOLOGÍA.....	5
4. RESULTADOS	7
5. DISCUSIÓN.....	10
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS	16

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda en la construcción de vías de comunicación conlleva a un incremento de los impactos sobre la fauna, tales como, el efecto barrera, la alteración y destrucción del hábitat, los atropellos y el efecto corredor (Velasco *et al.*, 1995).

Los estudios sobre mortalidad de vertebrados producida por las infraestructuras lineales, se remiten casi exclusivamente, al caso de carreteras y autopistas (Corbet, 1989; Setra 1990; Bennet, 1991; López, 1993; Quadra, 1997) y a las líneas de transporte de energía eléctrica (Scott *et al.*, 1972; Heijnis, 1980; Olendorff *et al.*, 1981; Ferrer *et al.* 1984; McNeill *et al.* 1985; Negro, 1987; Alonso *et al.*, 1994), dándose una falta de información sobre la mortalidad que producen las líneas de ferrocarril en los vertebrados terrestres.

Cabe destacar en la literatura extranjera, los trabajos sobre mortalidad de alces (*Alces alces*) en vías de ferrocarril en Canadá (Marshall, 1987; Shultze, 1992) y los de Rose *et al.* (1989) basados en la recuperación de aves anilladas muertas en el Reino Unido.

Más exhaustivos son los estudios realizados por Havlin (1987) en Checoslovaquia, sobre las comunidades de aves en áreas de cultivo y su mortalidad en las líneas ferroviarias adyacentes, llegando a la conclusión de que no existe mucha diferencia entre el número de vertebrados encontrados muertos en las carreteras y los encontrados en las líneas de ferrocarril.

A nivel nacional, la Sociedad para la Conservación de los Vertebrados (SCV, 1996) recopiló datos relativos a la muerte de 329 vertebrados correspondientes a diversas especies de aves, mamíferos y reptiles en distintos puntos de líneas de ferrocarril españolas.

En ninguno de estos trabajos se hace un seguimiento continuo de la mortalidad de todas las especies de aves afectadas, ni se estudia la variación estacional en su mortalidad.

Por referencias propias anteriores al presente trabajo se tiene constancia de varios casos de mortalidad de diversas especies de aves ocasionada por la presencia de líneas de ferrocarril.

Por estos motivos y también debido a la escasez de estudios realizados sobre esta problemática (De Santiago, 1992) tanto en España como en otros países, se considera de gran importancia conocer la incidencia que ejercen las líneas de ferrocarril sobre las aves, con objeto de promover y justificar la implantación de medidas correctoras y protectoras, aplicables tanto a las líneas ya existentes como a las que se proyecten en el futuro.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El tramo de línea de ferrocarril objeto de estudio se encuentra situado dentro del término municipal de El Escorial. Presenta una longitud de 8 kilómetros y une las estaciones de Las Zorreras y El Escorial, en la línea de ferrocarril Madrid-Ávila al noroeste de la provincia de Madrid.

Las series de vegetación potencial correspondientes al área de estudio son por un lado, los encinares pertenecientes a la serie *Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum* y por otro, las fresnedas de la geoserie riparia silicífila supramediterránea carpetana (Rivas Martínez, 1982)..

El tramo de línea de ferrocarril atraviesa distintos tipos de vegetación, entre los que cabe destacar, los encinares adhesados (*Quercus ilex*), las fresnedas (*Fraxinus angustifolia*) y los melojares (*Quercus pyrenaica*). En las zonas en las que el tramo atraviesa algún arroyo aparecen sauces (*Salix spp.*), chopos (*Populus nigra*) zarzamoras (*Rubus ulmifolius*), majuelos (*Crataegus monogyna*) y rosales silvestres (*Rosa sp.*).

A lo largo de toda la línea estudiada, aparecen vallados de piedras de diferentes alturas a ambos lados de la vía. Estos cerramientos de piedra se encuentran, en la mayoría de los casos, tapizados de arbustos, como zarzamoras, majuelos y rosales silvestres.

En algunas áreas cercanas al tramo de vía estudiado, se localizan pequeñas lagunas de carácter estacional que solo permanecen con agua durante el invierno y parte de la primavera, al igual que dos arroyos que circulan por debajo del citado tramo.

Tanto en las proximidades de la estación de Las Zorreras como la de El Escorial, el tramo de vía estudiado discurre por zonas urbanizadas.

El diseño del tramo de línea estudiado es de doble vía electrificada convencional, con un tráfico aproximado de 174 trenes diarios entre cercanías, regionales y mercancías. La velocidad media de los trenes en este tramo es de 115-125 km/h, siendo 130 km/h el máximo de los trenes de cercanías y hasta 150 km/h el del talgo pendular.

3. METODOLOGÍA

Durante un periodo de dos años de duración, se realizaron una serie de transectos (n= 48) cada quince días, a lo largo de los 8 kilómetros del tramo de línea de ferrocarril objeto de estudio.

Los transectos fueron realizados por dos personas, cada una de las cuales recorría andando cada lado de la vía al mismo tiempo. El recorrido se realizó por el "hombro" de la vía, ya que de esta manera se obtiene un ángulo de visión mayor sobre el terreno, lo que permite localizar los cadáveres con más facilidad y exactitud.

Cada vez que se encontraba un cadáver, se tomaban datos referentes a la especie de la que se trataba, la posición donde se encontraba en la vía (caja de la vía, entrevía, hombro, paseo), la fecha de localización, el punto kilométrico donde había sido hallado, y algunos datos descriptivos del lugar donde se encontró el cadáver. Una vez tomados todos estos datos, el cadáver se retiraba para evitar duplicaciones en el conteo de posteriores transectos.

Con objeto de conocer qué biotopos presentan mayor frecuencia de accidentabilidad se ha utilizado el siguiente índice de mortalidad por cada kilómetro de biotopo:

$$I_{mb} = \text{N}^\circ \text{ de aves muertas} / \text{km de biotopo/año}$$

Con el fin de estudiar qué factores del medio podrían afectar a la mortalidad, se midieron cada doscientos metros de vía, las siguientes variables del tramo estudiado:

Pendiente del Desmorte (PD): Grado de inclinación que presenta el desmorte. Se midió tanto la Pendiente del Desmorte Derecho (PDD) como la Pendiente del Desmorte Izquierdo (PDI).

Pendiente del Terraplén (PTR): Grado de inclinación que presenta el terraplén. Se midió la Pendiente del Terraplén Derecho (PTRD) y la Pendiente del Terraplén Izquierdo (PTRI).

Longitud del Desmorte (LD): Distancia entre el plano de la vía y el punto más alto del desmorte. Se midió la Longitud del Desmorte Derecho (LDD) y la Longitud del Desmorte Izquierdo (LDI).

Longitud del Terraplén (LTR): Distancia entre el plano de la vía y el punto más bajo del terraplén. Se midió la Longitud del Terraplén Derecho (LTRD) y la Longitud del Terraplén Izquierdo (LTRI).

Distancia a la Vegetación (DV): Distancia entre el eje central de la vía y la primera línea de vegetación (arbórea o arbustiva). Se midió la Distancia a la Vegetación en el lado Derecho (DVD) y la Distancia a la Vegetación en el lado Izquierdo (DVI).

El riesgo de atropello también depende de otro tipo de variables distintas a las analizadas como son, la permeabilidad transversal, las costumbres y movilidad de la especie, la intensidad de tráfico, el tipo de tren, el maquinista (percepción y tiempo de reacción), el diseño de la línea, etc., variables que no se pudieron analizar debido a la dificultad que entraña su medición .

Además del trabajo de campo, se realizaron encuestas a algunos maquinistas de RENFE en las estaciones de Chamartín y Atocha (Madrid) y también se estudiaron los partes de

accidentes que éstos enviaron al puesto de mando de la estación de Chamartín en los cinco primeros meses de 1996.

4. RESULTADOS

Durante los dos años de trabajo de campo, se han encontrado en el tramo estudiado un total de 94 cadáveres, correspondientes a 37 especies distintas de aves (apéndice 1). La especie más afectada es el cárabo común (*Strix aluco*), seguida de la corneja negra (*Corvus corone*) y del mochuelo común (*Athene noctua*).

Con bastante probabilidad, al total de cadáveres encontrados, habría que añadir un porcentaje bastante alto, que se correspondería con aquellos individuos que no fueron localizados a la hora de realizar los transectos, debido a que pudieron ser retirados por animales carroñeros como zorros, córvidos y rapaces, bastante abundantes en la zona de estudio.

A esto habría que añadir otros porcentajes referidos a aquellos individuos que no se pudieron localizar debido a las irregularidades del terreno, a los que después de sufrir el accidente, quedaron heridos y fueron a morir a sitios más distantes del entorno de la vía y a los que después de sufrir el impacto con el tren fueron desplazados a lugares distantes de la vía.

Por otra parte, la capacidad de detección del equipo de investigadores y la existencia de zonas impenetrables con vegetación densa cercanas a la vía del tren, son factores que pudieron influir en la subestimación del número de cadáveres.

También se puede dar el caso de que algunos individuos recién atropellados, fueran retirados por algunas personas con el fin de naturalizarlos (Havlin, 1987).

Variación estacional e índices de mortalidad

Del análisis de la variación estacional en la mortalidad (tabla1), se desprende, que el verano es la estación donde la mortalidad es máxima, llegando al 46.8 % del total de muertes, seguida del otoño, con un 23.4 %. En la primavera y el invierno la mortalidad disminuye alcanzando valores de 16 % y 13.8 %, respectivamente.

Variación estacional en la mortalidad <i>(Seasonal variation in the mortality)</i>				
	Primavera <i>(Spring)</i>	Verano <i>(Summer)</i>	Otoño <i>(Autumn)</i>	Invierno <i>(Winter)</i>
1er año (<i>1st year</i>)	<i>fr</i> = 13.5 %	<i>fr</i> = 48.1 %	<i>fr</i> = 25.0 %	<i>fr</i> = 13.5 %
2º año (<i>2nd year</i>)	<i>fr</i> = 19.0 %	<i>fr</i> = 45.2 %	<i>fr</i> = 21.4 %	<i>fr</i> = 14.3 %
Total	<i>fa</i> = 16.0 %	<i>fa</i> = 46.8 %	<i>fa</i> = 23.4 %	<i>fa</i> = 13.8 %

Tabla 1. Frecuencias en la variación estacional de la mortalidad de todas las especies de aves encontradas, (*fr* = frecuencia relativa, *fa* = frecuencia absoluta). (*Frecuencias of the seasonal variation in the mortality of all found bird species, (fr = relative frequency, fa = absolute frequency).*)

En cuanto a los índices de mortalidad se puede señalar que el encinar adhesionado se ha mostrado como el biotopo donde más aves mueren ($I_{mb} = 9$ aves/km/año), seguido del melojar ($I_{mb} = 7$ aves/km/año).

Resultados de las encuestas a maquinistas

A tenor de las conversaciones mantenidas con distintos maquinistas de RENFE, parece ser que en la misma línea estudiada, pero en un tramo lejos de la zona de estudio y que discurre a través del monte de El Pardo, se observó a un águila imperial (*Aquila adalberti*) joven tendida en la caja de la vía, en un punto muy cercano a un nido de esta especie. El cadáver estuvo aproximadamente en el mismo sitio cinco días, después desapareció. También observaron en este tramo como varios buitres negros (*Aegypius monachus*), fueron arrollados por el tren, al estar alimentándose del cadáver de un animal.

Se han dado casos, como en la estación de Maderuelo (Segovia), donde un buitre leonado (*Gyps fulvus*) fue atropellado en una zona muy cercana a una colonia de esta especie. El ave quedó pegada a la maquina del tren recorriendo varios kilómetros en esa situación.

Los maquinistas comentan que en La Mancha, es muy frecuente observar bandos de perdices rojas (*Alectoris rufa*) cercanos a la vía, donde utilizan probablemente el balasto para purgarse, o bien se refugian en la caja de la vía en días lluviosos, por lo que muchas veces son atropellados a la vez varios individuos. La utilización de la caja de la vía por distintas especies de galliformes ya ha sido citada por Havlin (1987), sobre todo en faisanes vulgares (*Phasianus colchicus*) los cuales, descansan y se refugian en las vías, particularmente en días lluviosos.

Parece ser que una de las causas por la cual mueren muchas aves atropelladas por el tren, es la atracción que ejercen sobre ellas, las luces frontales de la maquina. Los maquinistas comentan, que a veces incluso parece que las aves se quieran suicidar al observarlas como se dirigen directamente a la máquina del tren. El hecho de que los trenes tengan siempre las luces encendidas tanto de noche como de día cuando circulan, trae consigo que el riesgo de accidente sea efectivo durante todo el día.

Se han dado casos en los que el impacto con una perdiz o una paloma (*Columba spp.*) ha ocasionado la rotura de la luna frontal de la máquina.

Se ha observado cómo mochuelos comunes posados en la catenaria, se deslumbran cuando el tren se aproxima y son atropellados en el momento que levantan el vuelo.

Algunos maquinistas piensan, que ciertas especies de aves que se posan en la vía o en las torretas de sustentación de la catenaria, no calculan la velocidad del tren (en el área de estudio la velocidad media de un tren es de 125 km/h) y cuando lo ven venir, levantan el vuelo demasiado tarde y acaban siendo arrolladas.

En el apéndice 2 se citan algunos datos obtenidos in situ en años anteriores y posteriores al trabajo de campo del presente estudio en la zona de muestreo.

5. DISCUSIÓN

A tenor de los resultados obtenidos, se puede deducir que la presencia de líneas de ferrocarril produce mortalidad a una gran diversidad de aves que va desde especies de muy poco tamaño como el mosquitero común (*Phylloscopus collybita*) hasta otras de mayor tamaño como la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*).

La causa de muerte de las aves encontradas, se debe aparentemente, a la colisión directa con el tren. No obstante, sería necesario realizar más estudios con el fin de comprobar la causa directa de los accidentes.

Solo se hallaron dos ejemplares de corneja negra muertos por electrocución. Estos dos individuos fueron encontrados debajo de dos torretas con doble sustentador de catenaria, cuyo riesgo de electrocución es más alto que el de las torretas con un solo sustentador, debido a la doble disposición de la catenaria. De todas maneras, la muerte de aves por electrocución es muy poco probable en torretas con un solo sustentador, debido a la disposición de los aisladores con respecto a la catenaria.

Debido al bajo número obtenido en la muestra de individuos muertos y a su distribución a lo largo del tramo de vía estudiado, no ha sido posible obtener rectas de correlación significativas en el análisis estadístico. Para obtener resultados significativos sería necesario realizar más estudios en el tiempo, ya que de esta manera se obtendría una muestra de individuos muertos mucho mayor y por tanto mejores resultados estadísticos.

No obstante, se han podido obtener tendencias estadísticas en las especies que presentan mayor mortalidad, apareciendo información interesante sobre algunas variables analizadas (Tabla 2).

Variable	<i>Corvus corone</i>		<i>Strix aluco</i>		<i>Athene noctua</i>	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
PDD	0.1168	0.473	0.1941	0.230	0.1952	0.227
PDI	0.4296	0.006	0.4281	0.006	-0.3400	0.835
PTRD	-0.1350	0.406	-0.1999	0.216	-0.4680	0.774
PTRI	-0.1350	0.406	-0.0809	0.620	-0.0755	0.643
DVD	-0.0869	0.594	0.2104	0.192	0.0056	0.973
DVI	-0.0869	0.594	0.2104	0.192	0.0056	0.973
LTRD	0.2681	0.094	0.2807	0.079	0.0878	0.590
LTRI	0.1270	0.435	0.2674	0.095	-0.0842	0.605
LDD	-0.0307	0.851	-0.0593	0.716	-0.1726	0.287
LDI	-0.2488	0.122	-0.0458	0.779	0.0423	0.796

Tabla 2. Correlaciones entre las variables analizadas. Las variables se describen en el texto. (*Correlations between the analyzed variables. See text for description of variables.*)

El elevado número de muertes correspondientes al cárabo común y a la corneja negra (34 % del total de muertos) y su buena correlación con las variables "longitud del terraplén" (LTR) y "pendiente del terraplén" (PTR), hace pensar que ambas variables influyen en la mortalidad de una manera mucho más decisiva que el resto de las variables tratadas.

Los resultados estadísticos muestran que cuanto mayor es la pendiente de los terraplenes (PTR), menor es el número de cárabos comunes muertos y cuanto mayor es la longitud de los terraplenes (LTR), mayor es la mortalidad de esta especie. El hecho de que el conejo constituya uno de los principales componentes en la dieta del cárabo común en la zona de estudio (de la Peña *et al.* 1994), y a que este lagomorfo sea muy abundante en los terrenos ocupados por la línea de ferrocarril, parece ser la causa por la que aparecen más cadáveres de cárabos comunes en estos lugares. En aquellas zonas donde la pendiente de los terraplenes es más pronunciada, el número de conejos es inferior y por tanto el de cárabos comunes muertos, ya que esta estrigiforme frecuentaría menos estas áreas.

Estos resultados se corroboran con los obtenidos por Rose *et al.* (1989) y Spencer (1965), donde el cárabo común también presenta un alto índice de accidentabilidad.

El elevado número de cárabos comunes muertos registrados (17,8 % del total de aves) también se puede explicar por la relativa abundancia de esta especie en el tramo estudiado, ya que dicho tramo atraviesa aquellos hábitats donde los cárabos comunes encuentran lugares óptimos donde criar y alimentarse (dehesas de encinas, fresnedas y melojares).

En lo que se refiere a la corneja negra (15.78 % del total de aves muertas), se han obtenido tendencias estadísticas que permiten señalar que, cuanto más larga es la longitud del terraplén (LTR) y menor la pendiente (PTR) el número de cornejas negras muertas es mayor. Esta circunstancia también se explicaría por el hecho de que en estas zonas encuentran más cadáveres de conejos, al ser éstos muy abundantes en los terrenos ocupados por la línea de ferrocarril, como se ha dicho anteriormente. Asimismo, según se desprende del análisis estadístico, en las zonas donde los terraplenes tienen pendientes (PTR) más pronunciadas, aparece un menor número de cornejas negras muertas. Los terraplenes con pendientes de estas características actúan como barreras para el paso de algunas especies de vertebrados de los que se alimentan estos córvidos, por lo que la aparición de un número pequeño de cornejas negras accidentadas, se puede atribuir a la inexistencia de cadáveres de otras especies de vertebrados.

Es frecuente observar distintas especies de aves posadas en la catenaria, líneas aéreas y torres de sustentación de la catenaria, sobre todo en aquellas zonas correspondientes a lugares donde no existe vegetación arbórea cercana a la vía, ya que utilizan estas estructuras como lugares de reposo y oteaderos donde localizar su alimento.

Es posible que algunas especies de aves encontradas pudieran haber muerto por colisión con la catenaria o con las líneas aéreas, (Matas *et al.* 1990; López, 1992). Este hecho no se ha podido comprobar en el presente estudio, pero ha sido demostrado en España (SCV, 1996) y en el Reino Unido, donde en un estudio se atribuye la muerte de 1424 aves a la colisión con las líneas aéreas de las vías de ferrocarril (Rose *et al.* 1989).

El hecho de que la disposición de las líneas aéreas y la catenaria de la vía del tren estén situadas en planos distintos, pueden plantear más peligrosidad para las aves, como ocurre

en las líneas de transporte de energía eléctrica, cuyos conductores y cable de tierra se hayan dispuestos en planos distintos (Negro, 1987).

De lo que no cabe duda es que muchas aves mueren por colisión directa con el tren, como así lo demuestra un estudio realizado en Checoslovaquia en una vía de tren no electrificada (Havlin, 1987), donde se contabilizaron un total de 91 aves muertas en un tramo de línea de ferrocarril no electrificada.

Es posible que muchas de las aves siniestradas, pudieron estrellarse con los laterales de los vagones al ser absorbidas por las distintas corrientes de aire que se forman al paso de un tren.

En un tramo correspondiente a una zona de desmontes con taludes altos y pendientes muy verticales, se han encontrado en años anteriores al trabajo de campo del presente estudio, varias aves rapaces muertas como ratoneros (*Buteo buteo*) y milanos reales (*Milvus milvus*). Este hecho puede deberse a que las peculiares características de los taludes en estas zonas y la gran envergadura que presentan estas aves, dificultarían su huida al exterior y acabarían siendo arrolladas por el paso de los trenes.

Por otro lado, es bastante probable que el momento de mayor riesgo de mortalidad se produzca en condiciones de baja visibilidad como son las horas crepusculares, niebla, lluvia, etc., como ha sido demostrado en el caso de las carreteras y líneas de transporte de energía eléctrica (Scott *et al.* 1972; Heijnis, 1980; Alonso *et al.*, 1993); Damas & Smith, 1994).

El mayor número de cadáveres encontrados durante el verano y el otoño, se debe probablemente, al notable incremento de la abundancia de aves durante el verano en las zonas atravesadas por una línea de ferrocarril (Havlin, 1987) y a la existencia de mayor número de individuos jóvenes en estas épocas del año.

El elevado número de aves encontradas por kilómetro en el encinar adhesionado ($I_{mb}= 9$) y en el melojar ($I_{mb}=7$) hace pensar que los tramos que atraviesan zonas con buena cobertura arbórea presentan mayores índices de mortalidad que los tramos donde esa cobertura es inferior, como las fresnedas ($I_{mb}=4,25$) y las zonas urbanizadas ($I_{mb}= 4,23$).

En un estudio de mortalidad de vertebrados (López & Roviralta "obs. pers.") en una carretera que discurre a unos 2 kms del tramo de vía estudiado y en la misma dirección, se constató la muerte en 9 meses durante el periodo de un año de varias especies de aves. Resulta de interés, la aparición en este estudio de un número tan alto de urracas (*Pica pica*) muertas ($n = 20$) y la ausencia de cornejas negras en la carretera, ya que en la vía de tren el número de urracas encontradas es muy bajo ($n = 2$), mientras que el de cornejas negras es bastante alto ($n = 15$). Este hecho se puede deber a diferencias de comportamiento entre las dos especies de córvidos y a su diferente capacidad de maniobra en vuelo. Otro dato a destacar es la ausencia total de cárabos comunes muertos en la carretera, mientras que en la vía de ferrocarril, es la especie de ave más accidentada.

Al no haber ningún registro de mortalidad del cárabo común por colisión con vehículos en carreteras en el citado estudio, se puede presumir (aunque se trate de escenarios diferentes), que la principal causa de mortalidad del cárabo común en la línea de ferrocarril estudiada, se puede deber a la colisión con las líneas aéreas y no al atropello directo, hecho que también explicaría los resultados obtenidos por Havlin (1987) en un estudio de mortalidad de aves en una línea de ferrocarril no electrificada, donde solo apareció un cárabo común muerto durante los 5 años que duró su estudio.

Podemos concluir que la mortalidad de aves en las líneas de ferrocarril es debida a la conjunción de causas de mortalidad producidas tanto en carreteras y autopistas (atropello) como en las líneas de transporte de energía eléctrica (colisión con cables de tierra y conductores).

La existencia de aves rapaces accidentadas con altas categorías de amenaza como el azor (*Accipiter gentilis*), milano real (*Milvus milvus*), milano negro (*Milvus migrans*), ratonero

(*Buteo buteo*), cárabo común (*Strix aluco*), varios ejemplares de búho real (*Bubo bubo*), búho chico (*Asio otus*), lechuza común (*Tyto alba*), (estas últimas especies de rapaces nocturnas encontradas en el mismo tramo fuera de la época de realización del presente estudio) así como las citadas por la SCV (1996), buitre leonado (*Gyps fulvus*), aguilucho cenizo (*Circus pygargus*), gavián común (*Accipiter nisus*), cernícalo primilla (*Falco naumanni*), obliga a la necesaria adopción de medidas protectoras que minimicen y eviten el riesgo de mortalidad de estas especies de aves.

El hecho de que la colisión con las líneas de transporte de energía eléctrica puede ser la principal causa de mortalidad de grandes rapaces (Garzón, 1977), obliga a que sea necesario investigar más a fondo sobre la accidentabilidad de las aves con la catenaria y las otras líneas aéreas de las vías de ferrocarril, con objeto de elaborar planes de protección dirigidos a minimizar o evitar la mortalidad de estas especies de aves.

La abundante presencia del conejo en las líneas de ferrocarril trae consigo un acercamiento de diversas especies de aves depredadoras (muchas de ellas especies amenazadas), lo cual supone que el riesgo de mortalidad de estas aves aumente con la presencia de la vía. Por tanto, sería necesario la adopción de medidas que impidan el establecimiento del conejo en las vías.

Aunque la mortalidad producida por una línea de ferrocarril puede no influir de manera decisiva en la dinámica de una población de una determinada especie en una región, sí se pueden producir graves reducciones en cuanto a número de individuos en poblaciones locales, como se ha comprobado en el caso de algunas especies de aves y su mortalidad con las líneas de transporte de energía eléctrica (Herren, 1969; Beer *et al.*, 1972).

Con toda probabilidad, en aquellas zonas donde las líneas de ferrocarril atraviesen áreas de gran importancia ecológica, se pueden producir importantes mortandades de individuos pertenecientes a especies con categorías altas de amenaza.

Por todo lo dicho anteriormente, es necesario realizar más estudios sobre la influencia que ejercen las líneas de ferrocarril en la fauna y aplicar un plan de medidas protectoras en las futuras construcciones de líneas de ferrocarril (proyectos de líneas de alta velocidad en España), así como aplicar medidas correctoras en las líneas ya existentes.

Es previsible, que la construcción de nuevas líneas de trenes de alta velocidad en el futuro, suponga un aumento en la mortalidad de la ornitofauna, en comparación con las líneas convencionales, debido a que el número de muertes se incrementa con el aumento de la velocidad de los trenes (SCV, 1996).

En los futuros estudios de impacto ambiental de construcción de líneas de ferrocarril es necesario hacer mayor hincapié en los estudios de fauna, sobre todo en las zonas donde el nuevo trazado discurra por zonas identificadas como de importancia faunística.

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS

La aplicación de medidas protectoras son de gran importancia siempre y cuando se ponga en práctica a posteriori un programa de vigilancia ambiental capaz de comprobar la efectividad de las medidas adoptadas.

Un programa de control de fauna debe dirigirse a mantener físicamente la fauna alejada de la vía del tren, directa (mediante cerramientos y señalizaciones) o indirectamente (dirigiendo la fauna a otro lugar más alejado).

El atropello directo por el paso de trenes tiene difícil implantación de medidas protectoras y solo podrían ir encaminadas a la reducción de la velocidad de los trenes en aquellos tramos donde la presencia y abundancia de aves sea mayor.

Por otro lado, parte de las medidas protectoras a adoptar deben ir dirigidas a mejorar la visibilidad de las líneas aéreas y catenaria con el fin de evitar la colisión de las aves con ellas. Por este motivo, las actuales medidas protectoras que se aplican al caso de líneas de

transporte de energía eléctrica , podrían aplicarse al caso de las líneas de ferrocarril con sus correspondientes adaptaciones.

Las medidas que se adopten han de estar en función de los siguientes factores:

- El uso del hábitat por las aves
- Tamaño del ave y comportamiento de vuelo
- Condiciones de visibilidad
- Comportamiento de los bandos
- Movimientos migratorios y de paso
- Ubicación, orientación y configuración de la línea

A continuación se describen algunas medidas utilizadas para evitar la colisión de las aves con las líneas de transporte de energía eléctrica que podrían adaptarse al caso de las líneas de ferrocarril con las oportunas modificaciones:

Modificación del hábitat del entorno

Los cambios y modificaciones del uso del suelo con el fin de hacerlo menos atractivo para las aves, condicionaría el flujo principal de aves a una determinada zona más atractiva.

Se ha demostrado en líneas de transporte de energía eléctrica, que la presencia de vegetación arbórea con una altura superior a las torretas de sustentación disminuye el riesgo de colisión de las aves con los cables (Thompson, 1978), por lo que ésta medida podría ser aplicada en vías de ferrocarril.

Señalización de líneas aéreas y catenaria

En la actualidad existe un gran número de dispositivos que se han utilizado para la señalización de cables de tierra y conductores en líneas de transporte de energía eléctrica, de los cuales algunos de ellos pueden ser utilizados en las líneas aéreas y catenarias asociadas a las líneas de ferrocarril. Algunos de los dispositivos que se utilizan en líneas de transporte de energía eléctrica son los siguientes:

- Bolas de aluminio (Koops & De Jong, 1982)
- Esferas de colores (Morkill & Anderson, 1991)
- Espirales de plástico coloreadas (Koops & De Jong, 1982; Raewel & Tombal, 1991; Alonso *et al.*, 1993),
- Bandas de colores (Scott *et al.*, 1972; Beaularier, 1981; Koops & De Jong, 1982).
- Señalizadores luminosos (APLIC, 1994)
- Tubos de polietileno coloreados (Negro, 1987)
- Siluetas de rapaces (Heijnis, 1980, Beaularier, 1981, Brown, 1993).
- Planchas metálicas señalizadoras (Brown & Drewien, 1995).
- Tiras de neopreno en "X" (REE *et al.*, 1996)
- Abrazaderas negras de plástico colgante (REE *et al.*, 1996).

Aislamiento de conductores

Debido a que existen casos de muerte por electrocución al contacto con la catenaria, según se desprende de los resultados del presente trabajo, el aislamiento de determinadas porciones en los tramos donde exista doble catenaria, sería suficiente para evitar la muerte por electrocución.

Existen algunas líneas de ferrocarril cuyas torretas de sustentación de la catenaria disponen de aisladores rígidos. Esta disposición de los aisladores aumenta el riesgo de electrocución por lo que es recomendable modificar la disposición de estos aisladores para minimizar este riesgo (p.ej. con aisladores suspendidos).

Todas estas medidas tienen un mayor o menor grado de efectividad por lo que es recomendable la realización de más estudios dirigidos a estudiar esta efectividad.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a RENFE y en especial a Pedro Pérez del Campo la concesión de los permisos para acceder al tramo de vía estudiado y el acceso a los datos de mortalidad del puesto de mando de la estación de Chamartin; a los maquinistas de ésta estación y a los de la estación de Atocha por su colaboración en las encuestas y a Manuel Sánchez Toril por sus datos acerca de las características técnicas del tramo de vía estudiado.

A Alejandro Molina y a Verónica Bretón por su colaboración en el trabajo de campo, a Tom G. Carpenter por sus comentarios y sugerencias y a Emilio Virgós por los análisis estadísticos.

Asimismo, queremos agradecer a la Sociedad para la Conservación de los Vertebrados (SCV) la aportación de sus datos sobre mortalidad de vertebrados en carreteras y su apoyo en la ejecución de este trabajo.

RESUMEN

Mortalidad de Aves en Líneas de Ferrocarril.

Durante un periodo de dos años, se han realizado una serie de transectos a lo largo de un tramo de vía de ferrocarril, con objeto de estudiar la mortalidad cuantitativa y cualitativa de diferentes especies de aves.

El estudio se ha realizado en la línea de ferrocarril Madrid-Ávila, concretamente en el tramo que une las estaciones de Las Zorreras y El Escorial, en la provincia de Madrid. Este tramo atraviesa distintos tipos de vegetación, destacando los encinares adhesionados (*Quercus rotundifolia*), las fresnedas (*Fraxinus angustifolia*) y los melojares (*Quercus pyrenaica*).

Se han encontrado un total de 94 cadáveres correspondientes a 37 especies distintas de aves. Las especies más accidentadas son, el cárabo común (*Strix aluco*), la corneja negra (*Corvus corone*) y el mochuelo (*Athene noctua*).

Se observa una variación estacional en la mortalidad, siendo el verano la época del año donde se producen más accidentes (46.8 % del total de muertes), seguida del otoño (23.4 %). En la primavera y el invierno la mortalidad disminuye bastante (16 % y 13.8 %, respectivamente).

El encinar adhesionado figura como el biotopo donde la mortalidad es máxima ($I_{mb} = 9$ aves/km/año) y donde mayor es la diversidad de especies afectadas ($n = 24$).

Se han obtenido tendencias estadísticas, de las cuales se desprende que la longitud y la pendiente de los terraplenes, son las dos variables que influyen en la mortalidad de manera más decisiva, de tal manera que cuanto mayor es el valor de estas dos variables mayor es la mortalidad, sobre todo en las especies que presentan altos índices de mortalidad (cárabo común y corneja negra).

La abundante presencia del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en los terraplenes de la línea de ferrocarril, parece ser la causa de la alta mortalidad del cárabo común, al ser este lagomorfo uno de los componentes principales en la dieta de esta estrigiforme.

Finalmente, se realiza una pequeña descripción de las medidas existentes en la actualidad que podrían minimizar o evitar los accidentes. La utilización de las medidas protectoras empleadas para evitar la colisión de aves con las líneas de transporte de energía eléctrica, debería ser la pauta a seguir en el futuro para minimizar y evitar la mortalidad de aves en las líneas de ferrocarril.

SUMMARY

Birds Mortality on Railways Lines.

During a period of two years, series of transects have been carried out along a railway line tract in order to study quantitatively and qualitatively different bird species mortality.

The study have been made on Madrid-Avila railway line, concretely on the section that runs between Las Zorreras and El Escorial train stations, in the province of Madrid.

This tract goes through different types of vegetation, where holm oaks (*Quercus rotundifolia*), ash trees (*Fraxinus angustifolia*) and oaks (*Quercus pyrenaica*) open forests are remarkable.

A total of 94 cadavers corresponding to 37 different bird species have been found. The most affected species are tawny owl (*Strix aluco*), black crow (*Corvus corone*) and little owl (*Athene noctua*).

It is perceveid a seasonal variation in the mortality, being the summer (46.8 % of the total of deaths) the season where more accidents happens, followed by the autumn (23.4%). In spring and winter mortality decrease quite a lot (16% and 13.8% respectively).

The open forest of holm oak is the biotope where the mortality is at its maximum (Imb = 9 birds/km/year) and where the affected species diversity is highest ($n = 24$).

Some statistic tendencies could being achieved, from wich is remarkable to say that embankments length and inclination are both the two variables that influence on a most decisive way in mortality. The higgest is the value of these two variables the higgest is mortality, over all in species that register high mortality values like tawny owl, black crow and little owl. Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) ample presence in embankments seems to be cause of tawny owl high mortality, cause rabbit is one of the main component in this strigiforme diet.

Finally, a short description about actually existing measures to avoid and minimize accidents for birds is carried out.

Protective measures used to avoid birds collision with overhead wires in power lines is model to follow in next future to minimize and avoid bird mortality on railway lines.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, J. C., ALONSO, J. A. & MUÑOZ-PULIDO, R. 1993. *Señalización de líneas de alta tensión para la protección de la avifauna. Línea Valdecaballeros-Guillena*. Red Eléctrica de España.

ALONSO, J. C., ALONSO, J. A. & MUÑOZ PULIDO, R. 1994. Mitigation of bird collisions with transmission lines through ground wire marking. *Biological Conservation*, 67: 129-134.

APLIC. Avian Power Line Interaction Committee. 1994. *Mitigation Bird Collisions with Power Lines: The State of the art in 1994*. Edison Electric Institute. Washington D.C.

BEAULARIER, D. L. 1981. *Mitigation of birds collisions with transmission lines*. Bonneville Power Administration. U. S. Dept. of Energy.

BEER, J.V. & OGILVIE, M. A. 1972. Mortality. *Peter Scott and the Wildfowl Trust, the swans*. Houghton Mifflin Co., Boston.

BENNETT, A.F. 1991. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. *Nature Conservation 2 : The role of corridors*, (Ed. por D.A. Saunders & J. Hobbs): 99-118. Beatty & Sons, Surrey.

BENSON, P. C. 1982. *Prevention of Golden Eagle electrocution*. Electric power Research Institute. California.

BROWN, W. M. 1993. *Avian collisions with utility structures: biological perspectives*. Proc. intl. workshop on avian interactions with utility structures, September 13-16, 1992, Miami, Florida. Electric Power Research Institute an Avian Power Line Interaction Committee, Palo Alto, California.

BROWN, W. M. & DREWIEN R. C. 1995. Evaluation of two power lines markers to reduce crane and waterfowl collisions. *Wildlife. Society. Bulletin.* 23 (en prensa).

CORBET, K. 1989. Amphibian fencing. *Amphibians and Roads Proceedings of the Toad Tunnel Conference* (Ed. por T.E.S. Langton): 183-190. ACO Polymer Products Ltd, Bedfordshire.

DAMAS & SMITH 1994. *Wildlife Mortality in Transportation Corridors in Canada's National Parks. Impact and Mitigation.* Volume 1. Main Report. Ministry of Environment, Lands and Parks. Canada.

DE LA PEÑA, R., PEREZ, M. & DELGADO, J. A.. 1994. Variación estacional en la alimentación del cárabo (*Strix aluco* L.1758) en el centro de la península. *XII Jornadas Ornitológicas Españolas. Almerimar. Murcia.* Sociedad Española de Ornitología.

DE SANTIAGO PEREZ, L. 1992. *Impacto Ambiental de la Alta Velocidad Ferroviaria.* Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Monografías, 14: 337-359.

FERRER, M. & DE LA RIVA, M. 1984. *Impact of power lines in the population of birds of prey in the Doñana National Park and its environment.* Cuarta Conferencia Internacional de Rapaces Mediterráneas. St. Antioco. Cerdeña.

FIEDLER, G. & WISSNER, A. 1980. Overhead electric lines as a mortal danger to storks (*Ciconia ciconia*). *Ökologie der Vögel*, 2: 59-109.

GARZON, J. 1977. Birds of prey in Spain, the present situation. *World conference on birds of prey. Viena 1975:* 159-169.

HAVLIN, J. 1987. On the importance of railway lines for the life of avifauna in agrocoenoses. *Folia Zoologica*, 36 (4): 345-358.

HEIJNIS, R. 1980. Vogeltod durch Drahtanflüge bei Hochspannungs-leitungen. *Ökologie der Vögel*, 2: 111-129

HERREN, H. 1969. *The status of the peregrine falcon in Switzerland. Peregrine falcon populations-their biology and decline*. Univ. Wisconsin Press, Madison.

KOOPS, F. B. J. & DE JONG, J. 1982. Vermindering van draadslachtoffers door markering van hoospanningsleidingen in de omgeving van Heerenveen. *Overdruck uit: Elektrotechniek* 60 (12): 641-646.

LARSEN, R. S. & STENSRUD, O. H. 1988. Electrocutation-the most serious threat to the Eagle Owl population in southeast Norway. *Vår Fuglefauna*. 11 (1): 29-34.

LOPEZ, J. 1993. Metodología y resultados del proyecto de seguimiento de la mortalidad de vertebrados en carreteras. *II Simposio Nac. sobre Carreteras y Medio Ambiente*: 319-334. Asociación Técnica de Carreteras. Madrid.

LOPEZ GONZALEZ, R. 1992. *Impacto Ambiental de la Alta Velocidad Ferroviaria*. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Monografías. 14: 394-426.

MARSHALL, R. 1987. *Moose/Train collision project*. Ministry of Environment, Lands and Parks. Canada.

MATAS, R. M., REBOLLO, L. F. 1990. *Nuevas Líneas de Alta Velocidad y Medio Ambiente*. Una visión integrada. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

McNEILL, R., RODRIGUEZ J. R. & OUELLET, M. 1985. Bird mortality at a power transmission line in Northeastern Venezuela. *Biological Conservation*, 31: 153-165.

MORKILL, A. E. & ANDERSON, S. H. 1991. Effectiveness of marking powerlines to reduce sandhill crane collisions. *Wildlife Society Bulletin*, 19: 442-449.

NEGRO, J. J. 1987. Adaptación de los tendidos eléctricos al entorno. *Monografías de Alytes*, 1.

NEGRO, J. J., FERREZ, M., SANTOS, C. & REGIDOR, S. 1989. Eficacia de dos métodos para prevenir electrocuciones de aves en tendidos eléctricos. *Ardeola*, 36: 201-206.

OLENDORFF, R. R., MILLAR A. D. & LEHMAN, R. 1981. Suggested practice for raptor protection on power lines. The state of the art in 1981. *Raptor Research Report*, 4.

QUADRA-MATIX SOLUTIONS CORPORATION. 1997. WARS. *Wildlife Accident Reporting System. 1995 Annual Report*. B.C. Ministry of Transportation and Highways. Environmental Management Section. Engineering Branch. Victoria, B.C. Canada.

RAEVEL, P., & TOMBAL J. C. 1991. Impact des lignes haute-tension sur l'avifaune. *Les Cahiers de L'A.M.B.E. et Environnement*, Vol 2.

REE, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD, IBERDROLA. 1996. *Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos. Manual para la valoración de riesgos y soluciones*.

RIVAS-MARTINEZ, S. 1982. *Memoria del mapa de las series de vegetación de la provincia de Madrid*. Diputación de Madrid. Servicio forestal del Medio Ambiente y contra incendios. Madrid.

ROSE, P. & BAILLIE, S. 1989. The effects of collisions with overhead lines on British birds: an analysis of ringing recoveries. *BTO Research Report*, 42. British Trust for Ornithology.

SCOTT, R. E., ROBERTS, L. J. & CADBURY C. J. 1972. Bird deaths from power lines at Dungeness. *British Birds*, 65: 273-286.

SCV. 1996. Mortalidad de Vertebrados en Vías de Ferrocarril. *Documentos Técnicos de Conservación SCV, n° 1*. 23 páginas.

SETRA. 1990. *Collisions vehicules-grands mamiférés sauvages: resultat du recensement*. Ministère de l'Équipement du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports, SETRA, note Info. EEC 24. Paris.

SHULTZE, G. 1992. *Moose railroad mortalities Endako to Smithers. Winter of 1991/92*. Ministry of Environment, Lands and Parks.

SPENCER, K. J. 1965. Avian casualties on railways. *Bird Study*, 12 (3): 257.

THOMPSON, L. S. 1978. *Mitigation through engineering and habitat modification*. M. L. Avery, ed. Impacts of transmission lines on birds in flight: 51-92. U. S. Fish and Wildlife Service, Washington D. C..

VELASCO, J. M., YANES, M., SUAREZ, F. 1995. *El efecto barrera en vertebrados. Medidas correctoras en las vías de comunicación*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. CEDEX. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

Apéndice 1

Relación de las distintas especies de aves encontradas en el tramo de vía estudiado. (*List of the different species of birds found in the studied railway section*).

Cigüeña blanca (<i>Ciconia ciconia</i>).....	2
Ánade real (<i>Anas platyrinchos</i>).....	1
Ratonero común (<i>Buteo buteo</i>).....	2
Milano real (<i>Milvus milvus</i>).....	2
Milano negro (<i>Milvus migrans</i>).....	2
Azor (<i>Accipiter gentilis</i>).....	1
Faisán vulgar (<i>Phasianus colchicus</i>).....	1
Codorniz (<i>Coturnix coturnix</i>)	1
Paloma torcaz (<i>Columba palumbus</i>).....	5
Paloma zurita (<i>Columba oenas</i>).....	2
Críalo (<i>Clamator glandarius</i>).....	1
Autillo (<i>Otus scops</i>).....	1
Mochuelo (<i>Athene noctua</i>).....	9
Cárabo común (<i>Strix aluco</i>)	17
Chotacabras pardo (<i>Caprimulgus ruficollis</i>)	1
Abubilla (<i>Upupa epops</i>).....	2
Pito real (<i>Picus viridis</i>).....	4
Pico picapinos (<i>Dendrocopus major</i>).....	1
Golondrina común (<i>Hirundo rustica</i>).....	1
Vencejo común (<i>Apus apus</i>).....	1
Avión común (<i>Delichon urbica</i>).....	1
Lavandera blanca (<i>Motacilla alba</i>).....	1
Estornino negro (<i>Sturnus unicolor</i>).....	2
Alcaudón real (<i>Lanius excubitor</i>).....	1
Urraca (<i>Pica pica</i>).....	2
Grajilla (<i>Corvus monedula</i>).....	1
Corneja negra (<i>Corvus corone</i>).....	15
Curruca cabecinegra (<i>Sylvia melanocephala</i>).....	1
Curruca capirotada (<i>Sylvia atricapilla</i>).....	1
Curruca zarcera (<i>Sylvia communis</i>).....	1
Mosquitero común (<i>Phylloscopus collybita</i>).....	1
Mirlo común (<i>Turdus merula</i>).....	3
Papamoscas cerrojillo (<i>Ficedula hipoleuca</i>).....	1
Carbonero común (<i>Parus major</i>).....	2
Petirrojo (<i>Erithacus rubecula</i>).....	2
Corrión común (<i>Passer domesticus</i>).....	1
Corrión molinero (<i>Passer montanus</i>).....	1
 TOTAL	 94

Apéndice 2.

Resultados de algunas observaciones propias realizadas en el mismo tramo estudiado, antes y después del presente estudio. (Results from some own observations in the same studied section, carried out before and after the present paper).

Especie (Species)	Año (Year)				
	1990	1991	1992	1996	Total
Cigüeña Blanca (<i>Ciconia ciconia</i>).....		2			2
Ánade Real (<i>Anas platyrinchos</i>).....		2			2
Ratonero Común(<i>Buteo buteo</i>).....	1	2	2	1	6
Halcón Abejero (<i>Pernis apivorus</i>).....				1	1
Milano Real (<i>Milvus milvus</i>).....	1	4		1	6
Paloma Torcaz (<i>Columba palumbus</i>).....		2	2		4
Mochuelo (<i>Athene noctua</i>).....		12	2		14
Búho Real (<i>Bubo bubo</i>).....		2		1	3
Búho Chico (<i>Asio otus</i>).....		3		1	4
Cárabo común (<i>Strix aluco</i>).....	1	17		2	20
Lechuza Común (<i>Tyto alba</i>).....		3			3
Chotacabras Pardo (<i>Caprimulgus ruficollis</i>).....		1	1		2
Pito Real (<i>Picus viridis</i>).....		2	1		3
Totovía (<i>Lullula arborea</i>).....		1			1
Alcaudón Real (<i>Lanius excubitor</i>).....		1			1
Estornino Negro (<i>Sturnus unicolor</i>).....		3			3
Urraca (<i>Pica pica</i>).....		3			3
Grajilla (<i>Corvus monedula</i>).....		2			2
Corneja Negra (<i>Corvus corone</i>).....		3	2		5
Cuervo (<i>Corvus corax</i>).....		1			1
Mosquitero Común (<i>Phylloscopus collybita</i>).....		1			1
Papamoscas Cerrojillo (<i>Ficedula hipoleuca</i>).....		1			1
Mirlo Común (<i>Turdus merula</i>).....				1	1
Zorzal Común (<i>Turdus phylomelos</i>).....		1			1
Zorzal Charlo (<i>Turdus viscivorus</i>).....		1			1
Herrerillo Común (<i>Parus caeruleus</i>).....		1			1
Carbonero Común (<i>Parus major</i>).....		1			1

