

Identificación de riesgos de atropellos de fauna en las carreteras: ruido de tráfico y teledetección



Solange Mendes Bonnemassou,
Salvador J. Peris, Víctor Colino,
Miguel Lizana - Departamento
Biología Animal. Facultad
de Farmacia, Universidad
de Salamanca; y
Nilda Sánchez Martín,
Departamento de Ingeniería
Cartográfica y del Terreno,
Facultad de Ciencias Agrarias
y Ambientales, Universidad
de Salamanca

1. Resumen

Los accidentes de tráfico sobre animales silvestres experimentan en España un 10,7% de crecimiento en los últimos 8 años. En la provincia de Salamanca, el jabalí (*Sus scrofa*) es la principal especie involucrada, en especial durante octubre-diciembre, los jueves o fines de semana, y al atardecer y primeras horas nocturnas; coincidiendo con la actividad de la especie. Las colisiones se concen-

tran en zonas de refugio con importante cobertura vegetal de maizales, no lejos de arroyos y ríos. El ruido del tráfico no tendría relación con los atropellos. La teledetección prueba que los puntos con mayor número de colisiones se relacionan con cultivos de regadío. La presencia de campos de maíz aumenta el riesgo de accidentes en todas sus carreteras adyacentes.

Palabras clave: Teledetección, cartografía, colisiones, paisaje, *Sus scrofa*, ruido.

2. Introducción

La colisión de vehículos con animales salvajes justifica la investigación y la aplicación de medidas de mitigación. El número de accidentes con mamíferos –de todas las especies– asciende en el mundo a varios millones por año (Conover et ál. 1995; Groot y Hazebroek 1996), superando los atropellos en los últimos 40 años, la mortalidad producida por las actividades cinegéticas (Forman y Alexander 1998). Por otro lado, para especies concretas la carretera supone el principal factor de mortalidad (Rodríguez 2002). Según informes inéditos de las Consejerías de Medio Ambiente respectivas, algunas regiones como Asturias, Cantabria y en especial Castilla y León (Naves et ál. 2003) tienen una alta incidencia del problema.

Las colisiones con medianos y grandes mamíferos (con pesos superiores a 10 kg) pueden causar pérdidas humanas y daños materiales, que soportan las compañías de seguros y Administraciones. En EE.UU. los costes se estiman en 1500 dólares de media por colisión (Conover et ál. 1995). Las variables que concurren en los siniestros se relacionan con las características del tráfico, hábitat circundante y las especies y comunidades animales. Sin embargo, los atropellos quizá no constituyan el mayor impacto sobre las poblaciones silvestres, puesto que, a largo plazo, los efectos derivados de la fragmentación del hábitat resultan más perjudiciales.

Un factor que contribuye a aumentar la fragmentación de las poblaciones silvestres, es el ruido del tráfico, ya que constituye un elemento que acentúa el efecto barrera, aumenta el estrés hormonal, altera conductas, causa interferencias en comunicación durante la procreación y otros efectos deletéreos que pueden ser causa de muerte relacionada con la carretera (Forman y Alexander 1998). La desorientación y las muestras de miedo son también respuestas comunes (Kavaler, 1975). Así, el estudio de la eco-

logía acústica es un medio útil para determinar la salud de los hábitats terrestres (Krause, 1993).

Los mamíferos captan sonidos con frecuencia comprendida entre los 10-150 000 Hz (Forman et ál. 2002). La variabilidad en las respuestas se debe a las características del ruido y su duración, tipo del hábitat, estación, actividad durante la exposición, sexo y edad de los individuos. Además, tensiones físicas, como la sequía, influyen en la sensibilidad (Busnel, 1978). El ruido afecta la fisiología y al comportamiento animal, y al convertirse en tensión crónica, puede ser perjudicial para el balance de energía, éxito reproductivo y supervivencia a largo plazo.

El jabalí (*Sus scrofa*) es la especie silvestre medio-grande que aparece con mayor frecuencia implicada en incidentes en carreteras (PMVC 2003). El suido experimenta una expansión desde la década de 1960 en la Península Ibérica, (Tellería y Sáez-Royuela 1985, Abaigar 1992), aunque con oscilaciones interanuales (Focardi et ál. 1996). La abundancia del jabalí, lo convierte en víctima frecuente (Rosell et ál. 2001). Así, en la provincia de Salamanca, y entre 1997-2002, se aprecia un aumento gradual de atropellos, con mayor incidencia en los meses de otoño (Peris et ál. 2005)

Los productos MODIS de índices de vegetación permiten comparaciones de datos temporales y espaciales, gracias a la actividad fotosintética, como base para la detección de cambios biofísicos y fenológicos (Anderson et ál., 2003). Permiten identificar diferentes tipos de cultivos, trazar mapas de riesgo y proponer medidas mitigadoras en los atropellos de fauna. Así, un mapa de usos de suelo vía MODIS, integra datos de carreteras y atropellos, y analiza la incidencia de los atropellos con la cobertura vegetal.

3. Materiales y métodos

3.1. Área de estudio

El área estudiada es la provincia

de Salamanca, suroeste de Castilla y León, con 12 336 km². En su noroeste y centro, predominan dehesas de encinas (*Quercus rotundifolia*), mezcladas con quejigo (*Q. faginea*), o bosques adehesados de roble melojo (*Q. pyrenaica*) con ganadería extensiva. En el noreste, el paisaje es agrícola, con campos cerealistas y regadío (37 000 ha). En el sur, las Sierras de Gata, Francia y Béjar, pertenecientes al Sistema Central, tiene bosques de robles melojos como hábitat principal.

La densidad viaria media es de 0,18 km/km² con una intensidad de tráfico en la vías principales entre los 5000 y los 20 000 vehículos/día (Intensidad Media Diaria, IMD) En vías secundarias, la IMD es menor. Las carreteras están integradas por redes de las tres Administraciones: Red de Carreteras del Estado, Red Autonómica de la Junta de Castilla y León, y red local de la Diputación. Del total de 2177,5 km para 352 414 hab. (INE 2005); 765,9 km (35,1%) pertenecen a carreteras primarias y 1411,6 (64,9%) a secundarias. El número de vehículos y la longitud de carreteras mantienen un continuo crecimiento, en especial los primeros (datos propios Dirección General de Tráfico).

3.2. Información inicial

3.2.1. Teledetección: MODIS y NDVI

El llamado **MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer** (MODIS) se encuentra a bordo de los satélites **Terra** y **Aqua**. El satélite Aqua tiene una órbita que pasa de sur a norte por la tarde, y el Terra de norte a sur en la mañana. Ambos cubren la superficie de la tierra cada 1 ó 2 días, adquiriendo datos en 36 bandas espectrales. El MODIS desempeña un papel vital en el desarrollo y validación de modelos globales interactivos para protección del ambiente y provee alta sensibilidad radiométrica (12 bits) en 36 bandas espectrales, desde 0,4 hasta 14,4 km. Dos bandas tienen una resolución espacial de 250 m en el nadir, 5 bandas en 500

Distribución de atropellos por estaciones

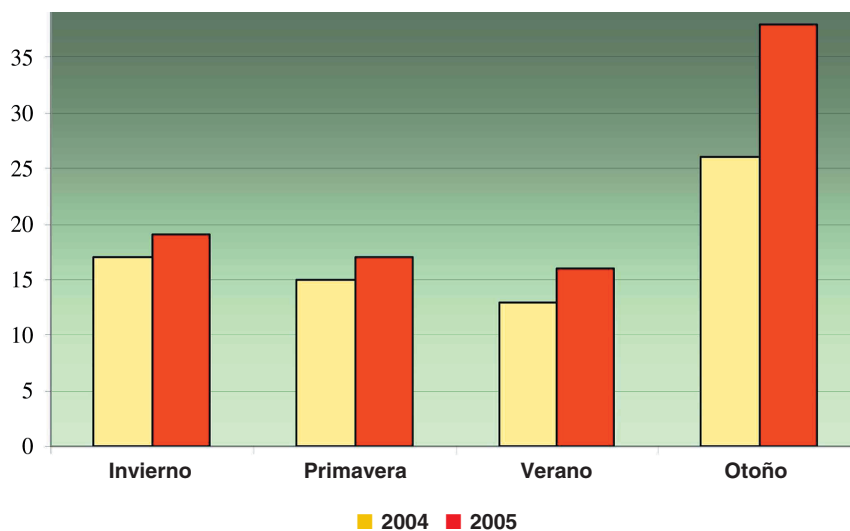


Figura 1. Número de atropellos sobre jabalí (*Sus scrofa*) según la estación del año.

m y las 29 bandas restantes sobre 1 km. El ancho del barrido es de 2330 km.

La vegetación verde refleja menos en la banda visible roja (banda 1), región de absorción de la clorofila, que la banda cercana infrarroja (banda 2), región de alta reflectancia del componente vegetal. Cuando la vegetación sufre estrés, los valores de la banda 1 aumentan y los de la banda 2 decrecen (Jackson, R.D. 1983). Estas propiedades llevan a definir índices de vegetación basados en operaciones algebraicas entre las bandas 1 y 2. Uno de los algoritmos más conocidos es el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, Rouse et al. 1974) que expresa la diferencia entre las bandas del rojo e infrarrojo cercano, normalizada por la suma de sus bandas: $NDVI = (banda\ 2 - banda\ 1) / (banda\ 2 + banda\ 1)$.

Las imágenes de satélite se consiguen en la página web de la NASA (<http://edcdaac.usgs.gov/modis/data-products.asp>), descargando los NDVI de 2004-2005. Se seleccionan las imágenes de primavera y verano de dichos años en imágenes MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grs. Las imágenes se geolocalizan en un sistema de proyección sinusoidal con un sistema geodésico propio, por lo que es

necesario transformarlas al sistema cartográfico nacional: proyección UTM huso 30 zona T y sistema geodésico ED50; para finalmente recortar la zona de estudio. Se utilizó el software de teledetección PCI Geomática 9.1 y el SIG ArcView 3.2 para el análisis de las imágenes.

3.2.2. Cartografía

Como base cartográfica se utilizan las hojas topográficas de la Base Cartográfica Nacional 200 (BCN 200), escala 1:200 000 del Instituto Geográfico Nacional. La capa vectorial de atropellos sobre carreteras se obtiene transformando el punto kilométrico de la colisión a coordenadas del sistema de proyección cartográfico. Como información externa para determinar las áreas de entrenamiento, y las áreas verdad-terreno en la clasificación, se usa la base cartográfica del SIGPAC de Castilla y León (<http://www.sigpac.jcyl.es/visor/>); es decir, la ortofoto 1:5000 de la provincia de Salamanca.

3.2.3. Datos de tráfico, carreteras y ruido

La información analizada se refiere a los incidentes de tráfico acaecidos durante 2004 y 2005; en los cuales se ve implicada fauna, y que se han comunicado a las autoridades.

Dicha información, junto a las cifras del parque móvil, han sido facilitadas por la Jefatura Provincial de la Dirección General de Tráfico en Salamanca y el Subsector de Tráfico de la Comandancia de la Guardia Civil. La densidad de tráfico en las distintas vías, medida en términos de intensidad media diaria, se obtiene a partir de mapas de tráfico publicados por la Junta de Castilla y León (2003).

Los análisis de ruido se llevaron a cabo en tres tipos de carreteras según su intensidad de tráfico y su elevada incidencia de atropellos. Se clasificaron como: N-620, carretera de tráfico alto (AT); N-630, tráfico medio (MT), y N-501, carretera de tráfico bajo (BT).

La medición del ruido se realiza mediante la verificación del Nivel de Presión Sonora (NPS) en escala logarítmica (dB) tomando como referencia el límite auditivo de 20 µPa. Para cuantificarlo, se emplea un sonómetro digital de 0,1 dB de resolución. Las medidas se realizan en intervalos de cinco minutos en las tres carreteras, posicionándose el observador a una distancia de 2 m del borde de la vía. El registro se lleva a cabo en horas con tráfico intenso, y en los días de la semana con mayor siniestralidad relacionada con la fauna. Se han considerado las características físicas y el estado de conservación de las diferentes calzadas. A partir de los datos tomados, se obtiene un valor promedio del ruido para cada carretera.

3. Resultados

3.1. Evolución y distribución temporal de atropellos

Se observa un aumento anual en los atropellos sobre jabalí, tal como ocurría entre 1997-2002 (Peris et al. 2005). En 2004-2005 hubo un aumento significativo del 10,7% en relación al período anterior ($X^2 = 14,68$, $p < 0,01$; g.l. = 3). La estación con más colisiones es el otoño (figura 1), coincidiendo con los máximos poblacionales provenientes de los partos de

enero-abril (Sáez-Royuela y Tellería 1986). El jabalí continúa siendo la especie con mayor número de incidentes en el suroeste de Castilla-León con 44,2% del total de las incidencias sobre vertebrados de tamaño medio-grande.

La mayor tasa de atropellos coincide con meses en que los animales desarrollan menor movilidad diaria, 5,8 km de promedio frente a los 8 km observados en invierno (Janeau y Spitz 1984). Ello indica que las colisiones inciden particularmente sobre individuos residentes, y por tanto el número de atropellos sobre jabalí reflejaría el estatus real de sus poblaciones, similar a lo que ocurre con otros mamíferos de alta tasa reproductiva como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) (Görasson y Karlsson, 1979).

Los tramos de siniestralidad se estudian por los “puntos negros”; aquellos tramos donde hay mayor concentración de colisiones respecto a

Distribución de atropellos de jabalíes respecto al total por carretera y año

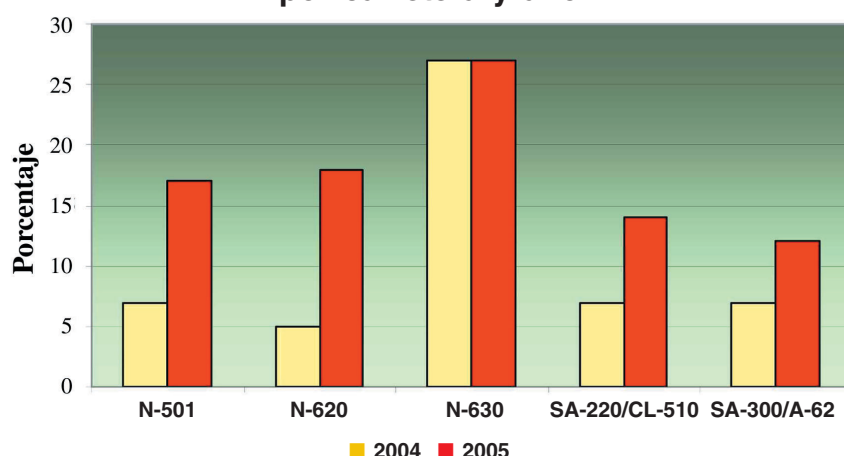


Figura 2. Porcentaje de colisiones con jabalí y tipo de carreteras.

otro en la N-501 (figura 2).

3.3.2. Relación entre ruido y atropellos sobre jabalí

A. N-620, Carretera con densidad de tráfico alta (AT).

La vía transcurre entre los pp.kk. 212 y 302 concentrándose las coli-

vehículos circulan a velocidades altas, siendo un encinar y cultivos de cereal el paisaje cercano. En el p.k. 218 el hábitat dominante a un lado de la vía es encinar; y al otro, cultivos de cereal y maíz. El tráfico es continuo día y noche durante todo año. La carretera bordea la ciudad de Salamanca, no habiendo en el tramo posterior ningún registro significativo de atropellos. El paisaje dominante es encinar adhesado con aprovechamiento ganadero extensivo. La densidad de tráfico y los niveles de ruido son elevados ($L_{eq} = 74,0$ dBA, entre 38 y 84 dBA) y sin cultivos de maíz.

B. N-630, Carretera con densidad de tráfico media (TM).

Esta vía atraviesa de norte a sur la provincia a lo largo de 109 km. Los tramos de máxima concentración de atropellos están en torno al p.k. 317 y los pp.kk. 370-374. El p.k. 317 es una recta de poca inclinación, pero que dificulta la visibilidad para el animal. En el entorno domina el monte de encinas, alcornoque (*Q. suber*) y matorral de jara (*Cistus ladanifer*) mezclado con campos de cereal y una amplia superficie de cultivo de maíz (*Zea mays*) y viñedo (*Vitis vinifera*) (figura 3). El ruido promedio es de $L_{eq} = 71,7$ dBA, entre 35,3-81,3 dBA. El tramo comprendido entre los pp.kk. 370 y 374 es una recta amplia con un pantano al fondo y circundado por cultivos de maíz, arroyos y un enci-

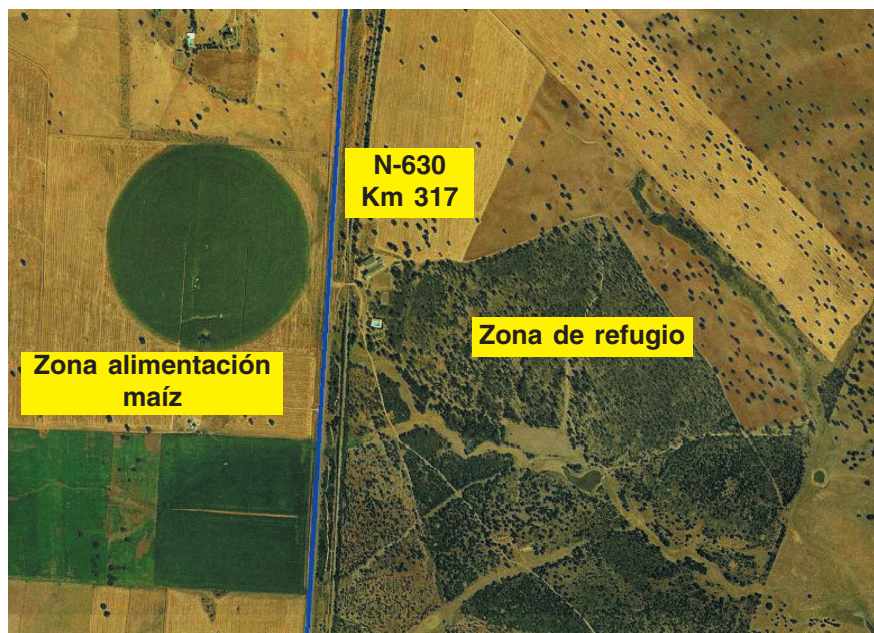


Figura 3. Disposición espacial de los diferentes paisajes en el punto negro p.k. 317.

zonas adyacentes. Para definir tales puntos se evalúa el número de colisiones por kilómetro y carretera, considerándose secciones separadas las distanciadas más de 3 km de longitud. Una vez agrupados los atropellos por tramos, se observan 4 puntos en la provincia en ambos años: 2 puntos en la N-630, 1 en la N-620 y

siones en torno a los pp.kk. 212 y 218, en los cuales hay un elevado nivel de ruido por contacto del neumático con un asfalto rugoso y antiguo que provoca mayor nivel de contaminación acústica (promedio de $L_{eq} = 67,0$ dBA, entre 34,3 y 81,7 dBA). En el p.k. 212 hay una recta amplia de 3 km, fomentando que los

nar. Dadas las características de la vía, los animales que se incorporen a la calzada encuentran dificultades para salir, aumentando el tiempo de estancia e incrementando el riesgo de colisiones. El ruido promedio es de $L_{eq} = 74,5$ dBA entre 37,1-84,0 dBA.

C. N-501, Carretera con densidad de tráfico baja (TB).

Los atropellos se concentran entre los pp.kk. 63 y 78, un tramo de amplias rectas con elevadas velocidades, en torno a 100-110 km/h. El asfalto es semi-nuevo, sin cercas u otro impedimento que dificulte el tránsito de animales. La vía atraviesa un encinar y cultivos de trigo y maíz. La ribera del río Almar, a 0,5 km, es hábitat propicio para el jabalí. El ruido promedio de $L_{eq} = 71,6$ dBA, entre 31,3-82,4dBA.

Contra lo previsto, no se ha hallado una correlación estadísticamente significativa entre el número de atropellos de jabalí y los niveles de ruido en todos los pp.kk. problemáticos (figura 4); sin existir una relación clara entre ambas variables.

El 75,7% de las colisiones tienen lugar en paisajes relativamente humanizados y fragmentados del NE (figura 5), con una densidad humana relativamente alta para la región de 26 hab./km² contra 17 hab./km² del resto provincial. Dicho paisaje mantiene considerable alimento potencial: cereales, maíz, tubérculos y bellotas, siendo más escasos los atropellos en los bosques de robles o en los matorrales cercanos a montañas, paisajes que, en principio, parecerían más idóneos para la especie (Virgós 2002).

3.3.3. Estudio de la distribución espacial de atropellos mediante teledetección y SIG

a) **Estudio de los NDVI** (Índice Diferencial de Vegetación Normalizado).

Se analizaron seis tipos de coberturas: regadío, secano, dehesa/monte bajo, bosque e improductivo (rocas, suelo desnudo, áreas urbanas etc.) y áreas con embalses, de las

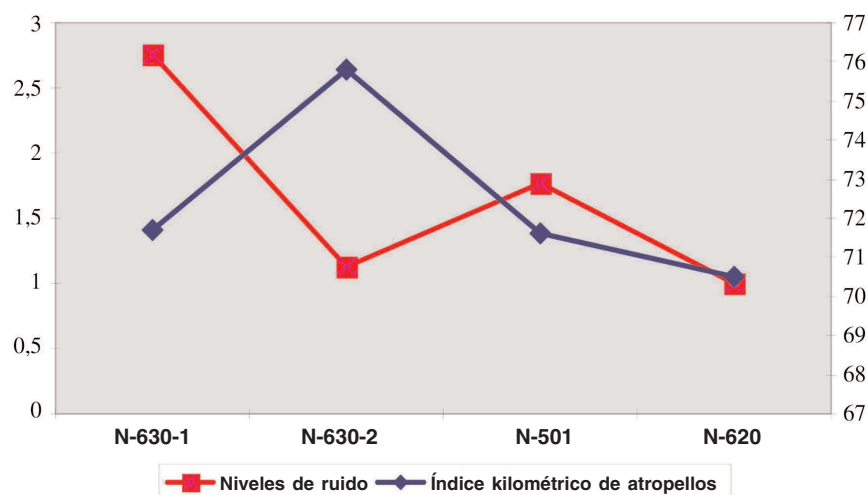


Figura 4. Relación entre colisiones, ruido y tipo de carretera.

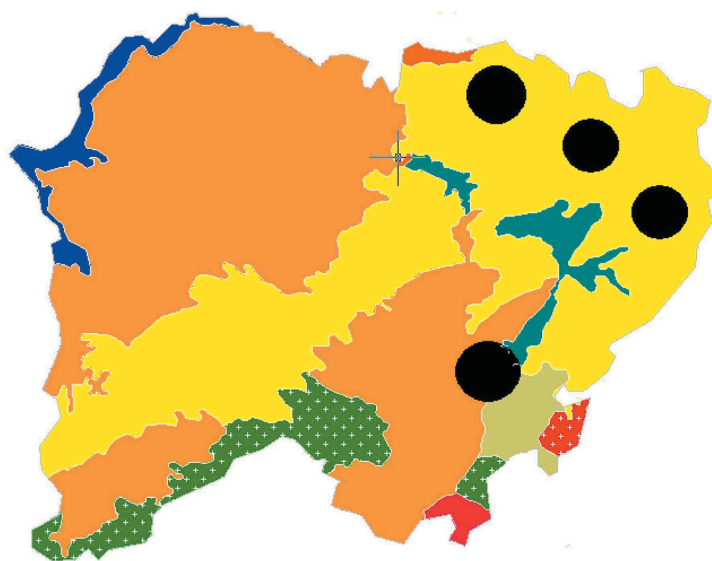


Figura 5. Puntos negros de atropello sobre jabalí y asociaciones de tipos de paisaje en la provincia de Salamanca.

cuales se tomaron 16 zonas como áreas de entrenamiento, previamente seleccionadas en el SIGPAC, y se comprobó en ellas el comportamiento de la serie temporal de NDVI, generando un gráfico bidimensional (figura 6 en la página siguiente) a partir de los valores medios de los niveles digitales (ND) de los diferentes NDVI; ubicando éstos en el eje de las abscisas y los valores de los ND medios de cada lote en el eje de las ordenadas, mostrando un diagrama espectral (Chuvienco, 1996).

En los NDVI estivales se observa una mayor superficie ocupada por cultivos de regadío (maíz, alfalfa, remolacha, etc.), en avanzado estado

de crecimiento. Por el contrario, los NDVI de primavera discriminan las especies de secano (cebada, trigo etc.). La vegetación espontánea da solo respuesta significativa en el período de primavera, alcanzando su máximo desarrollo por las lluvias. El comportamiento del secano es inverso al del regadío (figura 6). De marzo a junio, el NDVI es alto, lo que indica que el cultivo de secano está en pleno vigor, y termina al empezar la siembra del regadío. En estos meses, no hay un número significativo de colisiones. Se observa, que en junio la curva decrece, indicando que el secano termina, y empieza el cultivo de regadío que continua hasta

Medias NDVI RSV 2004 x fechas

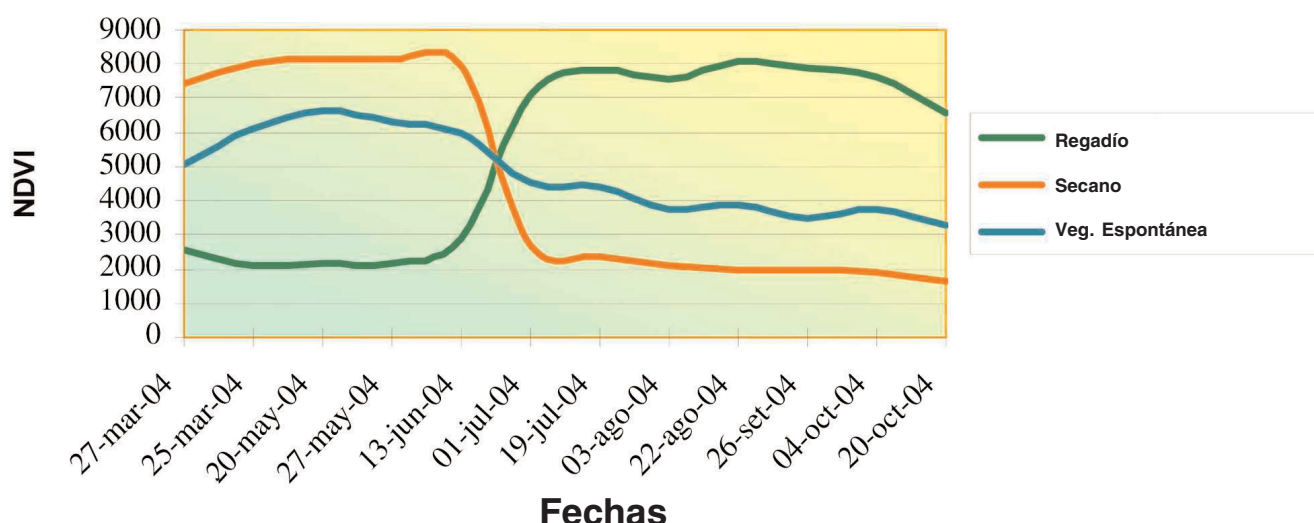


Figura 6. NDVI de 2004/5 (media de las coberturas). Las flechas indican el período de mayor frecuencia de colisiones con jabalí. El cruce de curvas a mediados de junio, marca el cambio de ciclo agrícola entre cultivos de secano y regadío.

el otoño; período este en que el maíz abunda, y donde ocurren los mayores índices de colisiones con jabalí.

3.4. Clasificación supervisada

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio. A partir de las parcelas definidas como áreas de entrenamiento (tomadas del SIGPAC), se genera una clasificación supervisada utilizando el algoritmo de mínima distancia de las imágenes de primavera y verano. Del total de la superficie analizada de la provincia de Salamanca, sólo el 1,7% es de regadío; contra 44,1% de secano, 36,9% dehesa o vegetación espontánea, 12,9% bosque, 4,2% improductivo y 0,22% zonas acuáticas.

Para analizar las relaciones entre las diferentes clases, se utilizó el análisis categórico multivariante kappa (κ) (Cohen, 1960). Este estadístico mide el grado de ajuste de la clasificación con las áreas de entrenamiento resultando altamente significativo 0,87 (+/- 0.03610, 99%), (Landis y Koch 1977), media de precisión de 93,11% y desviación estándar de 0,01399.

3.5. Análisis del resultado de la clasificación. Verificación “verdad terreno” mediante “matriz de confusión”

En un análisis de verificación llamado “verdad terreno” se toman 15 puntos de cada clase de la imagen clasificada, comparándose uno a uno con su cobertura real extraída del Sistema de Información Geográfica-SIGPAC. Se encuentra un alto nivel de significación, ($\chi^2 = 7,75$, $P < 0,1$) con un porcentaje de 73,3% para secano, 86,7% para improductivo, 86,7% para el regadío, 86,7% para bosque, 93,33% dehesa y monte bajo y 100% para zonas acuáticas. Es decir, los puntos coincidentes o no de cada clase en la imagen clasificada se asocian en el SIGPAC, comprobando la fiabilidad del método.

3.3.6. Integración de la imagen clasificada con la cartografía en un entorno SIG

El último paso del estudio es la integración del tratamiento por teledetección (mapa de usos y coberturas vegetales) con la distribución espacial de atropellos y capas cartográficas (carreteras, poblaciones e hidrografía), para estudiar la incidencia de siniestros

con factores espaciales, ambientales y antrópicos. Se puede observar la relación espacial de colisiones con las coberturas de regadío, dehesa/monte bajo y secano (figura 7).

El regadío es el mayor protagonista en relación con colisiones (52,83%). De junio a noviembre, estos cultivos constituyen una fuente de alimento para los jabalíes, motivando desplazamientos y cruces de vías en busca de este alimento; aunque la incidencia del celo y reorganización de las piaras en esta época deben ser también contempladas (Dardaillon 1998).

El segundo porcentaje más alto de atropellos (30,19%) se relaciona con las dehesas y monte bajo, áreas consideradas óptimas, además de los bosques, por la presencia de las bellotas, una fuente natural de alimento para la especie.

Respecto al secano, la relación de atropellos es de 13,2%. Es posible que ello esté relacionado con la distancia a los núcleos de población o al agua, pues los campos de secano les sirven más como zonas de refugio más que de alimentación.

Hay una relación significativa de atropellos con respecto a la distancia al agua, medida a distancia de 300 m. Del total de atropellos relacionados

Mapa provincial de Salamanca Atropellos x regadío

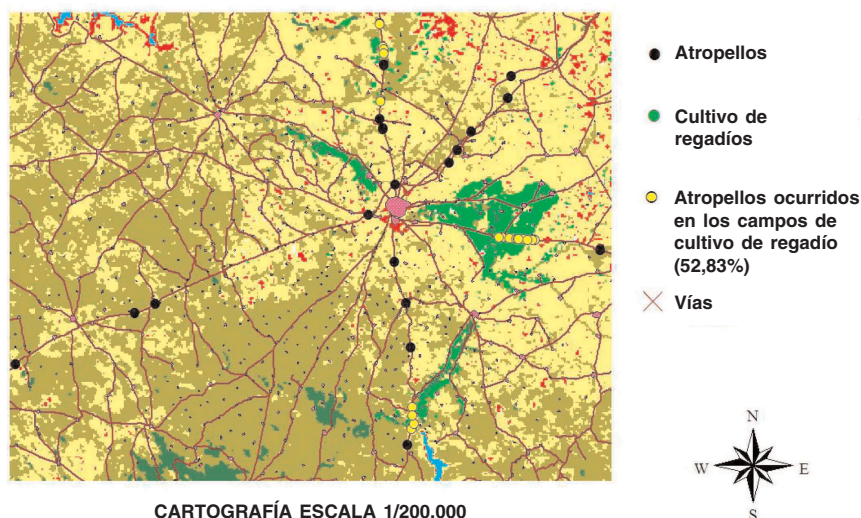


Figura 7. Mapa de atropellos x cultivo de regadío (Arcview).

hasta dicha distancia, el 50% se producen en áreas de regadío. Asimismo, se tomó una distancia mínima de 300 m respecto a núcleos de población humana encontrándose una relación de 13,2% de atropellos sobre jabalí, de los cuales el 57% coinciden con zonas de regadío.

Por último, hay apenas relación de colisiones cerca a puntos de hostelería, lo que indica que los jabalíes no buscarían este entorno para alimentarse de la basura generada por bares, restaurantes, hoteles, etc.

4. Conclusiones

Las colisiones de vehículos con jabalíes en las carreteras de la provincia de Salamanca para el período 2004-2005 continúan con tendencia creciente; explicada por el incremento de la especie en los últimos años. Los atropellos se concentran en períodos de celo, máximos poblacionales y reorganización social de las piaras, que además coinciden con actividades cinegéticas. Las colisiones son más frecuentes en las primeras horas nocturnas y en días con elevada densidad de tráfico. Se concentran donde la carretera separa diferentes hábitats, cobrando especial importancia los campos de regadío y zo-

Los atropellos se concentran en períodos de celo, máximos poblacionales y reorganización social de las piaras, que, además, coinciden con actividades cinegéticas

nas adehesadas. Respecto al ruido, este parámetro no siempre contribuye en los atropellos. Es probable, que en carreteras con bajas intensidades de tráfico y niveles de ruido reducidos, las colisiones se expliquen por una frecuencia de cruce elevada de los animales, más que por la probabilidad de colisión por

cruce, sucediendo lo contrario en vías con alta densidad de vehículos.

La teledetección demuestra ser una herramienta útil para discriminar cubiertas vegetales relacionadas con el riesgo de colisiones de tráfico por animales silvestres. Las imágenes MODIS tienen una resolución espacial y temporal adecuadas al ámbito de grandes estudios, si bien resultan con poco detalle para estudios de parcela. El estudio multitemporal aplicado a la clasificación de imágenes mediante series anuales de NDVI aporta una buena fiabilidad al control del proceso y de la verificación del resultado final.

Del total analizado, el regadío tiene una extensión pequeña (1,7%), en relación a otros tipos de cultivo; pero en este hábitat se produce la mayor incidencia de colisiones, el 52,8% del total. Siguen en importancia de extensión las dehesas (36,9%) con el 30,2% de colisiones. Por último, el secano con 44,1% de extensión y 13,2% de colisiones. En estas tres áreas de mayor riesgo, pero en especial en las carreteras que atraviesan cultivos de maíz, es donde hay que realizar medidas de mitigación.

Posibles medidas mitigadoras serían instalar reductores de velocidad, señales de alerta y vallas protectoras. Las dos primeras medidas sirven como aviso a los conductores, indicándoles que están en área de riesgo; logrando así la disminución de la velocidad para evitar la colisión. Las vallas son una medida efectiva para mitigar el problema con independencia de la velocidad, siendo efectiva en carreteras de alta velocidad como autovías/ autopistas.

Por último, conviene incidir sobre la visibilidad de las carreteras a campos de maíz: por ejemplo, limitar la zona de cultivo podría ser una medida eficaz complementaria.

3. Agradecimientos

El trabajo ha sido posible gracias a la información facilitada por D. Fran-

cisco Vera (Jefatura Provincial de la DGT de Salamanca) y por el subsector de tráfico de la comandancia de la Guardia Civil de Salamanca. Información sobre densidades medias diarias de vehículos han sido cedidos por la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León.

4. Referencias

A. RUIZ, W. TORRES, (2003) – Las imágenes satelitales recibidas en el Instituto de Ingeniería y sus principales aplicaciones. *Centro de Procesamiento Digital de Imágenes, Instituto de Ingeniería Venezuela*.

ABAIGAR, T. (1992). Parametres de la reproduction chez le sanglier (*Sus scrofa*) dans le sud-est de la péninsule ibérique. *Mammalia*, 56 (2): 245-250.

ANDERSON, L. O.; Latorre, M. L.; Shimabukuro, Y. E.; Arai, E.; Carvalho Junior, O. A. Sensor MODIS: uma abordagem geral. São José dos Campos: INPE, 2003: 58.

BUSNEL, R.G. AND JOHN Fletcher (eds.). (1978). Effects of Noise on Wildlife. New York: Academic Press.

CHUVIECO, E., A Review of Remote Sensing Methods for the Study of Large Wildland Fires, España, Emilio Chuvieco Editor, 1.997.

COHEN, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Education and psychological measurement*. XX (1).

CONOVER, M.R., PITT, W.C., KESSLER, K.K., DUBOW, T.J. & SANBORN, W.A. (1995) Review of human injuries, illness, and economic losses caused by wildlife in the United States. *Wildlife Society Bulletin*, 23: 407-414.

DARDAILLON, M. (1988). Wild boar grouping and their seasonal changes in the Camargue, southern France. *Zeitschrift Für Säugetierkunde-International Journal of Mammalian Biology*, 53: 22-30.

FOCARDI, S., S. TOSOS Y E. PECCHIOLI (1996). The population modelling of fallow deer and wild boar in a Mediterranean ecosystem. *For-*

rest Ecology and Management, 88: 7-14.

FORMAN, R. T. Y L. E. ALEXANDER (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-31.

FORMAN, R.T. (2002). Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington, D.C., USA.

GORÄNSSON, G. Y J. KARLSSON (1979). Changes in population densi-

Las colisiones son más frecuentes en las primeras horas nocturnas y en días con una elevada densidad de tráfico

ties as monitored by animals killed on roads. The Use of Ecological Variables in Environmental Monitoring. *The Natural Swedish Environment. Protection Board, Report PM*, 1151: 120-125.

GROOT, G.W.T.A. & HAZEBROEK, E. (1996) Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology*, 10: 1059-1067.

JACKSON, R.D., P.N. Slater, and P.J. Pinter, (1983). Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. *Remote Sensing of the Environment*, 15: 187-208.

JANEAU, G. Y F. SPITZ (1984). L'espace chez le Sanglier (*Sus scrofa* L.) occupation et mode d'utilisation. *Gibier Faune Sauvage*, 1: 73-89.

KAVALER, L. (1975). Noise: The New Menace. New York: The John Day Company.

KRAUSE, B. (1993) "The Niche

Hypothesis." The Soundscape Newsletter.

LANDIS, J.R. y KOCH, G.C. (1977). The measurement of observer agreement of categorical data. *Biometrics*. 33: 159-174.

MODIS WEB PAGE, Data Products, (<http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproducts.html>), 2003.

NAVES, J., A. ORDIZ, E. GARCÍA-ÁLVAREZ Y C. POLLO (2003). Modelo predictivo de accidentes de tráfico con jabalíes y aplicación a la estima de efectos barrera en la autopista A-66 (Asturias-León). *Resúmenes VI Jornadas SECEM*, Ciudad Real, 128.

PERIS, S., R. BAQUEDANO, A. SANTOS, Y M. PESCADOR (2005). Mortalidad del jabalí (*Sus scrofa*) en carreteras de la Provincia de Salamanca (1997-2002). *Galemys*, 17 (1-2):13-23,2005.

RODRÍGUEZ, A. (2002). *Lynx pardinus Temmick*, 1827: 302-305. En: L. J. Palomo y J. Gisbert (eds). *Atlas de los Mamíferos terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - SECEM-SECEMU, Madrid.

ROSELL, C., P. FERNÁNDEZ-LLARIO Y J. HERRERO (2001). El jabalí (*Sus scrofa Linnaeus*, 1758). *Galemys*, 13 (2): 1-25.

ROUSE, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., y Deering, D.W. (1974). "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS". Proc. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symp., Goddard Space Flight Center, NASA SP-351, Science and Technical Information Office, NASA.

TELLERÍA, J. L. Y C. SÁEZ-ROYUELA (1985). L'évolution démographique du sanglier (*Sus scrofa*) en Espagne. *Mammalia*, 49 (2): 195-202.

TUCKER, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of the Environment*, 8: 127-150.

VIRGÓS, E. (2002). Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) occurrence in highly fragmented Mediterranean landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, 80 (3): 430-435. ■