

TRABAJO FIN DE MÁSTER

IMPACTO DE LA RED VIARIA SOBRE FAUNA SIL- VESTRE DE LANZAROTE EN EL PERIODO 2010- 2011:SEGUIMIENTO Y APROXIMACIÓN AL ANÁLI- SIS MEDIANTE TECNOLOGÍA SIG

Autor: Ignacio Luque Márquez

Director: Luis Alberto Longares Aladrén

Máster Universitario en

**Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del te-
rritorio: sistemas de información geográfica y teledetección**

Marzo de 2013



Universidad
Zaragoza

**Departamento de Geografía
y Ordenación del Territorio**



Resumen

En las últimas décadas se ha producido en determinados enclaves semi-naturales un crecimiento de la población urbana que se establece en ellos, lo que ha conllevado a un aumento del número de desplazamientos y mercancías. Esta circunstancia ha hecho que a su vez se hayan incrementado la red de infraestructuras viarias entre estos centros urbanos y la densidad del tráfico afectando de forma directa a la fauna salvaje presente en estos territorios, que se ha visto diezmada por atropellos. Este acontecimiento es identificado por algunos autores como una seria amenaza para la de biodiversidad (Forman y Alexander, 1998; Rosell et al., 2003). En el caso concreto de la isla de Lanzarote (España), el desarrollo urbanístico y del entramado viario en los últimos 30 años han hecho aflorar graves conflictos en el ámbito de preservación de la biodiversidad y del paisaje. Con la finalidad de un mejor entendimiento de la incidencia de la red de infraestructuras viarias sobre la fauna insular y continuando con el anterior trabajo de seguimiento de fauna atropellada en la red viaria de Lanzarote de Unquiles, en el presente trabajo se ha asignado proyección geográfica a la información recopilada sobre este fenómeno durante el año 2011 integrándola en un entorno SIG. A partir de ésta, mediante la aplicación de herramientas SIG específicas, se ha llevado a cabo una aproximación al análisis del impacto de la red viaria insular sobre un total de 3 especies de mamíferos y 27 especies de aves.

Palabras Clave: *Conservación de biodiversidad, infraestructuras viarias, intensidad de tráfico, atropellos, Lanzarote.*

Abstract

During the last decades, the growing of human population in particular semi-natural enclaves have caused an increase of transport of goods and human displacements. These phenomena have implied a growing spread of highway network between this areas and the rising of traffic density affecting directly the fauna by road kill. This circumstance is identified by different authors as one of the greatest challenges in biodiversity conservation (Forman y Alexander, 1998; Rosell et al., 2003). In the case of Lanzarote (Canary Island, Spain) during the last thirty years the urban development and high network growth have brought about of serious conflicts in the field of biodiversity preservation and environment. In order to increase the understanding of the road network impact on fauna and carrying on the previous study of animal road-killing monitoring in by Unquiles (2000), in the current document a spatial reference system was assigned to road-killing data during 2011 and integrated to ArcGIS environment. Afterwards by means of ArcGIS tool and SIG techniques, a preliminary approach of the analysis of road network impact in this island was carried trough by three mammal species and twenty-seven bird ones.

Key Words: *Biodiversity preservation, highway network, traffic density, road kills, Lanzarote.*

Índice

1.	Introducción	pág. 1
1.1.	Impacto de las estructuras viarias: exposición del problema.....	pág. 1
1.2.	Situación a nivel nacional	pág. 9
1.3.	Ámbito del estudio	pág. 12
1.4.	Justificación y antecedentes	pág. 14
2.	Objetivos	pág. 16
3.	Material y métodos.....	pág. 17
3.1.	Esquema de trabajo	pág. 17
3.2.	Fuentes de información	pág. 18
3.2.1.	Capas de información en formato vectorial utilizadas	pág. 21
3.2.2.	Capas de información en formato ráster utilizadas	pág. 30
3.3.	Categorías de ocupación del suelo predominante en el entorno de 200 m en base a la información en la isla de Lanzarote	pág. 33
3.4.	Tratamiento de los datos	pág. 38
4.	Resultados	pág. 44
4.1.	Resultados generales	pág. 44
4.2.	Estudio descriptivo preliminar de los resultados	pág. 47
4.3.	Mortalidad en la clase aves	pág. 51
4.4.	Mortalidad en el clase mamíferos	pág. 62
5.	Discusión	pág. 71
5.	Conclusiones	pág. 77
6.	Agradecimientos	pág. 78
7.	Bibliografía	pág. 79

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo fin de máster se trata de proporcionar una visión general del dilema que ocasiona la existencia de una red viaria cada vez más extensa y de mayor capacidad y el impacto que ésta provoca sobre la fauna salvaje, produciéndose además, en algunas comunidades autónomas, víctimas humanas e importantes pérdidas materiales y económicas. Son bastante representativos los datos que la DGT publica referentes al periodo 2007-2011 en el que se registraron más de 70.000 accidentes (contabilizando únicamente accidentes con daños materiales y accidentes con víctimas) en todo el territorio nacional que tuvieron lugar por la irrupción de animales, principalmente domésticos, en la calzada (Revista Tráfico y Seguridad Vial). Para mostrar que no sólo se trata de un problema de seguridad vial, la ONG Ecologistas en Acción cifra en torno a 10 millones los vertebrados que mueren anualmente como consecuencia directa de la red de carreteras de España, con diferentes grado de afectación según especie.

1.1. Impacto de las infraestructuras viarias: exposición del problema

Debido al desmesurado desarrollo de la sociedad actual, y en su afán de “mejora” de servicios de transporte y de comunicaciones, se ha producido un incremento importante de las redes de infraestructuras viarias en la mayoría de países avanzados durante las últimas décadas, lo que conlleva un incremento de la fragmentación del hábitat. La fragmentación del hábitat, es decir, degradación de los hábitats y ecosistemas naturales originales en pequeñas “islas aisladas”, es internacionalmente aceptada como una de las principales amenazas para la conservación de biodiversidad (Rosell et al., 2003; Santos y Tellería, 2006). La Agencia Europea de Medio Ambiente publicó en el año 2001 que “el tamaño medio de las áreas no fragmentadas por las infraestructuras viarias oscila entre aprox. 20 km² en Bélgica y 600 km² en Finlandia, siendo la media en la Unión Europea de 130 km²”.

En España, a título orientativo, la longitud de la red de infraestructuras viarias (carretera y ferrocarril) prácticamente alcanza los 700.000 km y hasta el año 2010 se tenía previsto la construcción de más de 5.700 nuevos kilómetros, básicamente de vías de alta capacidad de circulación de vehículos y vías de ferrocarril (COST-341-Síntesis). Estos hechos muestran, de manera inequívoca, el conflicto existente entre desarrollo y conservación de la naturaleza y la necesidad inaplazable de modelar un transporte sostenible y el desafío de adaptar las construcciones ya existentes y las futuras para mitigar su impacto ecológico.

Análogamente se ha producido un incremento de la conciencia ambiental en algunos sectores de la población y de presiones por parte de colectivos ecologistas, y gracias a políticas y a compromisos medioambientales el número de áreas, en su mayoría bajo algún grado de protección, también han aumentado en los últimos tiempos.

Los efectos derivados de la presencia de la red de carreteras sobre el medio son abundantes y diversos: alteraciones en los paisajes y en el suelo, en la calidad del aire y en las condiciones sonoras, alteraciones climáticas, en la geología y geomorfología, la hidrología superficial y subterránea lo que debe suponer un gran desafío para la ciencia y la sociedad actual (Forman y Alexander, 1998; Rosell et al., 2003).

El desarrollo de este tipo de infraestructuras, junto con cambios en los usos y cobertura del suelo, el cambio climático global, la contaminación y la fragmentación están llevando a una rápida pérdida de biodiversidad a nivel mundial. Esta pérdida de biodiversidad resulta un proceso de homogenización general que se caracteriza por un descenso en la abundancia de muchas especies, que conduce al incremento del número de especies amenazadas o en vías de extinguirse y, simultáneamente, a la abundancia y presencia dominante de unas pocas especies (Benítez-López et al., 2010).



Foto 1. Vista aérea de la carretera LZ-1 que une Tahiche y Guatiza. Se observa cómo las infraestructuras de transporte pueden fragmentar el hábitat. Fuente: Consejería de Obras Públicas, Transporte y Política Territorial.

Los efectos que ejercen la red de carreteras sobre la fauna se pueden clasificar en dos grupos principales. Estos efectos se pueden clasificar en:

- Directos o derivados de la propia presencia física de la carretera.
- Indirectos, consecuencia de las actividades humanas asociadas a la construcción de cada carretera y que no son responsabilidad directa de la misma.

Los efectos directos se podrían agrupar en varias categorías: pérdida y alteración del hábitat, creación de nuevos hábitats, y la fragmentación del hábitat que conlleva el efecto barrera y el atropello de fauna, uno de los elementos más afectados por la presencia en el medio de estas infraestructuras, afirma Rosell et al. (2005). En referencia a las elevadas tasas de mortalidad debido a causas no naturales - como en este caso son los atropellos en infraestructuras viarias-; refiere Gomes et al. (2009), que pueden comprometer la supervivencia de las poblaciones si éstas afectan a una parte significativa de la población y sus efectos no se ven compensados por una mayores tasas de natalidad. Los efectos de la subdivisión y aislamiento de las poblaciones de fauna silvestre pueden reducir la supervivencia a largo plazo. Las consecuencias propias del aislamiento son una limitación en el intercambio natural de individuos; la falta de interacciones entre diferentes poblaciones de la misma especie, que afecta sobremanera a la habilidad reproductiva, y provoca pérdida de “pool” genético en las mismas como consecuencia de la endogamia; un aumento de las tasas de extinción, principalmente de las especies llamadas no migratorias de requerimientos de hábitat mucho más especializados (Kawata, 1997).

Efectos directos:

a) Pérdida del hábitat

La construcción de carreteras transforma de una manera muy directa los hábitats naturales, *conditio sine qua non*, puesto que están precedidas por actividades tales como la eliminación de la vegetación y de suelo que conllevan un cambio físico del lugar, alterando o sustituyendo las condiciones del hábitat original (Rosell et al., 2003). En cuanto a los efectos sobre la fauna, el principal es la desaparición de la fauna ligada al medio edáfico y de las especies que presentan una elevada especificidad de hábitats para las cuales la capacidad de adaptación y de localizar y colonizar otros ambientes diferentes jugarán un papel clave para su supervivencia, afirman Trombulak y Frissel (2000).



Foto 2. Fotografía de la construcción de la Autovía de la Plata (A-66). El impacto que provoca este tipo de construcciones no es sólo visual o acústico. Grandes superficies de terreno, flora, fauna y acuíferos naturales son gravemente afectadas o destruidas. Fuente: Sevilla21.com

b) Alteración del hábitat

La red viaria ocasiona una serie de perturbaciones que se extienden en su entorno, modificando el hábitat natural primigenio (ruido, iluminación, emisión de contaminantes, presencia de elementos antrópicos, etc.). La superficie de la banda de terreno afectada a ambos lados de la infraestructura no es constante, sino que depende de varios factores, como la intensidad de tráfico, las diferentes componentes geográficas del paisaje tales como orografía e hidrología, patrones de vientos, tipo de vegetación y grado de cobertura, etc. El área afectada puede localizarse desde las zonas adyacentes a los bordes de la carretera hasta llegar a extenderse centenares de metros, o incluso a kilómetros de la propia red viaria (Forman, 2000; Rosell et al., 2003; Benítez-López et al., 2010).



Foto 3.1 El impacto de este tipo de infraestructuras se extiende desde varios decenas de metros hasta varios kilómetros, normalmente van asociadas otro tipo de construcciones humanas como otras carreteras o edificaciones. Imagen del peaje de la autovía M-501. Fuente: Equomadrid.org



Foto 3.2. La alteración del hábitat como consecuencia directa de la acción humana se manifiesta como una de principales amenazas para los ecosistemas lanzaroteños. Fuente: SEO.org

c) Creación de nuevos hábitats

La construcción de carreteras supone también la creación de nuevos hábitats, como son las medianas -con la función de separar los carriles de la calzada-, márgenes, túneles y viaductos, etc.

Los nuevos márgenes creados pueden servir de refugio para la fauna, además de proporcionar un hábitat adecuado para la alimentación y la cría determinadas especies. Animales carroñeros y aves que se alimentan de invertebrados o pequeños mamíferos pueden verse atraídos por este nuevo hábitat y



los recursos que presenta. Lo mismo puede ocurrir con aves granívoras o insectívoras que encuentran una fuente de alimentación en la vegetación ruderal de las inmediaciones de las infraestructuras.

Foto 4. Franja de vegetación ruderal típica de márgenes en zonas humanizadas. La aparición espontánea de este tipo de vegetación marginal genera una fuente de recursos para la fauna inexistente hasta la construcción viaria.

d) Fragmentación del hábitat

La fragmentación provocada por las redes viarias implica una transformación y división del territorio, que conformaba un hábitat extenso y original, en parcelas de superficie menor -ocasionando incluso la imposibilidad de ser un soporte viable para algunas especies- y generación de fragmentos aislados (Rosell et al., 2003). Estas parcelas constituyen fragmentos aislados con barreras entre ellas. De esta forma, las especies animales no sólo se encuentran amenazadas por la destrucción y consiguiente reducción del hábitat en el que viven, sino también por la reorganización espacial del hábitat resultante. Esta realidad tiene dos efectos principales sobre las especies presentes, conocidos como efecto borde y aislamiento.

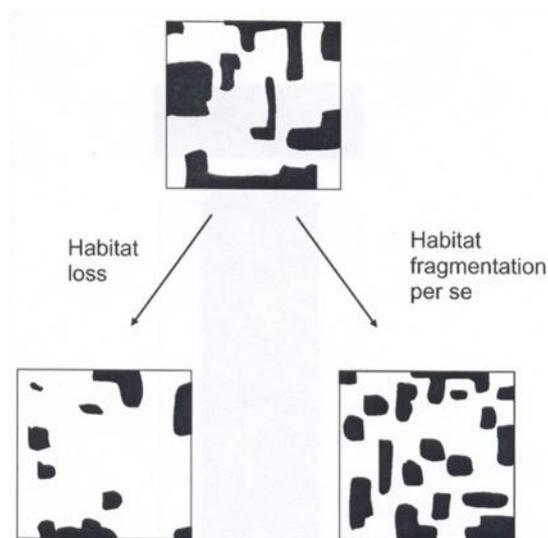


Figura 1. Ambos fenómenos, considerados de manera independiente, implican la degeneración a pequeñas manchas de hábitat. Se aprecia cómo la fragmentación *per se* conduce a una reducción del aislamiento entre fragmentos mientras que en la pérdida de hábitat no sucede así necesariamente. El tamaño de fragmento, por sí mismo, se muestra como una medida ambigua a la hora de discernir entre cantidad de hábitat o grado de fragmentación propiamente dicha. Fuente: Fahrig, L. (2003).

Efecto borde

La infraestructura viaria crea una discontinuidad de las condiciones del medio por el que discurre con lo que se crean extensas longitudes de borde o de límite en relación al área de hábitat superviviente. Esto provoca una serie de modificaciones de las condiciones a ambos lados de la infraestructura, en una sección muy localizada del hábitat conocida como zona margen. .

Esta zona margen se encuentra asociada a cambios de las relaciones interespecíficas de la fauna puesto que éstas pueden convertirse en nuevos hábitats para muchas especies y pueden actuar como verdaderas trampas ecológicas, debido fundamentalmente a la naturaleza lineal de los márgenes. Puntualiza Iuell et al. (2005) que la presencia de estos márgenes puede ocasionar la proliferación de especies de flora invasora cuyas semillas o propágulos son transportados en los vehículos y se dispersan por zonas adyacentes a la vía. En el caso del sur de Europa debido principalmente al clima, a una mala gestión y al tipo de infraestructura aparecen otra serie de efectos negativos consecuencia de los márgenes ya que pueden actuar como foco de incendios forestales; así en España casi el 25% de los incen-

dios forestales acaecidos en el año 2000 se iniciaron en zona de márgenes carreteras (Ecologistas en Acción)

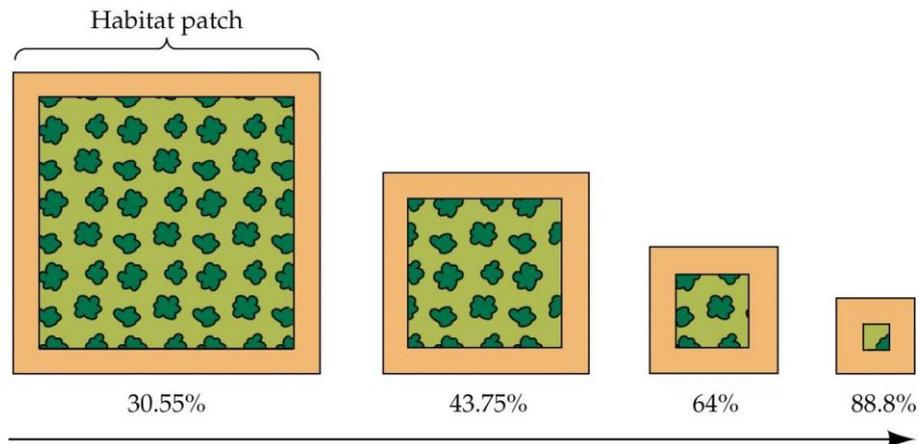


Figura 2. Incremento del porcentaje de área influenciada por el efecto borde a medida que disminuye el tamaño de patch o macha de un determinado hábitat.

Aislamiento

Cuando se produce fragmentación provocada por la construcción de carreteras se generan manchas de hábitat discontinuas delimitadas por las propias vías. Este parcheado del hábitat original y, por ende, la pérdida de hábitat, van a provocar el aislamiento de las especies de la zona. La dificultad o imposibilidad de movimiento de individuos entre los fragmentos separados puede llegar a impedir la recolonización de fragmentos que hayan quedado aislados. Así, Bailey et al. (2010), concluye que el aislamiento provoca efectos sobre la fauna que son más frecuentes y más relevantes para la dinámica poblacional a escala de parcela (manchas) que a escala hábitat total. La importancia del aislamiento sobre la supervivencia de las poblaciones afectadas puede ser comparable a la ocasionada por la pérdida de hábitat.

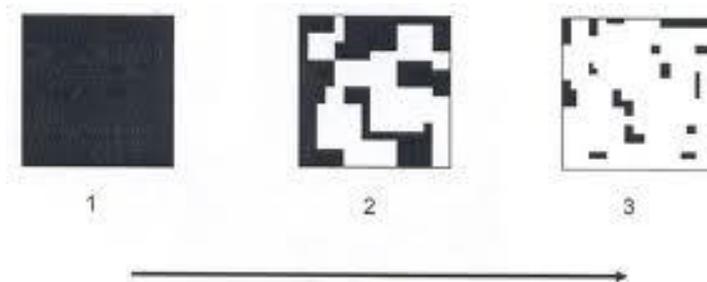


Figura 3. Proceso de fragmentación donde un hábitat original es transformado en pequeñas manchas aisladas unas de otras y rodeadas por un nuevo hábitat diferente al original (Fahrig, L., 2003)

e) Efecto barrera

Probablemente el impacto ecológico negativo más relevante de las infraestructuras viarias, ya que la capacidad de dispersión de la fauna -uno de los factores claves para la supervivencia de las especies- queda mermada. Así, se pueden establecer tres tipos de grupos de especies en función de la problemática que suponen las carreteras:

- Especies poco comunes con pequeñas poblaciones locales y amplias áreas de campeo, como los grandes carnívoros.
- Especies que presentan desplazamientos diarios o estacionales entre distintos hábitats locales, como los anfibios.
- Aquellas que tienen que realizar grandes desplazamientos debido a migraciones en determinadas estaciones, como es el caso de los grandes ungulados migratorios del hemisferio norte.

Este efecto negativo va asociado tanto al impedimento físico, que supone el libre movimiento de la fauna en busca de recursos, conocidas por barreras, físicas como al ámbito de comportamiento animal ya que son ambientes evitados por las especies más sensibles, llamadas barreras de comportamiento (Rosell et al., 2003). Las infraestructuras y el grado de permeabilidad de ésta restringen los desplazamientos propios de la fauna. La combinación del tamaño de población, la movilidad de sus individuos y sus requerimientos de hábitat hace que una determinada especie sea más o menos sensible al efecto barrera provocado por una infraestructura.



Foto 5. Paso de fauna elevado sobre en uno de los tramos del M-501. Con este tipo de construcciones se minimiza el efecto barrera y la fragmentación del hábitat. Fuente: Minuartia.com

f) Atropellos

El atropello de fauna es el impacto probablemente más conocido de la red viaria en los animales ya que se produce en mayor o menor grado en todas las carreteras. Se ha hablado de las carreteras como “depredadores inespecíficos”, es decir, que actúan sin distinción de taxones o grupos (Corrales y Hernández, 1993). En estimaciones de Rosell et al. (2003), la mortalidad por atropello sólo es responsable del 1-4% de la mortalidad total de especies comunes aunque estos se presenten en números altísimos, lo que indica que estas especies son abundantes. Del mismo modo puede suponer una causa muy importante de mortalidad para especies más sensibles y ser un factor muy significativo en la supervivencia de las mismas, como es el caso del lince ibérico en el Parque Nacional de Doñana (Ferreiras et al., 1992). El número de animales muertos por atropello sigue creciendo a medida que se incrementa el tráfico y aumenta la extensión de las infraestructuras (Forman y Alexander, 1998). En España hay estimaciones que afirman que el total de animales muertos por atropellos estaría en torno a unos 10 millones de vertebrados cada año en las carreteras (Caletrio et al., 1996); otras estimaciones, basadas en anillamientos, anuarios ornitológicos y en recuentos de aves atropelladas, estiman en no menos de 20 millones las aves muertas cada año (Proyecto provisional de seguimiento de la Mortalidad de Vertebrados en Carretera, PMVC, 2003).

Las colisiones entre vehículos y fauna representan un problema de interés creciente, no solamente por la conservación de las especies, sino también para la seguridad vial y las economías privadas y públicas. Dos de los factores relacionados con el índice de atropellos y su frecuencia son la intensidad de tráfico y la velocidad. Rosell et al. (2003) apunta, que la adecuación y la implementación de la señalización para restringir la velocidad de circulación disminuye el número de casos de animales muertos.



Foto 6. En primer término restos de una avutarda hubara atropellada en las inmediaciones de Famara en la carretera LZ-401. La colisión con tendidos eléctricos, el sobrepastoreo, el impacto de la red viaria y el desarrollo urbanístico se constituyen como las principales amenazas de esta especie tan emblemática como escasa en la fauna canaria. Fuente: Gustavo Tejera Betancourt.

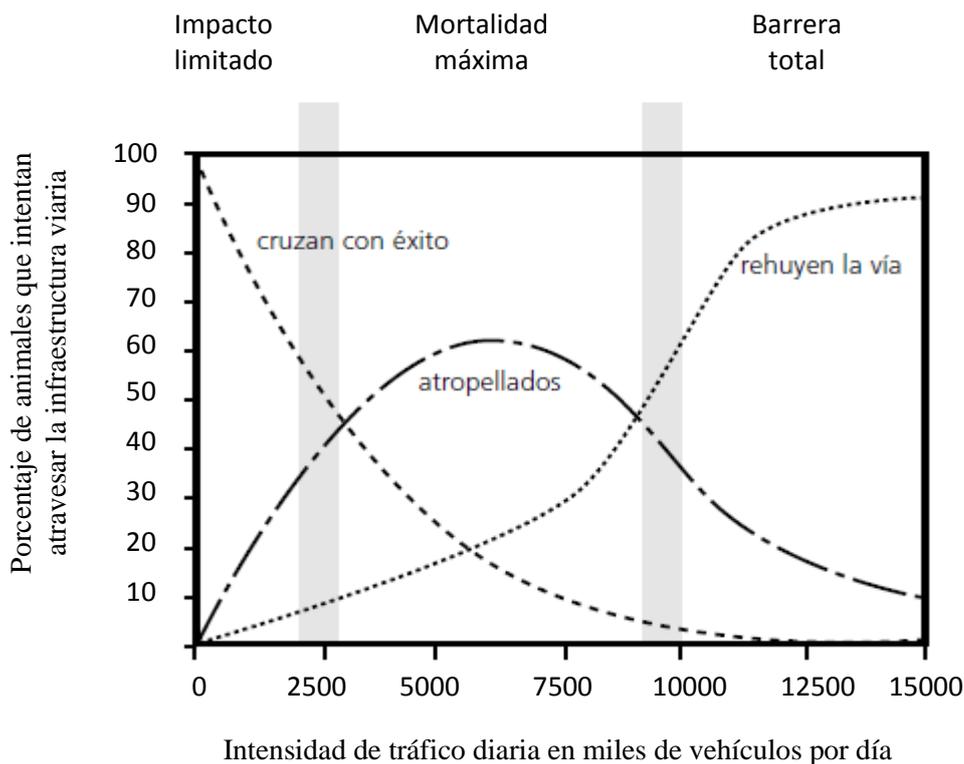


Figura 4. A bajas intensidades de tráfico (inferiores a 2.500 vehículos) la fauna que intenta atravesar la carretera sufre un bajo número de accidentes. Para intensidades de medias de vehículos (2.500-10.000) el número de accidentes es muy elevado, a la vez que aumenta el número de animales que evitan cruzar la vía y la proporción de los que consiguen cruzar desciende notablemente. Para intensidades de tráfico elevadas (superiores a 10.000 vehículos) el porcentaje de animales que evitan cruzar la vía es muy elevado y a pesar de que el número de accidentes desciende considerablemente solamente un bajo número de animales cruza la vía con éxito. Fuente: Andreas Seiler, inédito.

Efectos indirectos:

La creación de nuevas carreteras va acompañada de cambios en el uso del suelo en el entorno de las mismas por parte de las personas. Se cambia el uso del suelo tradicional, los patrones de asentamiento humano o se motiva el desarrollo industrial. Todo ello conduce a la construcción de nuevas vías de acceso. En el territorio español se han construido 24.061 km de nuevas carreteras en un período de aproximadamente 30 años (Rosell et al., 2003). Incluso la creación de pequeñas carreteras en zonas bien conservadas de difícil acceso puede provocar la afluencia de personas causando una perturbación inexistente en el lugar hasta ese momento. Por todo ello, a los efectos negativos propios de la carretera, hay que sumar los provocados por estos cambios.

1.2. Situación a nivel nacional

La información documentada existente sobre esta problemática ligada a la red de carreteras en la Península Ibérica es escasa. Los primeros estudios sobre el impacto de las carreteras (atropellos, fragmentación de hábitat y efecto barrera, fundamentalmente) en fauna comienzan a desarrollarse a finales de la década de 1980. A principios de la década de 1990 se inicia en España el Proyecto provisional de seguimiento de la Mortalidad de Vertebrados en Carretera (PMVC) el cual contempla carreteras de la red viaria nacional, y cuyos primeros resultados y conclusiones fueron publicados por La Coordinado-

ra de Organizaciones de Defensa Ambiental (CODA) en 1992. Estos resultados fueron contemplados posteriormente en un documento técnico, publicado éste por la Sociedad de Conservación de Vertebrados (Rosell et al., 2003) y en el que se recogen 43.505 datos de vertebrados muertos por atropello en un total de 60.604 km de carreteras de la geografía española en el periodo comprendido entre enero de 1990 y julio de 1992. Los atropellos se reparten en 374 especies de las cuales 20 corresponden a anfibios, 37 a reptiles, 274 de aves y 75 de mamíferos.

En 1995 tiene lugar en Europa la creación de la organización *Infra Eco Network Europe* (IENE), organización multidisciplinar que integra personal experto de diferentes países europeos con el propósito de facilitar la identificación de conflictos y agilizar la búsqueda y diseño de soluciones. De aquí surgió la Acción COST 341 bajo el marco de Proyectos de Cooperación Científica y Técnica de la Comisión Europea (COST), siendo el Ministerio de Medio Ambiente el organismo que suscribió COST 341 en España.

Una década más tarde la Dirección General de Tráfico (DGT) publicó datos referentes al periodo comprendido entre los años 2003 y 2004 en el que se produjeron un total de 6.227 accidentes producidos por la presencia de animales domésticos y/o silvestres en la geografía española. Una cifra de 4.027 de ellas fue ocasionada por fauna salvaje, lo que supuso una media de 17 accidentes diarios a nivel nacional. Del total de accidentes anteriormente mencionado, en 5.911 casos (94'9 %) se saldaron sólo con daños materiales mientras que en 316 casos (5'1%) se saldaron con víctimas. El 78'2% (en torno a 4.870 de ellas) tuvo lugar carreteras convencionales debido a la facilidad de acceso de los animales y la ausencia de pasos de fauna de la mayoría de las vías. Llama la atención que casi 1.100 accidentes tuvieron lugar en ese periodo en autovías y autopistas cuando la presencia de cerramientos en las mismas son de obligada presencia por ley.

Castilla-León, Galicia, Asturias y Cantabria copan la lista de siniestralidad de fauna en carretera seguidas de La Rioja y Aragón. Benito Álvarez (2004), valorando los daños materiales en un total de 2.020 siniestros con fauna salvaje en la Comunidad de Castilla-León, obtuvo un coste medio de más de 1.500 euros por siniestro lo que supone en torno a 2'5 millones anuales. Ni que decir tiene que la transcendencia de este tipo de siniestralidad excede con creces la cuestión económica.



Foto 7. Carretera PO-250 en Galicia, ejemplar de caballo atropellado. Se aprecia como la ausencia de pasos específicos para fauna o vallados perimetrales en las zonas de riesgo en carreteras convencionales ocasiona situaciones como ésta. Fuente: Faro de Vigo.



Foto 8. Ejemplar de ciervo atropellado en la N-625 que atraviesa la Reserva Nacional de Caza de Riaño (Castilla-León). Fuente: Bajasreservascazaleon.blogspot.com



Foto 9. La señalización vertical y el respeto de las mismas se constituyen como uno de los elementos indispensables para el adecuado funcionamiento de la red viaria, advirtiéndolo, en este caso al conductor, de la peligrosidad potencial del tramo debido a la presencia de fauna salvaje. Otras medidas como la instalación de mesetas y otro tipo de reductores de velocidad en las zonas de riesgo resultan efectivas. Fuente: autovias.wordpress.com.

1.3. Ámbito del estudio

La isla de Lanzarote está situada entre los 28° y 29° de latitud norte y los 13° y 14° de longitud oeste, por lo que se trata de la isla más nororiental de todo el archipiélago. Localizada dentro de la Región Biogeográfica Macaronésica (ICONA, 1991) con pisos bioclimáticos infracanario y termocanario (Rivas Martínez, 1987). Presenta un clima subtropical seco o subdesértico de temperaturas suaves con medias del mes más frío que no superan los 18 °C y medias del más caluroso que no sobrepasan los 24°C y precipitaciones medias que no superan los 200 mm anuales (Reyes Betancourt, 1998). Se trata de la isla menos montañosa de todo el archipiélago canario aunque se manifiestan dos áreas abruptas: una en el litoral noroccidental y otra al suroeste. Declarada en 1993 Reserva de la Biosfera por la UNESCO y Zona de Especial Protección para las Aves en 1994, Lanzarote se constituye como unos de los ambientes más frágiles y más peculiares de todo el archipiélago canario. Abarca una superficie de 846 km² de los cuales casi el 42% está bajo algún grado de protección. Cuenta con uno de los 14 Parques Nacionales españoles: Timanfaya. Destacando también el Monumento Natural del Volcán y Malpaís de La Corona.

La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos reconoce 13 Entornos Naturales, además de éstos aparecen otros ámbitos de gran valor natural incluidos en otras figuras, carentes de igual respaldo legal, como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Áreas de Importancia para las Aves (IBA), e incluso espacios sensibles y de gran riqueza biológica que no se encuentran sometidos a medidas especiales de control de usos fuera de las establecidas por el PIOT. Lanzarote posee una alta endemidad de flora y fauna: casi el 17% de su flora vascular es endémica, el 60% de las aves nidificantes, el 40% de los artrópodos y casi el 100% de la herpetofauna. Este dato contrasta notablemente con la con lo singular de la escasez de especies, como refiere Concepción (1991). Dentro de la fauna vertebrada (refiriéndose exclusivamente a especies no introducidas por el hombre) existen 3 especies de reptiles, 1 especie de mamífero, 1 especie de anfibio y 38 especies de aves nidificantes, reflejando una acusada pobreza con respecto de áreas continentales. Estos datos muestran el dominio del grupo faunístico de las aves sobre el resto.

En las últimas tres décadas Lanzarote ha experimentado profundos cambios debido fundamentalmente al boom de la población local, albergando actualmente una población de 142.132 habitantes (INE, 2012); otro de los cambios se debe la especialización en el sector servicios por parte de más del 75% de la población; al abandono de las actividades tradicionales y a malas políticas urbanísticas desencadenadas por el constante incremento de la afluencia turística. Lanzarote ha visto aumentar sus cifras de forma exponencial, pasando de apenas 183.000 visitantes en 1980 a más de 2 millones en 2012 (ISTAC), lo que provoca un conjunto de demandas ligadas a este fenómeno: ampliación de la superficie de suelo urbanizable e incremento de infraestructuras y planeamiento de más de 250.000 plazas hoteleras en 1990; consumo de materiales y una alta presión sobre los recursos de la zona; una elevada densidad poblacional en zonas de alto interés natural. Todo este conjunto de factores amenazó y aún amenaza con inducir a Lanzarote una serie de impactos ambientales de tal magnitud que se ponen en peligro los equilibrios básicos de la isla y la capacidad de carga de este singular ecosistema isleño. El *Plan Lanzarote y Biosfera* y el proyecto “Estrategia de Desarrollo Sostenible” elaborados a raíz de la declaración de la isla como Reserva de la Biosfera dentro del Programa MAB de Naciones Unidas, pretenden una estrategia general de impulso de la isla hacia una evolución es base al reconocimiento de los valores naturales y su fragilidad; preservación de los equilibrios básicos del sistema insular: medio ambiente, desarrollo social y la economía insular.

DETALLE DE LA ISLA DE LANZAROTE

- Capitales de municipio
- Carreteras objeto de estudio
- Isla de Lanzarote y Archipiélago Chinijo

Fuente: Instituto Geográfico Nacional
Autor: Ignacio Luque Márquez



1.4. Justificación y antecedentes

El número de vehículos por habitante residente en Lanzarote es el más alto de Canarias -en términos comparativos, y con el agravante que suponen los vehículos que circulan con propietarios no residentes, la ciudad de Madrid se aproximaría a unos números que rondarían los 1´3 vehículos -con una cifra de 0´9 vehículos por cada habitante, según datos de INE/ISTAC (2011), alcanzando una cifra de 142.517. En el resto de España la cifra es de 0´6 automóviles por habitante. Esta alta cifra del parque de vehículos insular es debida fundamentalmente a dos factores:

- Al alto grado de utilización de vehículos particulares para los desplazamientos habituales de la población residente, favorecido por una deficiente red de transporte público que posee la isla, tanto en líneas como en frecuencias, y que no ha mejorado en los últimos años
- Elevado parque de vehículos de alquiler para satisfacer las necesidades de transporte de los turistas que visitan la isla, lo que incrementa la proporción de vehículos por habitante. El último año del que se tiene datos publicados sobre vehículos de alquiler fue 1999 en dicho año la cifra de vehículos de alquiler sobrepasaba los 24.424 (Centro de datos del Cabildo de Lanzarote)

En la isla de Lanzarote existen 79 carreteras y caminos municipales, de las cuales 47 son insulares y 32 son municipales, y que alcanzan en su totalidad 456´9 kilómetros de longitud. El 89´9 % de la longitud de carreteras está asfaltada. Así, miles de vehículos se desplazan a diario por la isla con el impacto que supone para la fauna. Esto sumado a que la distribución espacial de la red de carreteras abarca a todos los espacios protegidos terrestres, exceptuando la zona oeste del P. Nacional de Timanfaya. Ello unido a la afluencia de visitantes a los Espacios Protegidos incrementa sobremanera la intensidad media diaria de tráfico en zonas próximas a espacios protegidos. Refiere Garriga et al. (2012) que las áreas bajo grado de protección registran un gran número visitantes lo que aumenta, de manera notable, la densidad de tráfico en lugares con vida silvestre y, en consecuencia, son las zonas donde se producen un mayor número de atropellos.

En el caso particular de Lanzarote, y de todo el archipiélago canario, la falta de datos de fauna salvaje atropellada es la tónica general. En las islas occidentales la DGT estimó en 2004 una media inferior a 60 casos de fauna atropellada por año mientras que en las islas orientales apenas existen datos registrados. Uno de los pocos estudios fue realizado por Unquiles, que publica un estudio de seguimiento de fauna atropellada realizado entre enero y diciembre del año 2000 en la red viaria de Lanzarote que consistió en prospecciones fijas mensuales, realizadas desde automóvil, en una serie de carreteras que fueron seleccionadas atendiendo a su localización en la isla (norte, centro y sur) y que fueran muy representativas de la red viaria insular y abarcasen, en la medida de lo posible, la totalidad de municipios y entidades de población; además de atravesar, el conjunto de los ecosistemas isleños. En sus prospecciones mensuales recopiló un tamaño muestral de 270 restos de animales atropellados pertenecientes a 25 especies de vertebrados de diferentes grupos taxonómicos.

Dada la grave problemática derivada de la creciente expansión de las infraestructuras de transporte y la falta de información se plantea necesaria una continuidad a los estudios ya realizados hace una década para tener una visión más completa del problema de la red viaria y la fauna salvaje en este enclave canario tan singular y frágil como es Lanzarote.



Foto 10. Vista de un ejemplar de cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) atropellado en la calzada de la carretera LZ-34 en el extrarradio de San Bartolomé. Comportamientos oportunistas como alimentarse de restos de otros animales atropellados o el uso de la calzada como cazadero convierten a esta especie en una de las rapaces más sensible a accidentes los últimos años. Fuente: Carlos Armas Rodríguez.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende valorar de una manera preliminar el impacto que representa sobre la fauna vertebrada la presencia de infraestructuras viarias en la isla de Lanzarote. Para lo cual se ha llevado a cabo un trabajo de:

- Asignar una proyección geográfica el volumen total de registros de atropellos documentados en la base de datos en el área de estudio a lo largo de los 12 meses e incluirlos en una geodatabase
- Realizar una caracterización del tipo de ambiente que se localiza en las inmediaciones de cada punto de atropello en un entorno de 200 m
- Obtención de otras posibles variables que sean explicativas de la siniestralidad de fauna en base a las fuentes de datos disponibles como velocidad máxima permitida por la DGT; intensidad media diaria de tráfico; distancias a zonas urbanas, distancia a Espacios Protegidos y distancia a otras carreteras
- Una vez alcanzados este primer propósito se posibilitó el planteamiento de otros objetivos como plantear qué grupos faunísticos y qué especies son más susceptibles de ser atropelladas en base a los datos
- Poder localizar qué tramos de las carreteras sondeadas presentan una mayor siniestralidad y así como los factores del medio que pueden estar relacionados
- Algunas propuestas de medidas correctoras atendiendo a los resultados obtenidos. Proponer medidas adecuadas de mitigación que permitan la reducción de la mortalidad de fauna en la red viaria de la isla

3. MATERIAL Y METODOLOGÍA

3.1. Esquema de trabajo

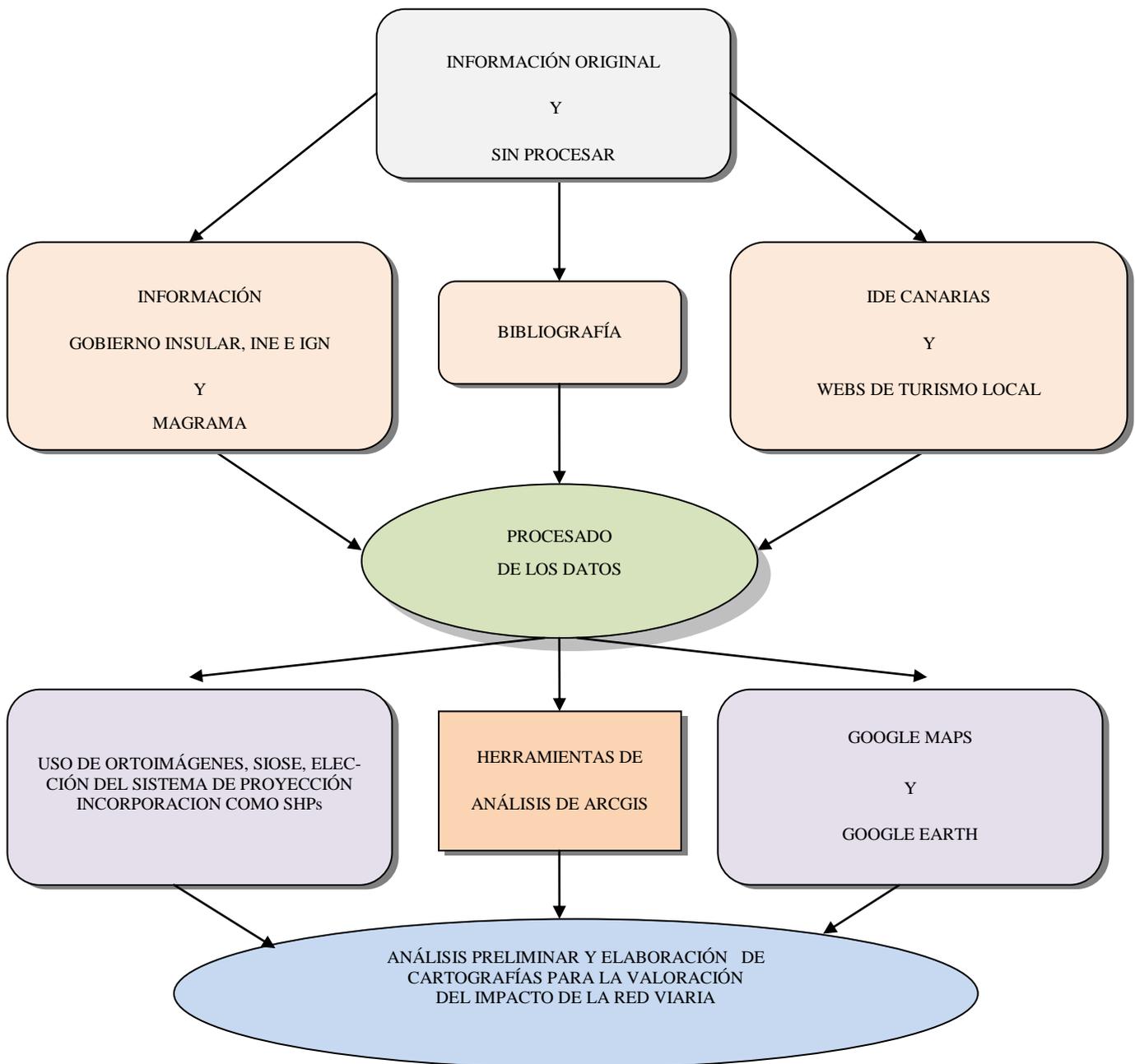


Figura 5. Esquema de trabajo

3.2. Fuentes de información

Un equipo formado por dos naturalistas locales fue quien tomo parte en el muestreo de campo durante el periodo que abarca diciembre de 2010 hasta noviembre de 2011. Debido a que la realización de esta parte del estudio fue llevada a cabo sin ningún tipo de financiación o ayuda económica y contando con las limitaciones de tiempo y disponibilidad, presupuesto para combustible y de material propias, el equipo de campo optó finalmente por el uso del automóvil como medio de desplazamiento en las prospecciones realizadas bimensualmente en las carreteras. Se tuvieron en cuenta las características de la red de carreteras de la isla, los inconvenientes que presenta el automóvil en este tipo de trabajos, por ser menos riguroso que otros –bicicleta o a pie- en la localización de los restos de animales, orografía, etc. Estudios anteriores muestran que hasta un 83´6% de los atropellos no son detectados en automóvil y sí lo son cuando el muestreo se realiza a pie o a bicicleta ya que la mayor velocidad en el desplazamiento puede impedir la detección de restos que se localizan en la calzada, en las zonas alejadas u ocultos por diferentes elementos como vegetación o piedras (G. Gorospe, com. pers. Proyecto Provisional de Seguimiento de Vertebrados en Carretera, 1990). A pesar de los handicaps, presenta una gran ventaja puesto que permite acortar de forma considerable el tiempo para recorrer los itinerarios de muestreo caso se utilizasen los otros medios de transporte ya citados anteriormente.

Las prospecciones se realizaron por una serie de recorridos fijos por determinadas carreteras seleccionadas en función de características tales como su localización -debiendo abarcar, en la medida de lo posible, la casi totalidad de la geografía lanzaroteña-; características en relación al tipo de usuario (usuario local o turista); capacidad e intensidad de tráfico, puesto que en las carreteras con menos afluencia de tráfico la siniestralidad con fauna es escasa; que fueran representativas de la singularidad de la red viaria de la isla y cuyo trazado discudiese por los diferentes ecosistemas existentes; la mayoría de municipios y sus entidades de población. Se seleccionaron 17 carreteras que se muestran en el siguiente cuadro junto a la longitud de cada tramo de las mismas.

Tabla 1. Cuadro resumen de carreteras sondeadas.

Carretera	Kilómetros recorridos
LZ-1	29´1 km
LZ-2	50´5 km
LZ-3	5´4 km
LZ-10	21´3 km
LZ-18	6´3 km
LZ-20	12´7 km
LZ-30	23 km
LZ-34	14 km
LZ-35	6´4 km
LZ-40	7´1 km
LZ-201	8´4 km
LZ-204	5´6 km
LZ-401	11´1 km
LZ-402	9´5 km
LZ-505	4´5 km
LZ-702	8´4 km
Rubicón	7 km
*	*
TOTAL	230´1 km

Las carreteras seleccionadas para dicho estudio cubren un total de 230´1 km que suponen el 56´5% de los 407 km totales de infraestructuras viarias asfaltadas que posee la isla (Cabildo de Lanzarote, 2007). Es de esperar que los datos registrados desde el punto de vista cuantitativo sean sensiblemente inferiores a las cifras reales puesto que:

- Las prospecciones han sido quincenales, lo que implica un error por la falta de continuidad en el archivo de la información por falta de frecuencia de registro.
- El pequeño tamaño de la mayoría de las especies atropelladas junto con el factor “intensidad de tráfico” y el poder de abrasión de los neumáticos pueden ocasionar la rápida desaparición de los posibles restos de la calzada, en especial los de paseriformes y animales de pequeño tamaño haciendo imposible su localización e identificación.
- La presencia de otras especies de la fauna local que se benefician de este recurso alimenticio de fácil explotación como pueden ser, especies de fauna doméstica; especies carroñeras (cuervos y alimoches) y carroñeras ocasionales como algunas especies de láridos, rapaces de la zona e incluso erizos.
- La existencia de restos que quedan fuera de la calzada o en las zonas aledañas y no son detectados por el observador.
- La labor de los servicios de mantenimiento y limpieza de la red viaria del gobierno local que en pocas horas suele retirar muchos de los restos animales que se encuentren en las inmediaciones de la vía.

Para el muestreo siempre se procuró siempre circular a la menor velocidad posible en función de las características de la vía y de tráfico existente en ese momento. Una vez localizados los restos del animal en la calzada o sus inmediaciones se procedió a la detención del vehículo en una zona adecuada y se procedió a la toma de datos. Para cada animal se registró la información de referencia para el estudio descrita por las fichas de registro. Aquellos restos de animales que no pudieron ser identificados en el momento para el estudio lo fueron posteriormente con la ayuda de guías de identificación de aves: Beaman (1998) y Svensson (2009). Todos los animales atropellados fueron retirados de la calzada para evitar así su doble conteo en los muestreos sucesivos y para su identificación. Las especies domésticas no fueron consideradas en el presente trabajo, a pesar de ser registradas, en una primera fase preliminar, en la base de datos original. No se tuvieron en cuenta ni se registraron las condiciones meteorológicas ni de luminosidad, a pesar de la reconocida influencia de ambas sobre la facilidad y capacidad de detectar visualmente al animal atropellado por parte del observador/es en la calzada e inmediaciones, y del papel de la meteorología en los ciclos de actividad de fauna (O´Connor y Hicks, 1980). Se desestimó el fenómeno viento por ser casi permanente durante todo el año en la isla.

La información original de la que partió este trabajo fin de máster en referencia a atropellos en carretera se recopiló originalmente en formato Excel en unas fichas de documentación confeccionadas para su posterior inclusión en una base de datos. Las fichas contenían información referente:

- Especie atropellada, desechándose aquéllas que fueran domésticas (perro, gato y hurón).
- Coordenadas UTM.
- Código de la vía e información sobre el estado del asfalto y características de la señalización de 2007.
- Hora de comienzo del muestreo, fecha y quincena de registro de los datos. Sentido en el que había sido realizado el recorrido (horario o anti-horario).
- Zona. La red viaria insular fue dividida en cuatro zonas en función de la localización de las mismas.
- Intensidad media diaria estimada de tráfico y puntos kilométricos de 2007 (Cabildo de Lanzarote).

- Número y tipo de vehículos en circulación según datos del Parque Nacional de Vehículos de 2009 (Ministerio del Interior).
- Características del entorno y altura de la vegetación presente tomadas a pie de campo sólo para los atropellos de aves, no para el caso de atropellos a mamíferos.
- Longitud de las carreteras de Lanzarote según municipio.
- Nombre del observador del equipo de muestreo.

Cabe destacar la importancia de realizar dos prospecciones bimensuales (quincenales) en recorridos fijos a lo largo de todo un año de estudio (que supusieron más de 5.000 km recorridos por la red insular en las 24 réplicas realizadas para cada carretera) ya que con ello se permite una comparación de los datos y poder así relacionarlos con los ciclos de vida anuales de la fauna - local y/o migratoria-, consiguiendo, por tanto, una visión de la problemática bastante completa. No hay duda de que un muestreo más idóneo hubiera sido a través de prospecciones diarias y mediante el uso de otro tipo de medio de transporte (como bicicleta o a pie) pero el despliegue de medios, tiempo y de personal sería tal que resultó imposible.

Para las prospecciones quincenales del total de carreteras de la isla se ha empleado normalmente una ficha registro y un cuaderno de campo para el registro de las observaciones aunque a veces fue utilizado solamente éste último para el registro de la información, con el posterior ingreso de los datos en el Excel común general. Posteriormente los datos han sido tratados mediante el uso de software Arcgis 10.0 que ofrece la posibilidad de realizar cartografías digitales del área de estudio con la información referente al fenómeno atropello de especies registradas. Así, de este modo, es posible la localización de las zonas de atropello y, en conclusión, la formulación de posibles medidas de prevención y de mitigación del impacto de este fenómeno.

3.2.1. Capas de información vectorial incluidas en la Geodatabase que se han utilizado en el estudio

Capa de información (shapefile) de Especies

Para la creación de esta capa de información se partió de los datos originales ya que contenían información espacial de las coordenadas de los datos de atropello. Se georreferenció y se le aplicó el sistema de proyección de la *Geodatabase*. Contiene toda la información ya descrita que contenían los ficheros Excel generales de datos de campo.



Mapa 1. Localización de los atropellos en la red de carreteras estudiadas.

Capa de información (shapefile) “SIOSE de Lanzarote”

Para la creación del shapefile con la información referente al tipo de cobertura se trabajó primeramente con la información original SIOSE seleccionando solamente la información relativa a Lanzarote para agilizar el proceso de análisis y disminuir el volumen de datos de la *Geodatabase*.

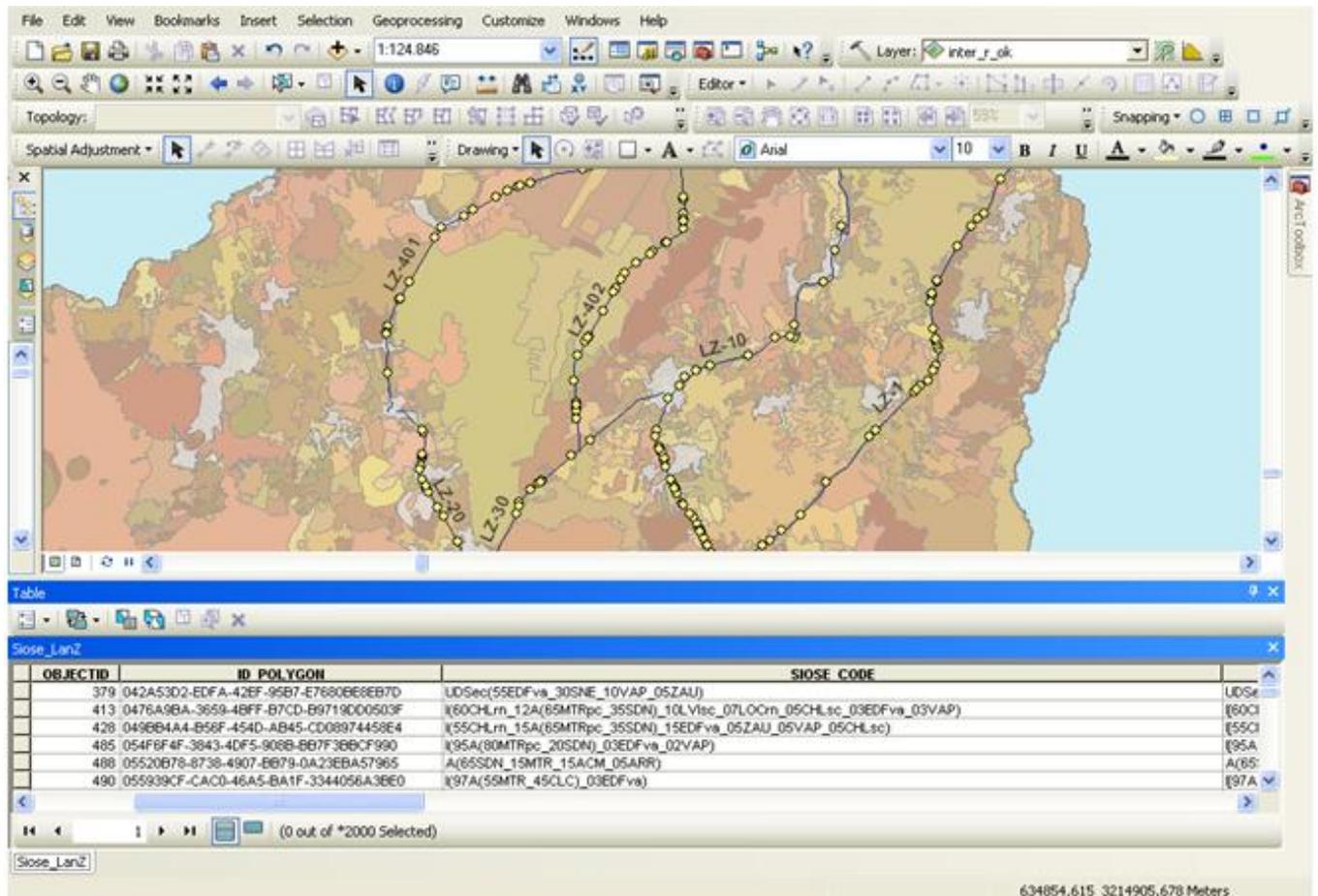


Figura 6. Captura de pantalla de las con las diferentes categorías de ocupación del suelo que propone SIOSE para la isla de Lanzarte.

Capa de información (shapefile) “Tramos de Velocidad Permitida por la DGT”

La elaboración de este shapefile se llevo a cabo mediante la utilización de Google Maps y Google Earth para la digitalización de los diferentes tramos de carreteras en base a la velocidad máxima permitida según la señalización vertical y horizontal de la DGT. Posteriormente se creó un archivo “.kml” de geometría de polilíneas con información referente la misma. Para ello se utilizó el servicio “Street-View” de la aplicación del visor de Google Maps, lo que supuso una inversión de tiempo y esfuerzo más que notable, el cual ofrece la posibilidad de hacer un recorrido por la red de infraestructuras viarias o de núcleos de población con una perspectiva a “nivel de calle” y permite recorrer todo el trazado de cada una de las carreteras seleccionadas. También ofrece la posibilidad de conservar dichos recorridos en el mismo servicio de correo electrónico que ofrece Google a través de una dirección URL.

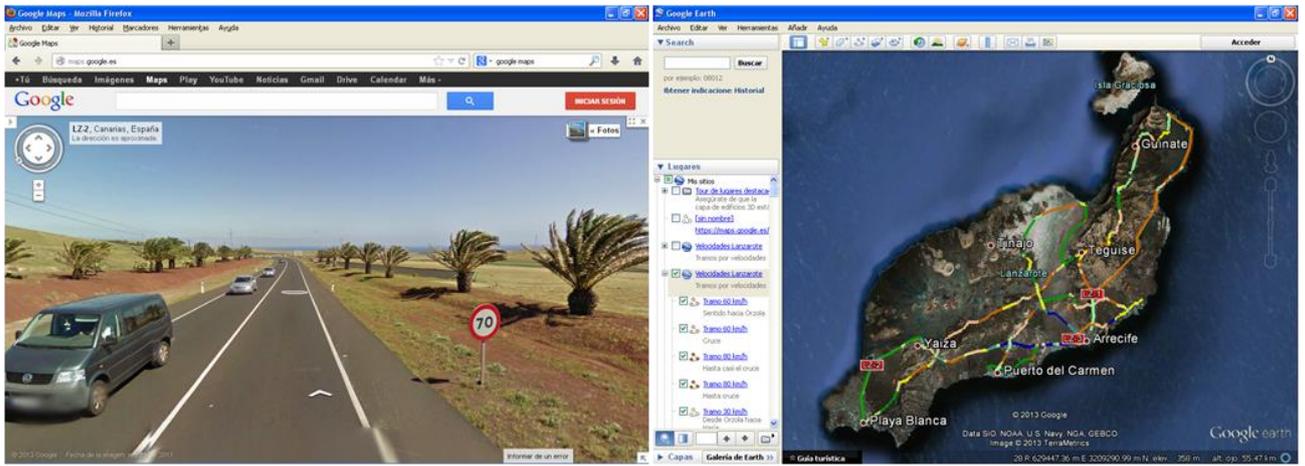
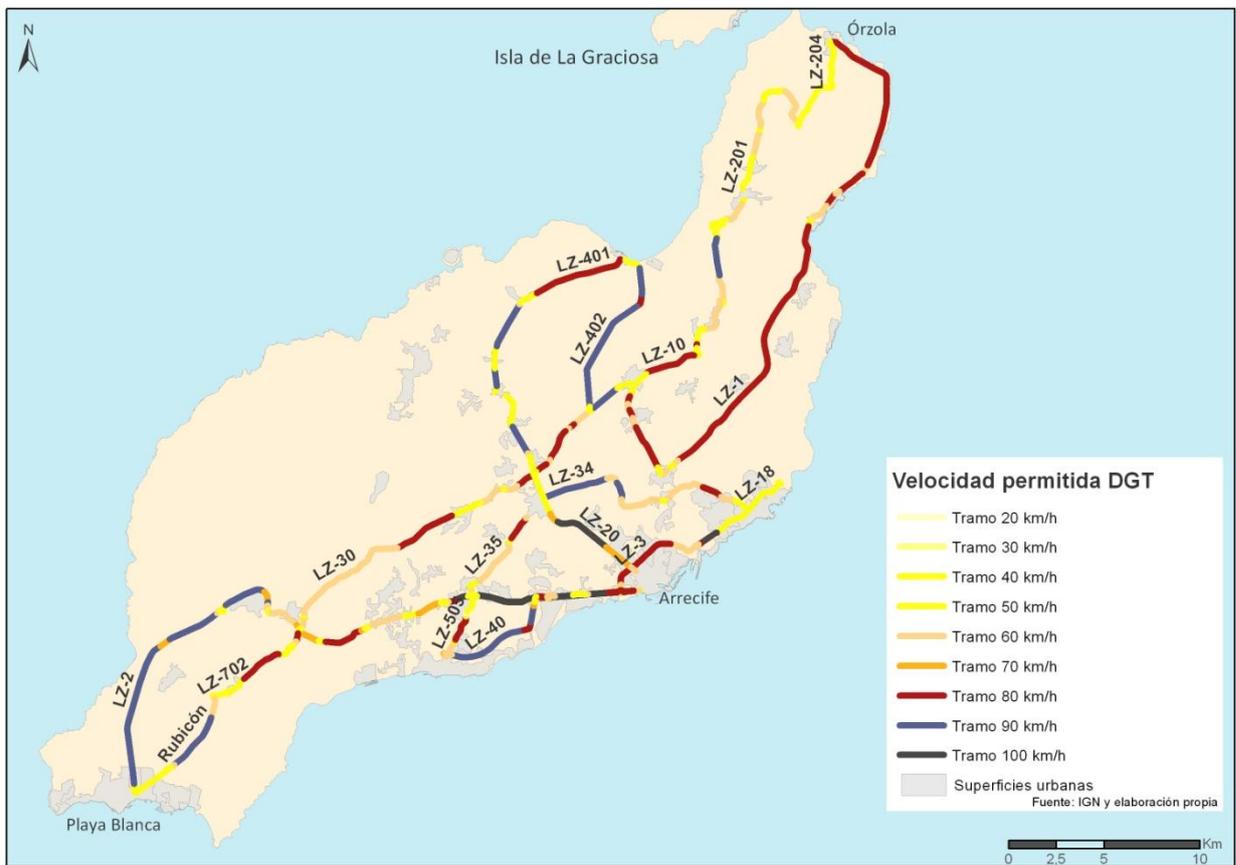


Figura 7. Captura de pantalla de la elaboración de los diferentes tramos de velocidad que permite la DGT mediante recorridos usando la herramienta *Street-View* y almacenado en Google Earth.



Mapa 2. Cartografía con los diferentes tramos de velocidad. Se observa que la mayoría de tramos de baja velocidad se localizan en las periferias de las zonas urbanas.

Esta digitalización de los tramos de velocidad permitida por la DGT se realizó para cada una de las carreteras convencionales y tramos de autovías de la isla que incluyen los recorridos. Las velocidades permitidas de las carreteras se registraron en tramos de:

- Máxima permitida de 20 km/h
- Máxima permitida de 30 km/h
- Máxima permitida de 40 km/h
- Máxima permitida de 50 km/h
- Máxima permitida de 60 km/h
- Máxima permitida de 70 km/h
- Máxima permitida de 80 km/h
- Máxima permitida de 90 km/h
- Máxima permitida de 100 km/h

Una vez digitalizado el total de tramos de velocidad en formato “.kml” se procedió a la transformación a formato “.shp” mediante la utilización uso de un sitio web de libre acceso para transformar dicho formato y después se adicionó la capa a la *Geodatabase* para adquirir el mismo sistema de proyección de ésta.

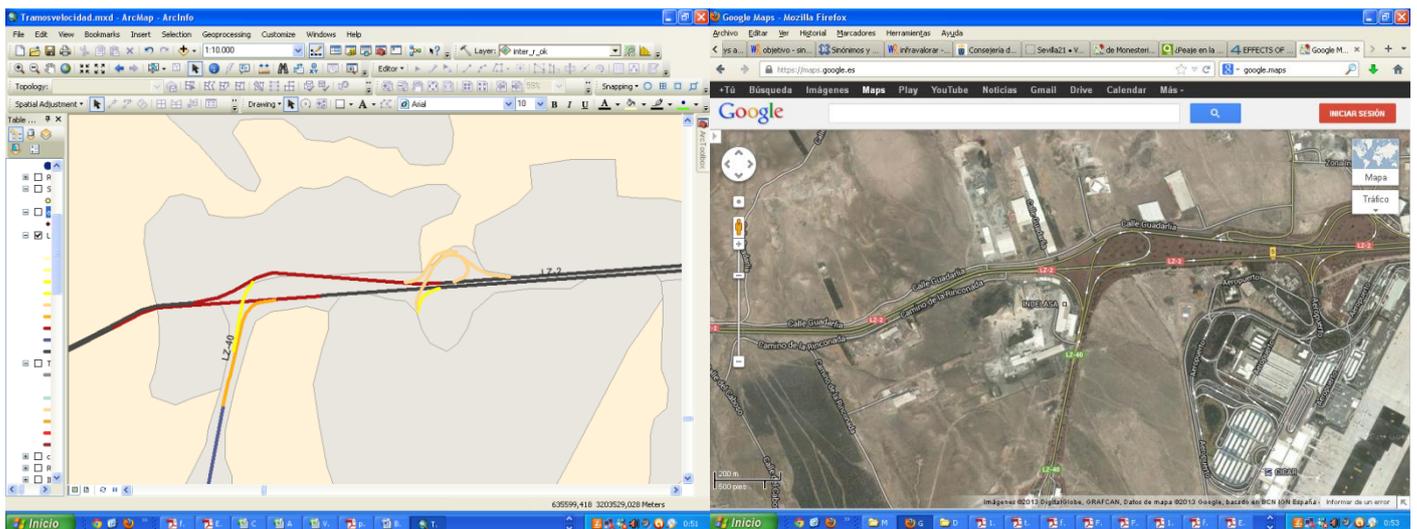
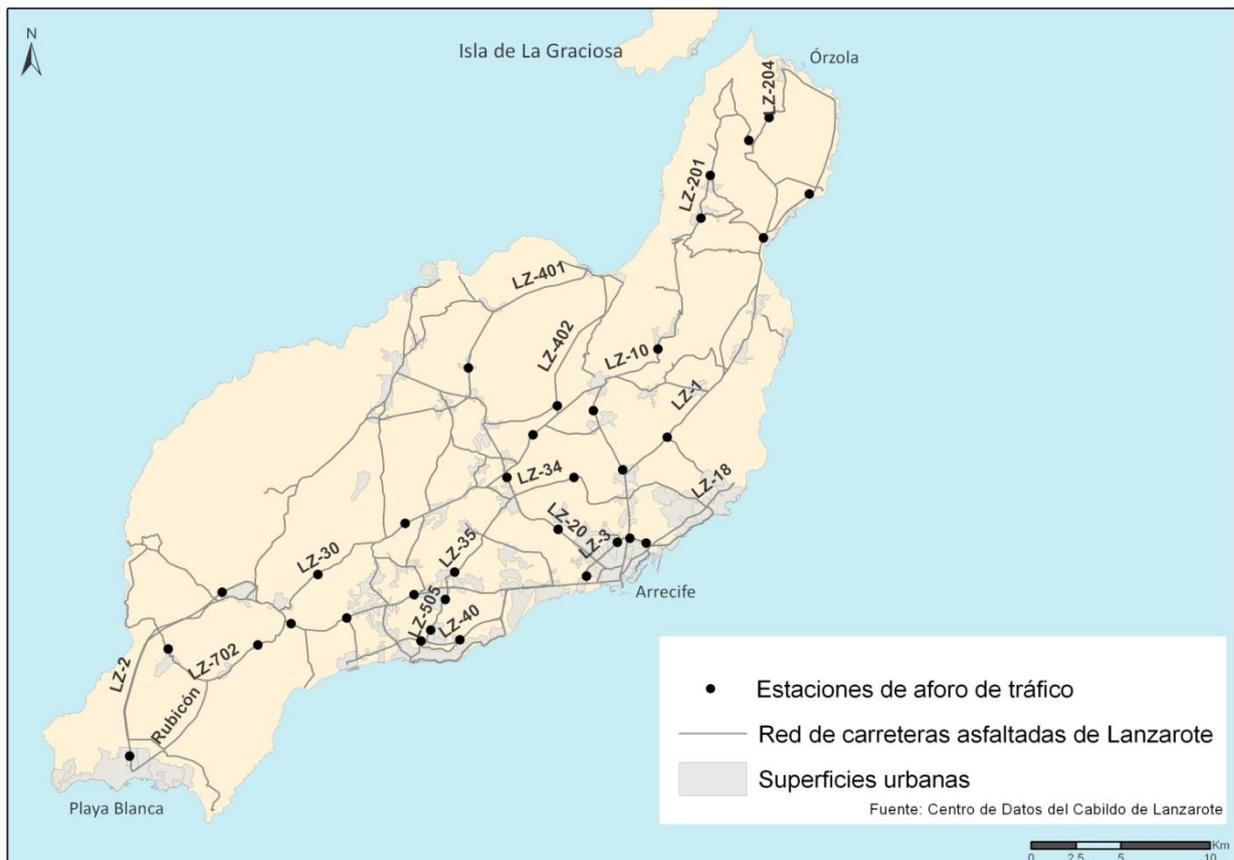


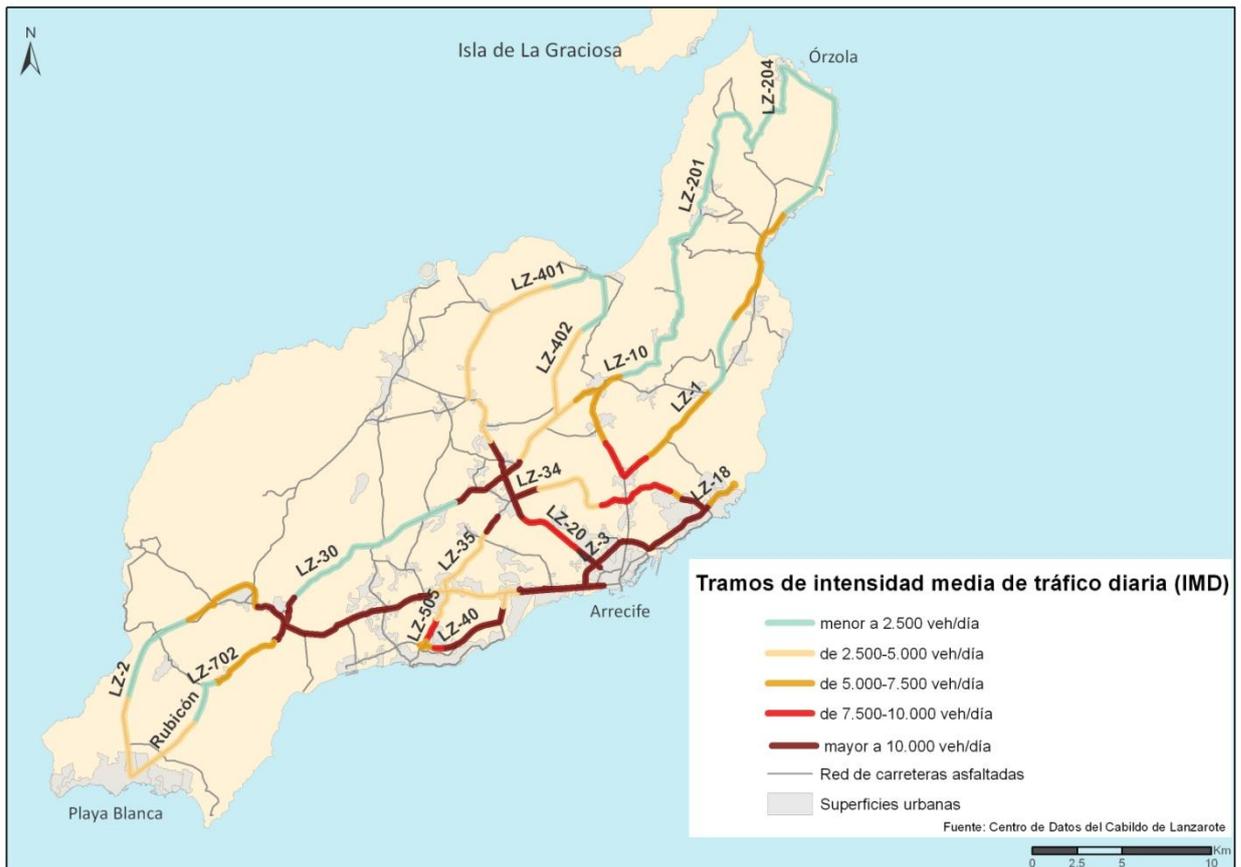
Figura 8. Capturas de pantalla que muestra los tramos digitalizados en este caso a lo largo de la LZ-2 con el cruce de la LZ-40.

Capa de información (shapefile) “Intensidad Media Diaria de Tráfico (IMD)”

Se creó otro shapefile con geometría de puntos con información relativa en a la intensidad media de tráfico diaria (IMD) a partir de de los últimos datos publicados en la web del Cabido de Lanzarote (2009-2010). Para ello también se utilizó en visor Google Maps para la localización exacta de las estaciones de aforo que el Gobierno de Lanzarote tenía distribuidos a lo largo de la red viaria insular en 2006 y se añadió a cada uno de los puntos su valor de IMD. Una vez finalizado este proceso se procedió a la creación de una capa provisional de información de polígonos de las diferentes zonas de IMD mediante la aplicación de la herramienta de “*Polígonos de Thiessen*” y se obtuvo un shapefile de zonificación. A este shapefile de Thiessen se le aplicó la herramienta de “*Intersect*” con la capa de tramos de velocidad de las carreteras anteriormente citada y se obtuvo una capa final con los tramos de carreteras con información de velocidad permitida y el valor de IMD estimado. En el Estudio sobre Mortalidad de Vertebrados en Carreteras (PMVC, 2003), se concluye que el número de atropellos que se producen en un tramo determinado depende de la densidad de tráfico que soporta.



Mapa 3. Cartografía de estaciones de aforo del Cabildo de Lanzarote en la red viaria asfaltadas.



Mapa 4. Cartografía con los diferentes tramos intensidad media de tráfico en base a los datos obtenidos en el Centro de Datos del Cabildo de Lanzarote.

Capa de información (shapefile) “Buffer de 200 m de radio en torno a cada punto de atropello”

La capa de información referente al tipo de cobertura vegetal adyacente en el entorno a 200 m del punto de atropello fue creado a partir de la capa de información de especies mediante la aplicación de la herramienta “Buffer”. La razón de seleccionar este valor de radio es que según trabajos publicados (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008) este tamaño de *Buffer* representa de manera adecuada la influencia de la variable “tipo de hábitat del entorno” en las inmediaciones de cada punto de atropello de fauna abordada en este estudio.

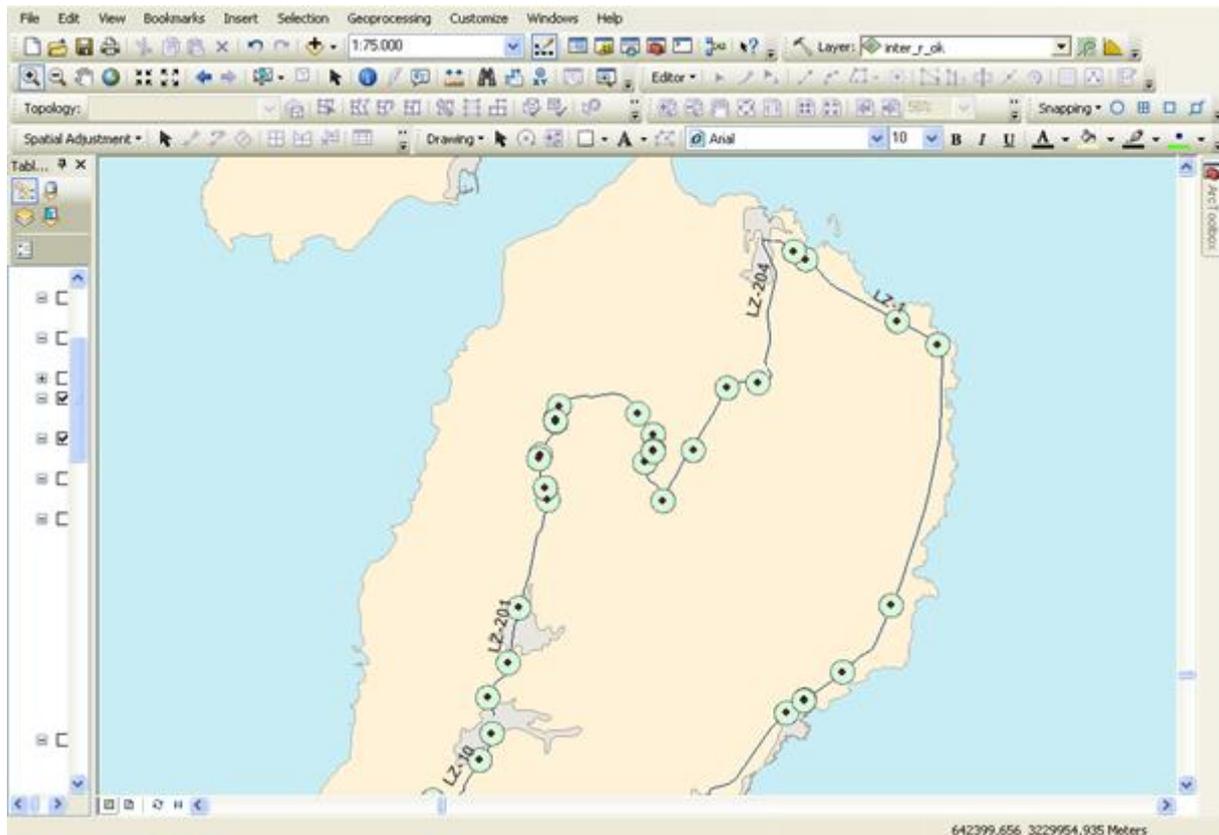


Figura 9. Captura de pantalla que muestra los Buffers de 200 m en el entorno de los atropellos para la zona norte de la isla.

Capa de información (shapefile) “Tipos de Coberturas en el Entorno de 200 m”

Para la generación de este shapefile se utilizó la capa de información de SIOSE referente a Lanzarote y la capa de *Buffer* de 200 m anteriormente creada. Debido a que sólo se tenía documentada, en las fichas de registro, información del entorno referente a la altura de la vegetación para cada punto de atropello de las aves y tomada en campo, se decidió a usar el SIOSE 2005 para la determinación de las categorías de ocupación del suelo en el entorno a 200m de cada punto de atropello, en detrimento de otras Bases de Datos de Cobertura y Usos de Suelo, puesto que proporciona un alto grado de detalle a

escala local y comarcal debido al tamaño de la unidad mínima de superficie a representar (Membrado Tena, 2011), dependiendo de las clases:

- Superficies artificiales y láminas de agua: 1 ha.
- Playas, vegetación de ribera, humedales y cultivos forzados (invernaderos y bajo plástico): 0,5 ha.
- Zonas agrícolas, forestales y naturales: 2 ha.

Mediante la aplicación de la herramienta “*Intersect*” se obtuvo como resultado una capa con la caracterización territorial solamente para los “*Buffers*” (entornos de 200 m de radio alrededor de cada punto de atropello). Es entonces cuando se exportó como “.dbf” la tabla de atributos de esta capa para un estudio más detallado de las coberturas que caracterizaban al entorno de cada punto de atropello. Debido a la enorme diversidad de rótulos -tipo de cobertura que tiene un polígono SIOSE (que se determina ésta llegando al último nivel de cobertura fotointerpretada) y con un valor de porcentaje asignado según la ocupación en el polígono- que contempla la codificación de SIOSE se procedió a la agregación de los mismos en 9 tipos de categorías finales. Esta agregación final se realizó en base al mayor porcentaje de presencia de las dos coberturas simples más representativas en cada polígono SIOSE.

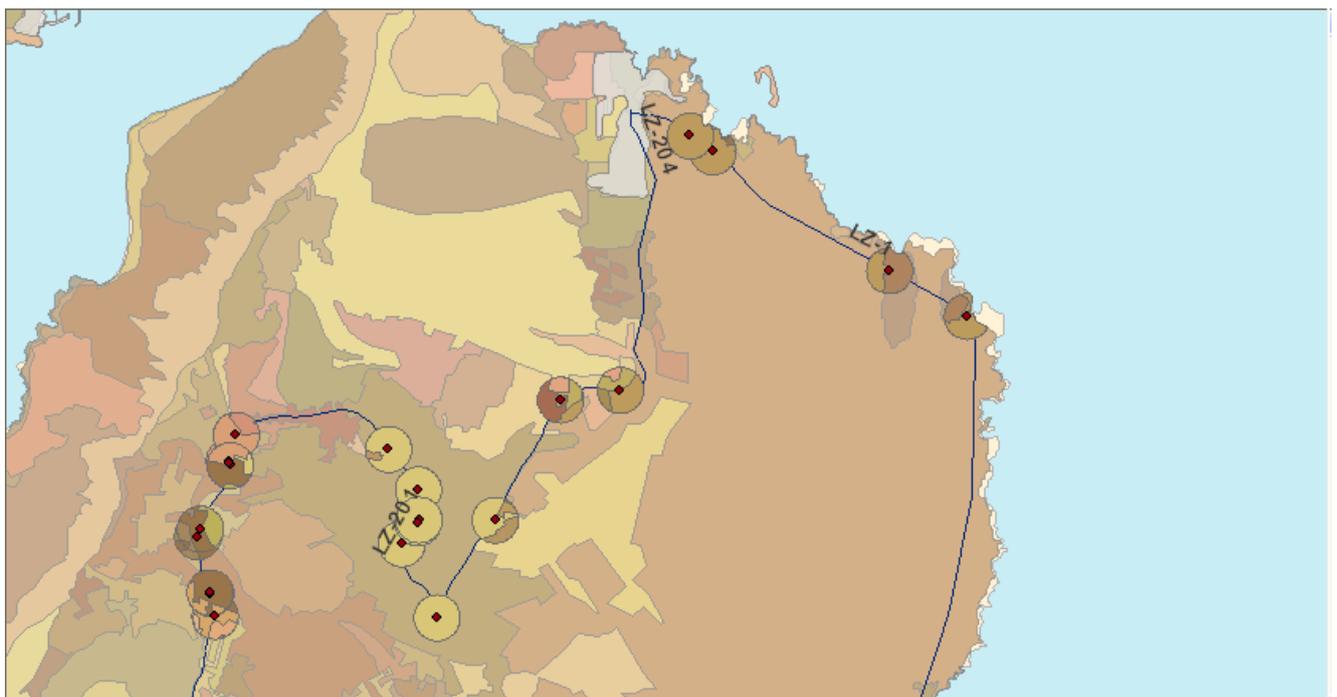
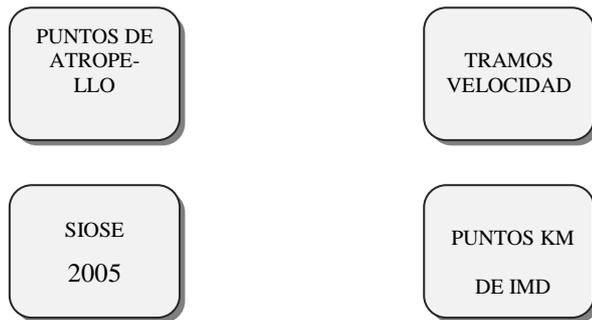


Figura 10. Ejemplo de “*Buffers*” en la zona norte superpuesto sobre las categorías SIOSE para esa zona.

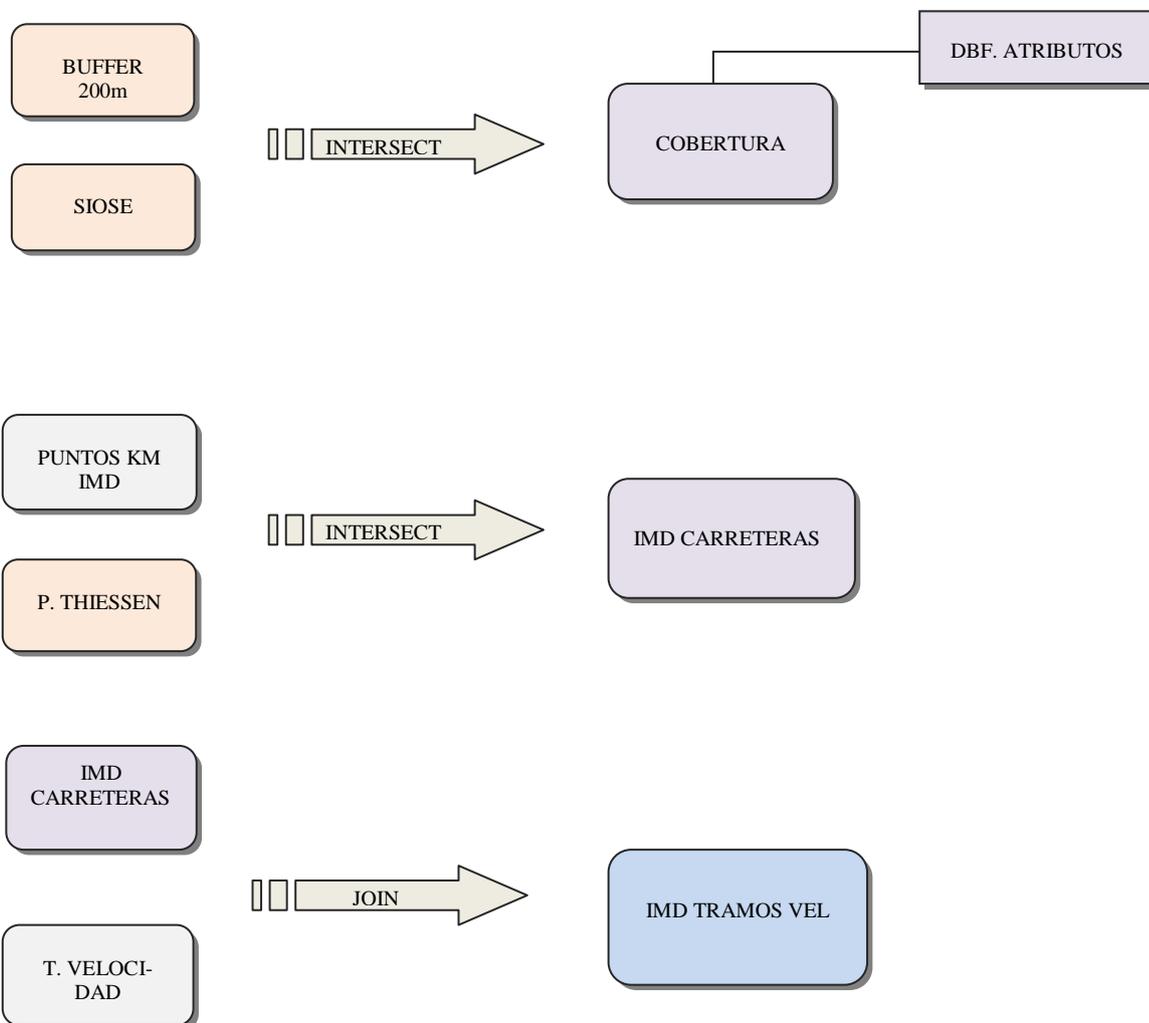
Como se explicará en el apartado de generación de la base de datos. Para la parte final del análisis se transformó a formato ráster.

A continuación un breve esquema de trabajo seguido en la generación de las capas de información (shapefiles) en formato vectorial:

a) Capas de información (shapefiles) originales y creados previos al estudio



b) Capas de información (shapefiles) creados para el estudio



3.2.2. Capas creadas de información ráster incluidas en la Geodatabase que se han utilizado en el estudio

Capa de información (shapefile) “Tipo de Cobertura en el entorno a 200 m ráster”

Una vez transformado este shapefile a ráster con un tamaño de celda de mapa de 10 unidades, el paso siguiente fue aplicar una *herramienta de vecindad* que consigue extraer la categoría SIOSE que más se repite en cada uno de los *Buffers*, esta herramienta fue “*Focal Statistic*” con un valor de 200 m.

Previamente hubo que definir el listado de categorías finales de categorías de ocupación presentes en la geografía insular. Estas fueron determinadas en base a la información obtenida a pie de campo durante la realización del muestreo y con la ayuda del Mapa Forestal Lanzarote 1:200.000 y datos procedentes del Cabildo de Lanzarote, para finalmente describir los tipos de “hábitats”, de una manera general, que mejor caracterizar el entorno de las redes viarias.

Además el modelo de categorización del Sistema de Ocupación del Suelo SIOSE ofrece la posibilidad de obtención de una estimación referente al porcentaje categoría de cobertura vegetal presente en cada polígono para el análisis descriptivo. Aunque se trate de una aproximación grosera del porcentaje de presencia de cobertura vegetal, se decidió finalmente a su consideración como una variable más y fue asociada a su categoría de tipo de cobertura que fueron obtenidas tras el análisis y simplificación del código SIOSE. Este porcentaje es fácilmente calculable mediante una sencilla operación ya que la suma de los valores de los porcentajes de ocupación de rótulo de polígono son siempre 100% para el caso de las coberturas simples (aquéllas que son homogéneas y uniformes y no se pueden descomponer en otras) que SIOSE contempla y en el caso de las coberturas compuestas no predefinidas (aquellas formadas por agregaciones de otras coberturas simples y/o de coberturas compuestas) se incluye entre paréntesis el valor de los porcentajes -cuyo sumatorio total del paréntesis también es igual al 100%- de cada una de las etiquetas correspondientes a las categorías simples o compuestas que la componen.

Habría sido más adecuado la posibilidad de trabajar con una estimación de porcentaje de cobertura vegetal acertado, para lo cual habría sido necesario la utilización de software específico y la aplicación de índices de vegetación, lo que no era el propósito del presente trabajo.

A continuación se le adjuntó la tabla de atributos exportada anteriormente pero presentando la columna de agregación del total de coberturas SIOSE en categorías de ocupación del suelo finales y otra con los porcentajes de presencia de cobertura vegetal y se aplicó una unión tipo “*Join*” con el campo “código SIOSE” como base de la relación. De esta manera se consigue tener toda la información referente a la caracterización del entorno del punto de atropello.

Capa de información (shapefile) de Extracción de la Información a Puntos de Atropellos

La finalidad en la creación de este shape es el procesado de los datos de manera que tenemos la información individualizada para cada uno de los puntos de atropello. Para extraer dicha información se utilizó la herramienta “*Extract Multi Values to Points*”.

A continuación un breve esquema de trabajo seguido en la generación de los shapefiles de información ráster

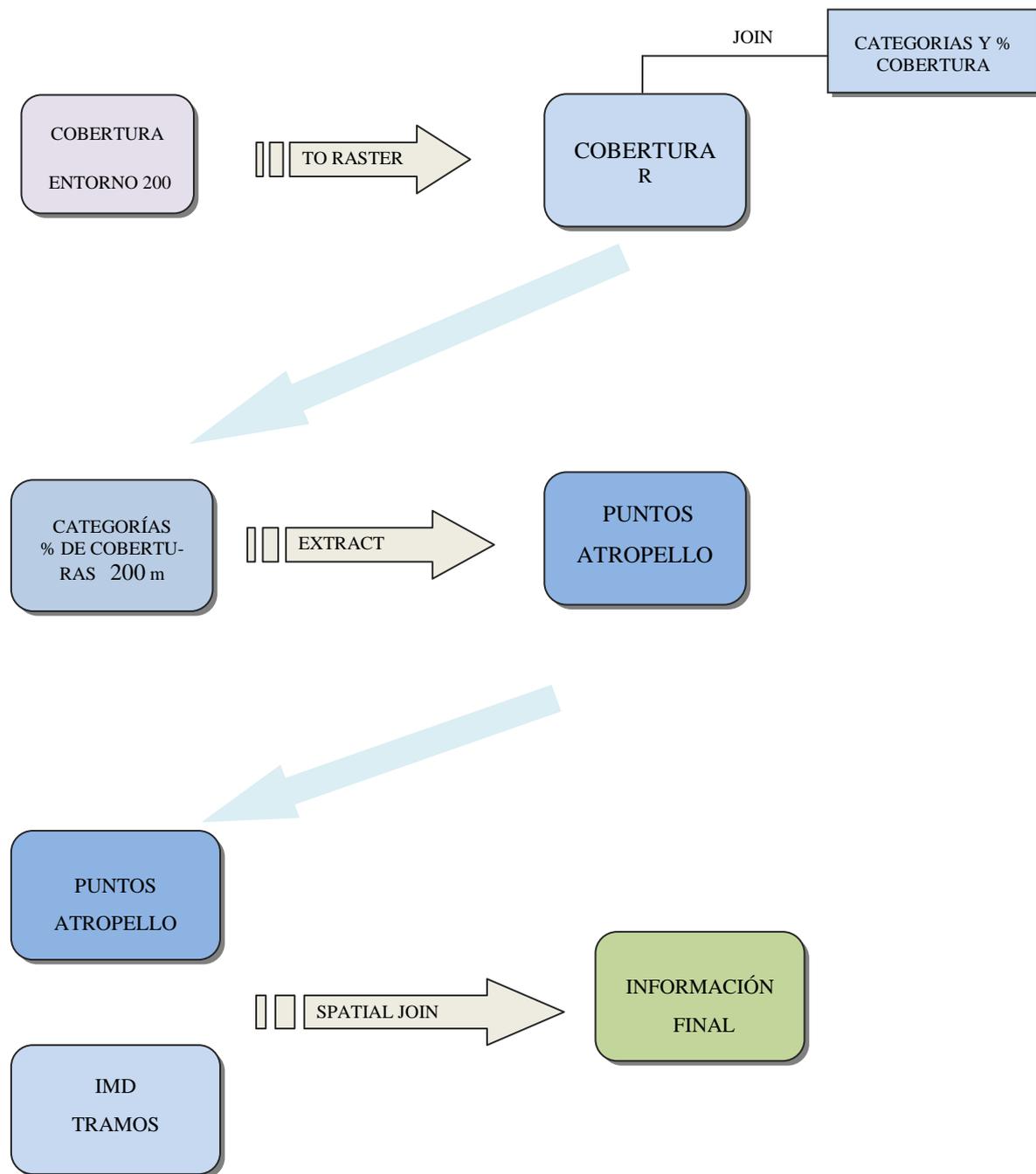


Figura 11. Esquema de operaciones realizadas hasta la obtención del shapefile final.

3.3. Categorías de ocupación del suelo predominante en el entorno a 200m en base al análisis de la información en la isla de Lanzarote

Para el establecimiento de las categorías de ocupación del área de estudio se consultaron diferentes fuentes como datos de Cabildo de Lanzarote, Mapa Forestal Lanzarote 1:200.000 (MFE200), la codificación del propio SIOSE y el servicio de *Street-View* de Google Maps. Además se consultaron varios sitios webs de conservación de la naturaleza de ámbito nacional y local, galerías de fotografías aéreas de canarias, blogs, etc. A continuación se realiza una breve descripción de las categorías de ocupación presentes:

Zonas de Arenales o Jables

Ecosistemas caracterizados por la presencia de sustratos arenosos que se desplazan desde la costa septentrional, y discurre por la mayor parte de la zona central hasta la costa sur. De gran valor ecológico ya que sus formaciones de dunas, con vegetación psammófila y halófila, conforman un hábitat idóneo especies protegidas como la hubara canaria (*Chlamydotis undulata*) o el alcaraván (*Burhinus oedicnemus insularum*). Esta categoría de ocupación incluye las siguientes denominaciones SIOSE:

- Asociaciones de coberturas simples donde el rótulo “playas, zonas de dunas y arenas” se muestra como cobertura predominante, en dicha asociación, con un porcentaje de presencia en el polígono SIOSE superior al 55%, resto de coberturas de cultivos o de vegetación natural porcentaje inferior al 40% y coberturas artificiales, como edificaciones y zonas asfaltadas, no superan el 10% respectivamente.
- Coberturas compuestas dispuestas en “Mosaicos irregulares” formadas por asociaciones (de coberturas simples o compuestas) donde el rótulo “playa, zonas de dunas y arenas” se presenta como predominante dentro de la asociación con un valor superior al 40% en cada polígono SIOSE. Resto de coberturas no incluidas en las asociaciones, tanto naturales como artificiales, no superan el 10 % de manera individual.

Cultivos herbáceos

Categoría de ocupación presente en la isla con una superficie que se aproxima a las 1.770 ha, la mayoría dedicadas al parcelas dedicadas a la producción de hortalizas y tubérculos, se localizan fundamentalmente en la zona central, este y norte de la isla a modo de medianas y pequeñas parcelas aledañas a la red viaria. Incluye las siguientes denominaciones SIOSE:

- Asociaciones de coberturas simples donde el rótulo “cultivos herbáceos”, en cualquiera de sus modalidades (regadío, secano, bajo plástico) se muestra como cobertura predominante con porcentaje de presencia en el polígono SIOSE superior al 55%, resto de coberturas naturales porcentaje inferior al 45% y coberturas artificiales, como edificaciones y zonas asfaltadas, no superan el 10% respectivamente.

- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” formadas por asociaciones (de coberturas simples o compuestas) donde el rótulo “cultivos herbáceos”, en todas sus modalidades (secano, regadío, bajo plástico), se presenta como cobertura predominante dentro de la asociación con un valor superior al 70%. Resto de coberturas, no incluidas en dichas asociaciones, tanto naturales como artificiales, no superan el 10 % de manera individual.

Matorral

Categoría que abarca a todas las diferentes formaciones de matorral natural (bajo, medio, sub-arbustivo y arbustivo) presentes en la isla así como a las áreas de matorral procedente de cultivos abandonados y las escasas masas de arbolado forestal. Son áreas de baja capacidad de uso. Incluye las siguientes denominaciones de coberturas SIOSE:

- Asociaciones de coberturas simples en las que los rótulos “matorral”, “matorral procedente de cultivo” y/o “coníferas naturales” se muestran como coberturas predominantes con un porcentaje de presencia en el polígono SIOSE superior al 45% de manera individual, resto de coberturas de cultivos o de vegetación natural porcentaje inferior al 20% y coberturas artificiales, como edificaciones y zonas asfaltadas, no superan el 10% respectivamente.
- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” formadas por asociaciones (de coberturas simples o compuestas) donde la asociación de los rótulos “matorral”, “matorral procedente de cultivo” o “coníferas naturales” presenta un valor superior al 80% respecto al total del polígono. El resto de coberturas, tanto naturales como artificiales, no incluidas en la asociación, no superan el 10 % de presencia de manera individual.

Mosaico de Matorral y Cultivos

Categoría de ocupación mixta que comprende superficies ocupadas por matorral (cualquiera de sus tipos) en combinación casi exclusiva con cultivos. Abarca las siguientes denominaciones de coberturas SIOSE:

- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” donde la asociación de los rótulos “matorral”, “matorral procedente de cultivo” y/o “cultivos” (en cualquiera de sus modalidades: regadío, secano, bajo plástico, herbáceos, vid, leñosas, frutales, etc.) presenta un valor superior al 55% respecto al total del polígono y el resto de coberturas, tanto naturales como artificiales no pertenecientes a los rótulos anteriores, no superan el 10 % de manera individual.
- Coberturas compuestas artificiales, predefinidas de antemano por SIOSE y con una superficie mayor a 1 ha, pertenecientes al sector agrícola o ganadero que incluyen “edificaciones”, “otras construcciones”, “zonas verdes auxiliares”, “viales”, además de “cultivos herbáceos” (de cualquier modalidad), “matorral” y “matorral procedente de cultivos”.

Mosaico de Matorral y Suelo Desnudo Natural

Categoría de ocupación del suelo mixta que comprende superficies ocupadas por las diferentes formaciones de matorral en combinación con el suelo desnudo natural. Se caracterizan por una escasa capacidad de uso. Esta categoría se conforma de las siguientes denominaciones:

- Asociaciones de coberturas simples donde los rótulos “matorral”, “matorral procedente de cultivo” y “suelo desnudo natural” se muestran como coberturas exclusivas del polígono SIOSE.
- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” formadas por asociaciones (de coberturas simples o compuestas), donde la asociación de los rótulos “matorral”, “matorral procedente de cultivo” o “suelo desnudo natural” presenta un valor superior al 60% respecto al total del polígono. Resto de coberturas no incluidas en las asociaciones, tanto naturales como artificiales, no superan el 10 % de manera individual.

Zonas de Roquedos o Coladas de Lava

Categoría que engloba de manera general todos los sustratos rocosos de la zona norte y sur junto con los sustratos de origen volcánico que recubren buena parte del resto de Lanzarote. Se caracterizan por ser áreas de relieves variados, áreas inhóspitas, prácticamente intransitables en el caso de los sustratos volcánicos (debido a su juventud y al no haber sufrido procesos erosivos). De manera general son suelos de escasa capacidad de uso. Se incluyen las siguientes denominaciones SIOSE:

- Asociaciones de coberturas simples en las que los rótulos “acantilados marinos”, “afloramientos rocosos y roquedos” y/o “coladas lávicas cuaternarias” se muestra como coberturas predominantes con un porcentaje de presencia, de manera individual, en la asociación superior al 45%. Resto de coberturas naturales o artificiales, no superan el 30% respectivamente.
- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” formadas por asociaciones (de coberturas simples o compuestas), en las cuales la asociación de rótulos “acantilados marinos”, “afloramientos rocosos y roquedos” y/o “coladas lávicas cuaternarias” presenta un valor superior al 80% respecto al total del polígono. Resto de coberturas no incluidas en las asociaciones, tanto naturales como artificiales, no superan el 10 % de manera individual.

Suelo Desnudo Natural

En esta categoría de ocupación se engloban de manera general los suelos sin ningún tipo de cobertura, con escasez de vegetación, erosionables y una capacidad de uso media o baja. Incluye las siguientes denominaciones SIOSE:

- Asociaciones de coberturas simples en las que los rótulos “suelo desnudo natural” y/o “zonas de extracción” se muestran como coberturas predominantes con un porcentaje de presencia en la asociación superior al 60%. Resto de coberturas naturales o artificiales, no superan el 30% respectivamente.
- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” formadas por asociaciones (de coberturas simples o compuestas), en las cuales el valor de la asociación de rótulos “suelo desnudo natural” y/o “zonas de extracción” presenta un valor superior al 80% respecto al total del polígono. Resto de coberturas no incluidas en las asociaciones, tanto naturales como artificiales, no superan el 10 % de manera individual.

Zonas Urbanas o Suelo Artificial Asfaltado

- Coberturas compuestas artificiales, predefinidas de antemano por SIOSE y con una superficie generalmente mayor a 1 ha, situadas dentro de los límites de áreas urbanas (Ministerio de Economía y Hacienda) pertenecientes al sector primario y terciario de producción; cobertura industrial; construcciones de equipamiento de uso público; infraestructuras de comunicaciones y transporte, que incluyen viales y zonas asfaltadas, edificaciones, zonas verdes artificiales y campos de golf, suelo no edificado, viviendas, parcelas de cultivo y/o zonas de extracción de mineral.

Zonas de Cultivos de Vid

Cultivo más presente en la isla con una superficie total en torno al 3.300 ha, repartidas por la zona central, de las cuales 1.980 ha se encuentran catalogadas como zona ZEPA desde 1994 y, de manera menos importante por la zona norte de la isla (Consejo Regulador de la Denominación de Origen de Lanzarote, 2010). Es un enclave que se caracteriza por la avifauna asociada, como colonias de aves marinas y poblaciones de especies rupícolas como rapaces, carroñeras e insectívoras que encuentran en este singular modo de cultivo un hábitat idóneo. Se conforma de las siguientes denominaciones de cobertura SIOSE

- Asociaciones de coberturas simples en las que los rótulos “cultivo de viñedos”, tanto de secano y regadío, se muestran como coberturas predominantes con un porcentaje de presencia en la asociación superior al 55%. Resto de coberturas naturales o artificiales, no superan el 40% respectivamente.
- Coberturas compuestas dispuestas en “mosaicos irregulares” en las cuales el valor del rótulo “cultivo de viñedo”, tanto de secano y regadío, presenta un valor superior al 55% respecto al total del polígono. Resto de coberturas no incluidas en las asociaciones, naturales no superando el 30 % y artificiales el 10%, de manera individual.

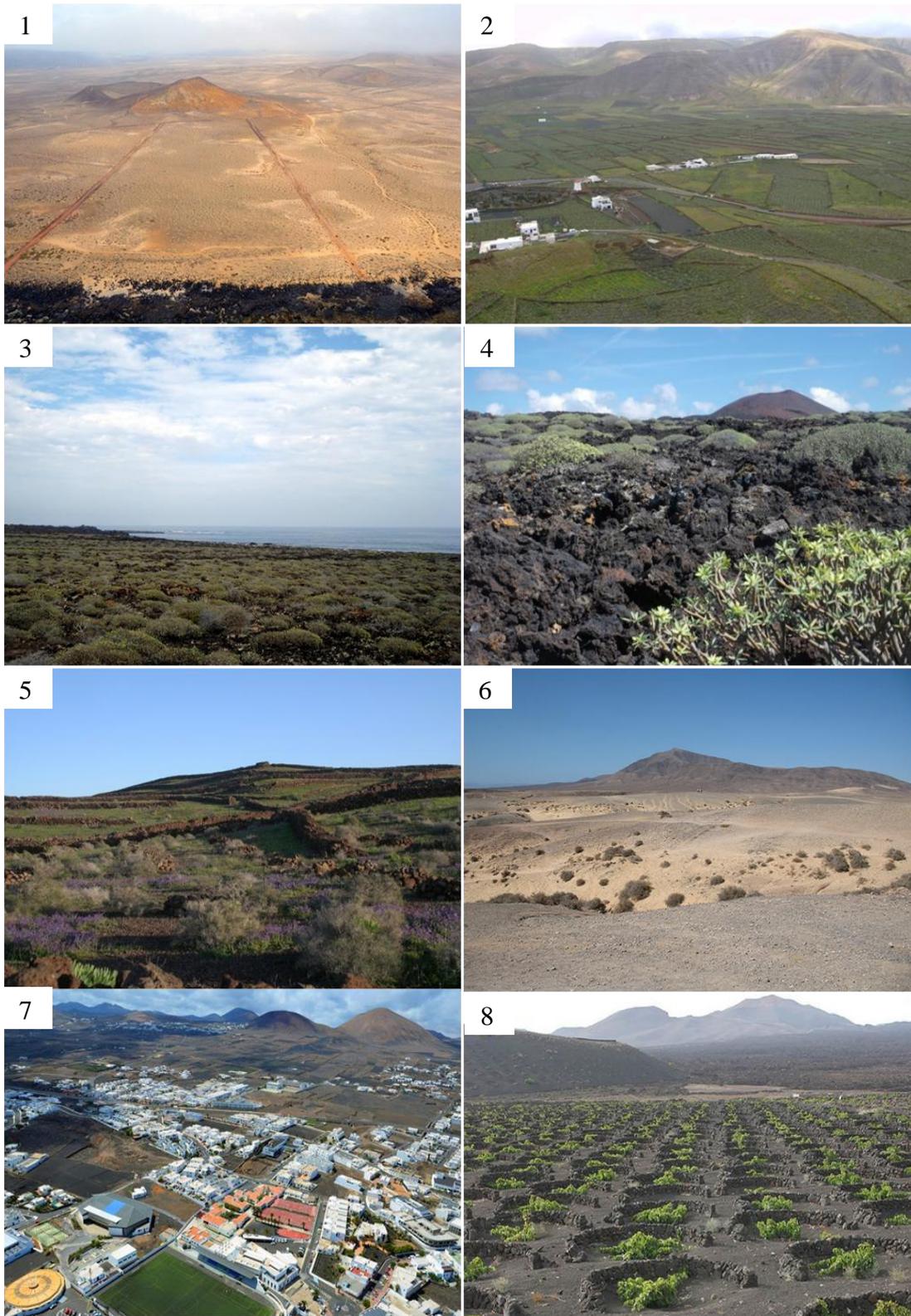


Foto 11. Composición de las diferentes categorías de ocupación más presentes en el entorno de las carreteras en base a la clasificación llevada a cabo en el presente trabajo. **Zonas de arenal o jable (1); cultivos herbáceos (2); matorral (3) ; superficie de roquedos o malpaís (4); categoría mixta de matorral y cultivos herbáceos (5); suelo desnudo natural (6); suelo urbano o superficies artificiales (7) y viñedos (8).**

3.4. Tratamiento de los datos

Se eligió para la Geodatabase el sistema de proyección WGS 1984, sistema geodésico de referencia oficial en el territorio nacional y que es equivalente al sistema ETRS 1989 (R.D. 1071/2007, 27 de julio). Para poder añadir la información relativa a la ubicación exacta y georreferenciada de cada uno de los datos se recurrió en un principio al Mapa Topográfico Nacional escala 1:25.000 no siendo posible un ajuste de la proyección en la Geodatabase del mismo debido al error que presenta en la zona/huso 28 por lo que se decidió recurrir finalmente a la ortofotografía del PNOA de 2012 de 0,25 m de resolución, cartografías digitales del Banco de Datos de la Naturaleza de la Red Natura 2000 (MAGRAMA) de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Se completa el tratamiento de los datos con el uso de servidores WMS de la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (GRAFCAN) para la utilización de cartografías temáticas como Callejero Turístico Digital, cartografías de las Áreas Protegidas insulares.

En primer lugar se procedió a establecer de 4 zonas principales en base a la localización geográfica de las carreteras objeto de estudio. Estas 4 zonas se describen a continuación:

Itinerario carreteras “zona norte”

Este itinerario de la isla presenta varias áreas protegidas bajo diferentes figuras como el Monumento Natural de La Corona, el Paisaje Protegido de Teneguïme, el Parque Natural del Archipiélago de Chinijo y Los Llanos de la Corona y Tegala Grande.

El Espacio Natural de La Corona destaca por su importancia geomorfológica y paisajística y se extiende aproximadamente por unas 1.450 ha², declaradas como Zona de Especial Conservación (ZEC, RD 1193/1998, de 12 de junio). En su mayoría este enclave se compone de formaciones de malpaís, destacando por la presencia de flora endémica y formaciones vegetales de matorral suculento, dominado por tabaibales amargos y cardonales.

El Paisaje Protegido de Teneguïme situado en la zona central de este itinerario, que comprende unas 422 ha, destacando por sus valores arqueológicos y naturales (presencia de colonias de aves marinas y rapaces catalogadas) por lo que está declarado como zona IBA.

En la franja del litoral noroeste de la isla se localizan los Macizos de Famara-Guatifay y las Llanuras de Jable de Famara, éstas últimas declaradas zona ZEPA /IBA (Área de Importancia para las Aves, Directiva 79/ 409/CEE) por albergar a un buen número de especies nidificantes incluidas en el Catálogo de Aves Protegidas de Canarias (BOC, 2001) destacando especies como cernícalo vulgar, cuervo, avutarda hubara, corredor sahariano, alcaraván común, bisbita caminero, etc. Ambos ecosistemas están incluidos dentro del Parque Natural del Archipiélago de Chinijo, zona donde se localizan la mayor parte de los “Puntos Calientes de Biodiversidad” y endemismos de todo el archipiélago canario.

En la zona más meridional de este itinerario norte se localiza la zona ZEPA/IBA llamada los Llanos de la Corona-Las Honduras y Tegala Grande que conforman un hábitat dominado por formaciones de matorral y pastizal xerofíticos.



Mapa 6. Cartografía de los Espacios Protegidos de la zona norte de Lanzarote

Comprende las carreteras **LZ-1, LZ-10, LZ-201 y LZ-204.**

Recorre aproximadamente 68,4 km, lo que supone el 29% del total de km del recorrido.

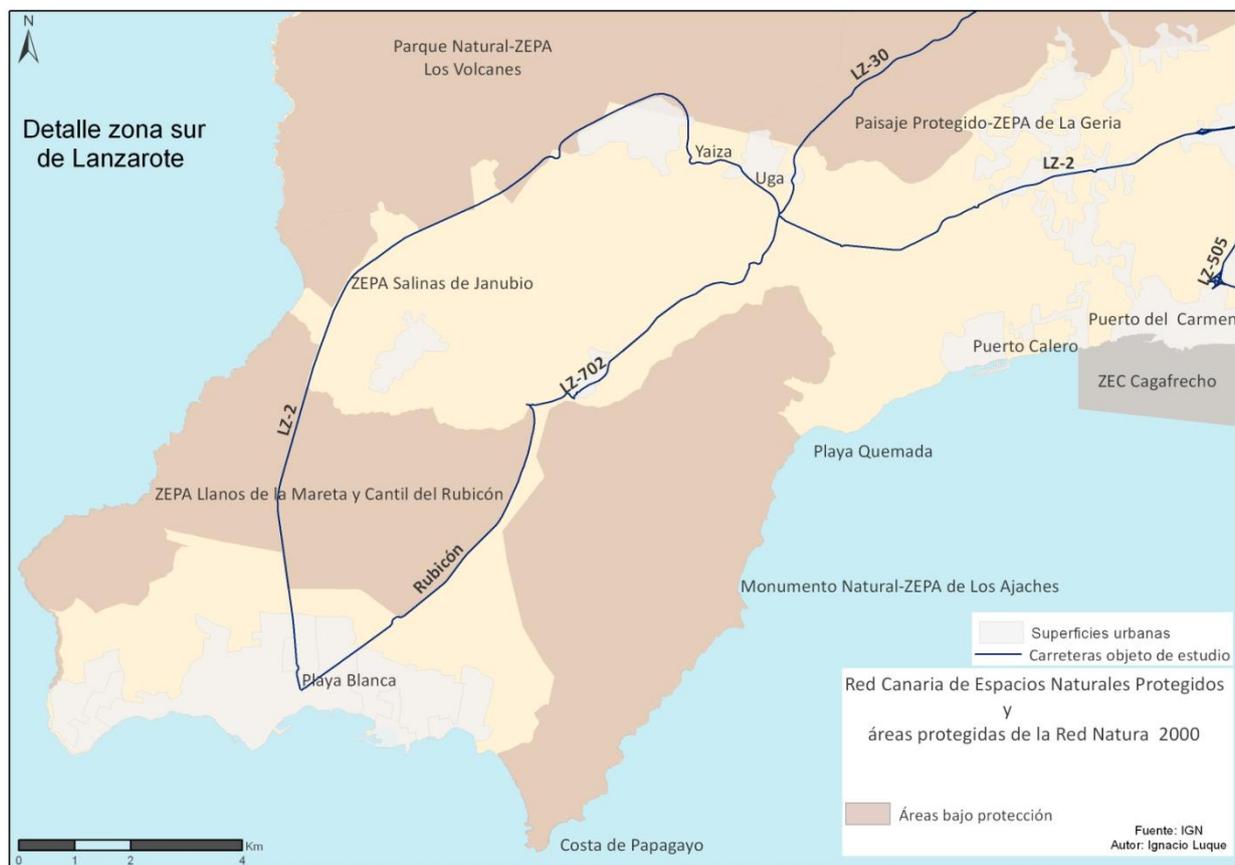
Itinerario carreteras “zona sur”

El recorrido sur de la isla alberga varios Espacios Naturales como la zona más meridional del Paisaje Protegido de La Geria y del Parque Natural de Los Volcanes; la zona ZEPA/IBA de Salinas de Janubio y la zona ZEPA, contigua a la anterior, de Llanos de la Mareta y Cantil del Rubicón.

El Paisaje Protegido de La Geria, se caracteriza por ser paisaje rural con una extensión de 5.255 ha, principalmente dedicadas al cultivo de vid y frutales, que destaca por sus valores culturales, de carácter etnográfico y naturales, presentando un índice de endemividad florística por encima de la que se describe para Timanfaya. Fue declarado además zona ZEPA desde 1994 (Directiva 79/ 409/CEE), por la presencia de importantes colonias de aves marinas, comunidades de aves “rupícolas” y especies propias de los ambientes xéricos.

Otro de los espacios protegidos de la zona sur es el Parque Natural de Los Volcanes, de 10.158 ha, declarado a su vez, en conjunto con el Paisaje Protegido de La Geria, zona ZEPA y ZEC (Zona de Especial Conservación) desde 1994 (Directiva 79/ 409/CEE), rodeando en su límite oeste al Parque Nacional de Timanfaya. Resalta por ser un enclave muy representativo de los sistemas naturales insulares, albergando especies vegetales y animales amenazadas (avutarda hubara y aves marinas como la pardela cenicienta, pardela chica, petrel de Bulwer y paño de Madeira entre otras especies) y que requieren de una protección especial, y por incluir zonas de vital importancia para la reproducción, cría y refugio de especies migratorias.

En el extremo más sudoccidental se localizan la zona ZEPA/IBA de los Llanos de la Mareta y Cantil del Rubicón con una extensión de 3.330 ha, y el Monumento Natural de Los Ajaches de 3.010 ha declarada además zona ZEPA. Ambas zonas se distinguen por el predominio de formaciones de matorral y pastizal. Destacan por su importancia ornitológica ya que conforman un hábitat ideal para especies protegidas nidificantes, y algunas otras migratorias, tan representativas como la avutarda hubara, el alcaraván común, camachuelo trompetero, lechuza común y pequeñas colonias de aves marinas de petrel y pardela cenicienta.



Mapa 7. Espacios Protegidos de la zona sur de la isla.

Comprende las carreteras LZ-2, un tramo de 17 km de LZ-30, LZ-702 y Rubicón. Norte y escala Presenta una longitud de aproximadamente 68,7 km, que suponen el 30 % del total de km recorridos.

Itinerario carreteras “zona este”

Es la zona más poblada de la isla y en las inmediaciones de la capital lanzaroteña convergen buena parte de las principales vías de comunicación terrestre de la isla. En esta zona se localiza el aeropuerto de Guacimeta (décimo a nivel nacional en número de viajeros) con una cifra que ronda los 5 millones de usuarios anualmente (AENA, 2012).

Este itinerario abarca las carreteras **LZ-3, LZ-18, LZ-34, LZ-35, LZ-40, LZ-505** a su paso por la zona donde se localizan municipios con tanto peso específico a nivel insular como San Bartolomé, Tías, Yaiza o Teguiise que junto con Arrecife, las entidades y núcleos de población suponen más del 75 % de la población total (INE, 2007).

En este recorrido se encuentran las áreas más meridionales de los dos Espacios Protegidos del este insular: Paisaje Protegido y zona ZEPA de la Geria y la zona ZEPA/IBA de Llanos de la Corona-Las Honduras y Tegala Grande.

Recorre aproximadamente 42,5 km, que suponen el 18,5 % del total de km recorridos



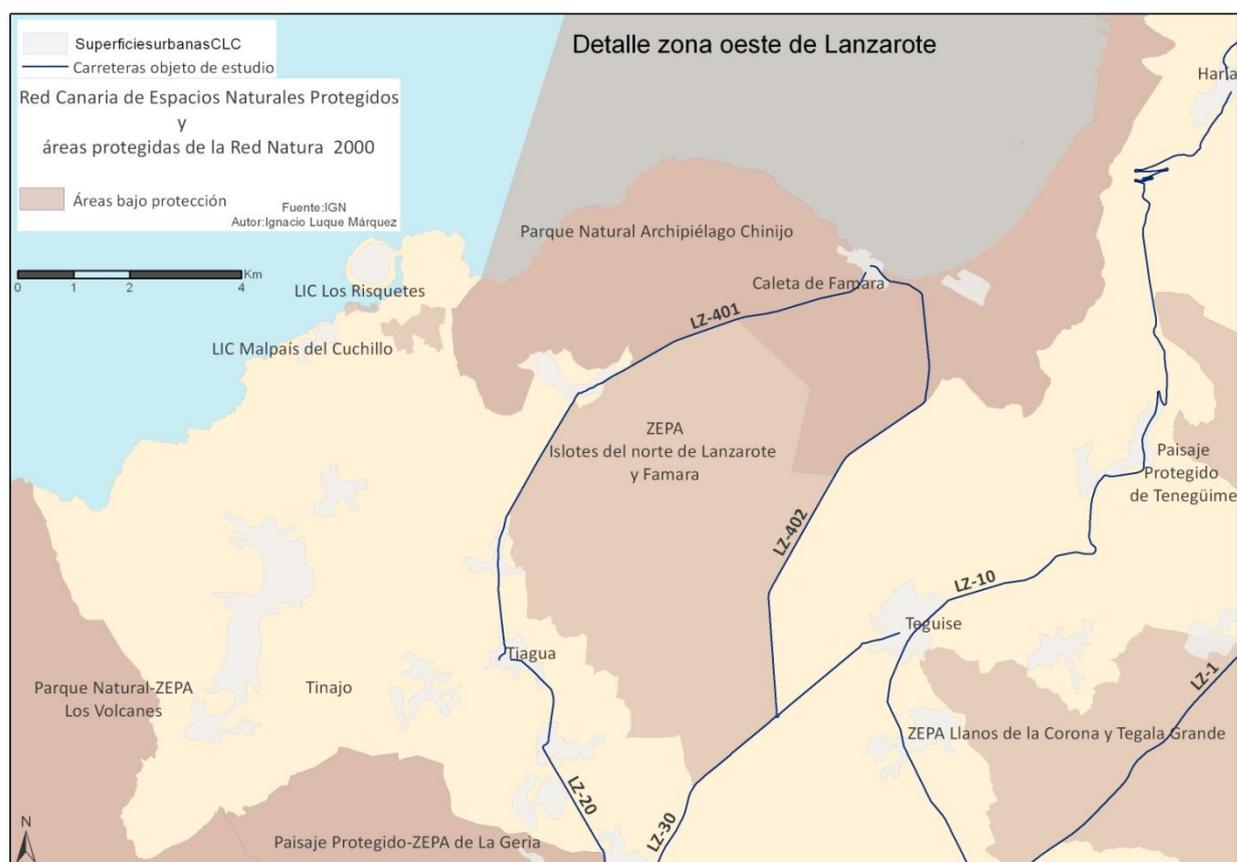
Mapa 8. Detalle de la zona aledaña a la capital y sus Espacios Protegidos.

Itinerario carreteras “zona oeste”

Este recorrido se localiza la franja oriental del Paisaje Protegido y ZEPA de La Geria y atravesando la mayor parte de zona ZEPA/IBA de las Llanuras de Jable de Famara (Parque Natural del Archipiélago de Chinijo).

Comprende la carretera **LZ-20** prácticamente en toda su longitud, debido a las construcciones llevadas a cabo en 2010 entre el municipio de Tinajo y la entidad de población de Tiagua no se consiguió completar la longitud de dicha carretera), un tramo de **LZ-30** de unos 6 km de longitud. Por último el itinerario discurre por las carreteras **LZ-401** y **LZ-402** que se encuentran localizadas en las zonas más arenosas de la isla: las Llanuras de Jable del entorno de Famara.

Esta ruta recorre aproximadamente 45 km, lo que supone el 19'5 % del total de km recorridos.



Mapa 9. Zona oeste de Lanzarote.

A continuación se procedió a realizar un tratamiento descriptivo que permitiera establecer una valoración de los aspectos generales en el área de estudio:

- Caracterización de los diferentes grupos faunísticos más afectados: por itinerario y por carretera.
- Caracterización de las especies más afectadas por itinerario y por carretera.
- Distribución espacial del fenómeno atropello en la red viaria de cada una de los 4 itinerarios en las que se agruparon las carreteras estudiadas en base a su localización.
- Distribución espacial del fenómeno atropello en relación a la intensidad media diaria de tráfico (IMD) de la red viaria y en relación a la velocidad máxima permitida por la DGT en cada una de las carreteras estudiadas.
- Localización de las carreteras que muestran una mayor siniestralidad.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados generales

Desde un punto de vista cuantitativo los resultados son representativos ya que han sido registrados a lo largo de todo un año y, por ende, ponen de manifiesto la presencia de diferentes especies estacionales o migratorias de manera conjunta con las especies no migratorias, además de abarcar diferentes periodos de la actividad de la fauna. En el presente estudio se registraron un total de 460 datos (N=460) de fauna salvaje atropellada pertenecientes a 30 especies (n=30):

Tabla 2. Listado de especies registradas en atropelladas.

CLASE AVES			
Familia	Nombre común	Nombre científico	Nº Atropellos
<i>Alaudidae</i>			
	Terrera marismeña	<i>Calandrella rufescens</i>	3
<i>Ardeidae</i>			
	Garcilla bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	21
<i>Burhinidae</i>			
	Alcaraván común	<i>Burhinus oedicnemus insularum</i>	32
<i>Columbidae</i>			
	Paloma bravía	<i>Columbia livia</i>	20
	Tórtola común	<i>Streptopelia turtur</i>	2
	Tórtola turca	<i>Streptopelia decaocto</i>	12
		<i>Streptopelia sp.</i>	17
<i>Charadriidae</i>			
	Chorlitejo grande	<i>Charadrius hiaticula</i>	1
		<i>Charadrius sp.</i>	1
<i>Falconidae</i>			
	Cernícalo vulgar	<i>Falco tinnunculus</i>	7
<i>Fringillidae</i>			
	Camachuelo trompetero	<i>Bucanetes githagineus</i>	3
<i>Laniidae</i>			
	Alcaudón real	<i>Lanius meridionalis koenigi</i>	15
<i>Laridae</i>			
	Gaviota patiamarilla	<i>Larus michaellis atlantis</i>	11
	Gaviota sombría	<i>Larus fuscus</i>	1
<i>Motacillidae</i>			
	Bisbita caminero	<i>Anthus berthelotii</i>	3
	Lavandera boyera	<i>Motacilla flava</i>	1
<i>Muscicapidae</i>			
	Papamoscas cerrojillo	<i>Ficedula hypoleuca</i>	4
	Petirrojo europeo	<i>Erithacus rubecula</i>	2

<i>Otididae</i>			
	Avutarda hubara	<i>Chlamydotis undulata</i>	2
<i>Passeridae</i>			
	Gorrión moruno	<i>Passer hispaniolensis</i>	11
<i>Phasianidae</i>			
	Perdiz moruna	<i>Alectoris barbara</i>	5
<i>Phylloscopidae</i>			
	Mosquitero musical	<i>Phylloscopus trochilus</i>	3
<i>Procellariidae</i>			
	Petrel de Bulwer	<i>Bulweria bulwerii</i>	2
<i>Sylviidae</i>			
	Curruca tomillera	<i>Sylvia conspicillata</i>	3
		<i>Sylvia sp.</i>	1
<i>Tytonidae</i>			
	Lechuza común	<i>Tyto alba gracilirostris</i>	6
<i>Upupidae</i>			
	Abubilla común	<i>Upupa epops</i>	8
Total			197
Nº especies			27

CLASE MAMÍFEROS			
Familia	Nombre común	Nombre científico	Nº Atropellos
<i>Erinaceidae</i>			
	Erizo moruno	<i>Atelerix algirus</i>	156
<i>Leporidae</i>			
	Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	103
<i>Muridae</i>			
	Múrido	<i>Rattus sp.</i>	4
Total			263
Nº Especies			3

El mayor número de bajas se registró en la clase mamíferos con 263 casos de atropello y las aves con 197 casos. Considerando la diversidad de las especies que fueron afectadas, han sido identificadas un total de 27 especies de aves y 3 de mamíferos. En el computo global la especie con mayor número de bajas que se registró fue el erizo moruno (*Atelerix algirus*) con un total de 156 atropellos (33% del total de especies); se registró también un elevado número de casos en el conejo común (*Oryctolagus cuniculus*) con un total de 103 casos de atropello, siendo la segunda especie con más registros, con un 22% respecto al total. En el caso de las aves fue el alcaraván común (*Burhinus oedicnemus insularum*), con un total de 32 atropellos (7% de los datos), para el que registró un mayor número. La garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*) con 21 casos (5%) y la paloma bravía (*Columbia livia*) con 20 casos (5%) mostraron también una elevada mortalidad en carretera.

Para la facilitación en el análisis preliminar del total de datos de fauna atropellada, y obtener una visión global del impacto de la red viaria, éstos fueron incluidos en 5 grupos faunísticos atendiendo a la taxonomía y ecología de las diferentes especies. Éstos son:

- Aves esteparias (**AE**): Aves de mediano tamaño, ligadas a ambientes desérticos o semidesérticos insulares no incluidas dentro del orden paseriformes (avutarda hubara, alcaraván común y perdiz moruna).
- Aves marinas o de humedal (**AMH**): Aves ligadas al medio marino y/o medio lacustres (gaviotas, petrel de Bulwer, garcilla bueyera, chorlitejos, etc.).
- Aves rapaces (**AR**): Aves rapaces diurnas y nocturnas insulares (lechuza y cernícalo vulgar).
- Mamíferos (**MA**): Pequeños mamíferos (conejo, múridos del género *Rattus* y erizo moruno).
- Paseriformes (**PAS**): Todas las especies de aves pertenecientes a este orden. Son las de menor tamaño.
- Otras aves (**OA**): Aves de pequeño/mediano tamaño no incluidas en el resto de grupos (abubilla, orden columbiformes, etc.).

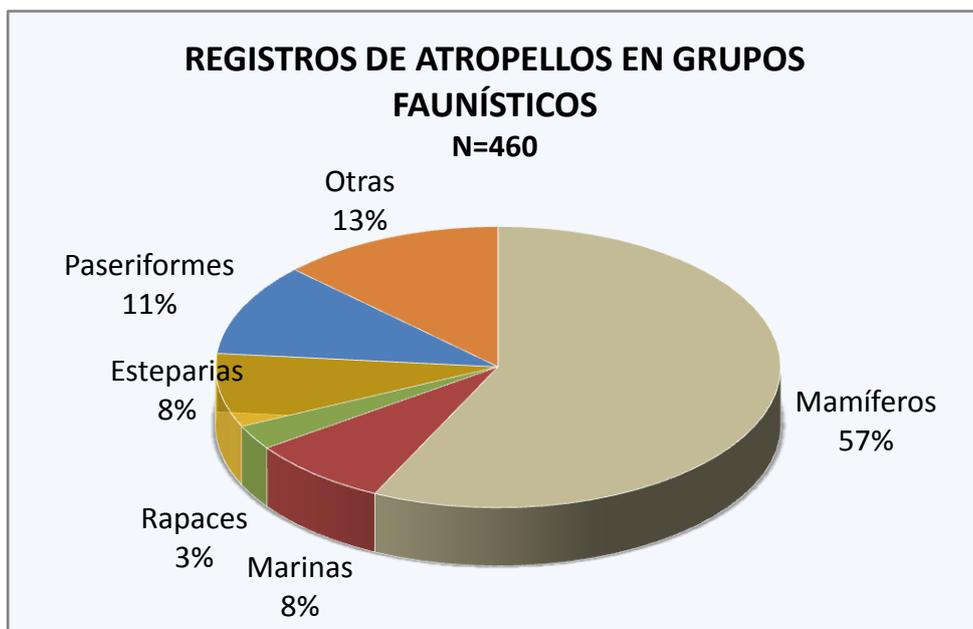


Gráfico 1. Grafico circular que muestra las diferentes siniestralidades en porcentajes de los grupos muestreados.

Así el gráfico muestra los porcentajes generales de bajas registradas para cada grupo. Los **mamíferos** supusieron el 57% del total de datos con 263 registros; el grupo **otras aves** supuso el 13% con un total de 59 registros; en **paseriformes** fueron registrados un total de 49 casos con un porcentaje del 11%. Con un menor número de registros aparecieron las aves esteparias y aves marinas con 39 y 37 registros y un porcentaje de en torno al 8%. Finalmente el grupo con menor número de bajas resultó ser el de las aves rapaces con un total de 13 casos registrados y un porcentaje respecto al total de atropellos del 3%.

Considerando de manera relativa la importancia de cada uno de los grupos faunísticos en cada zona se observa un patrón que se asemeja a la distribución general en la isla. De esta forma el grupo **mamíferos** (erizo y conejo) se presenta como el grupo más afectado en todas las infraestructuras seguido por el grupo **otras aves** (orden columbiformes y coraciformes de la isla), **paseriformes** el grupo de las aves **esteparias** que presentan un distribución muy similar. **Rapaces** y **aves marinas** parecen presentar diferentes patrones de distribución según qué zona.

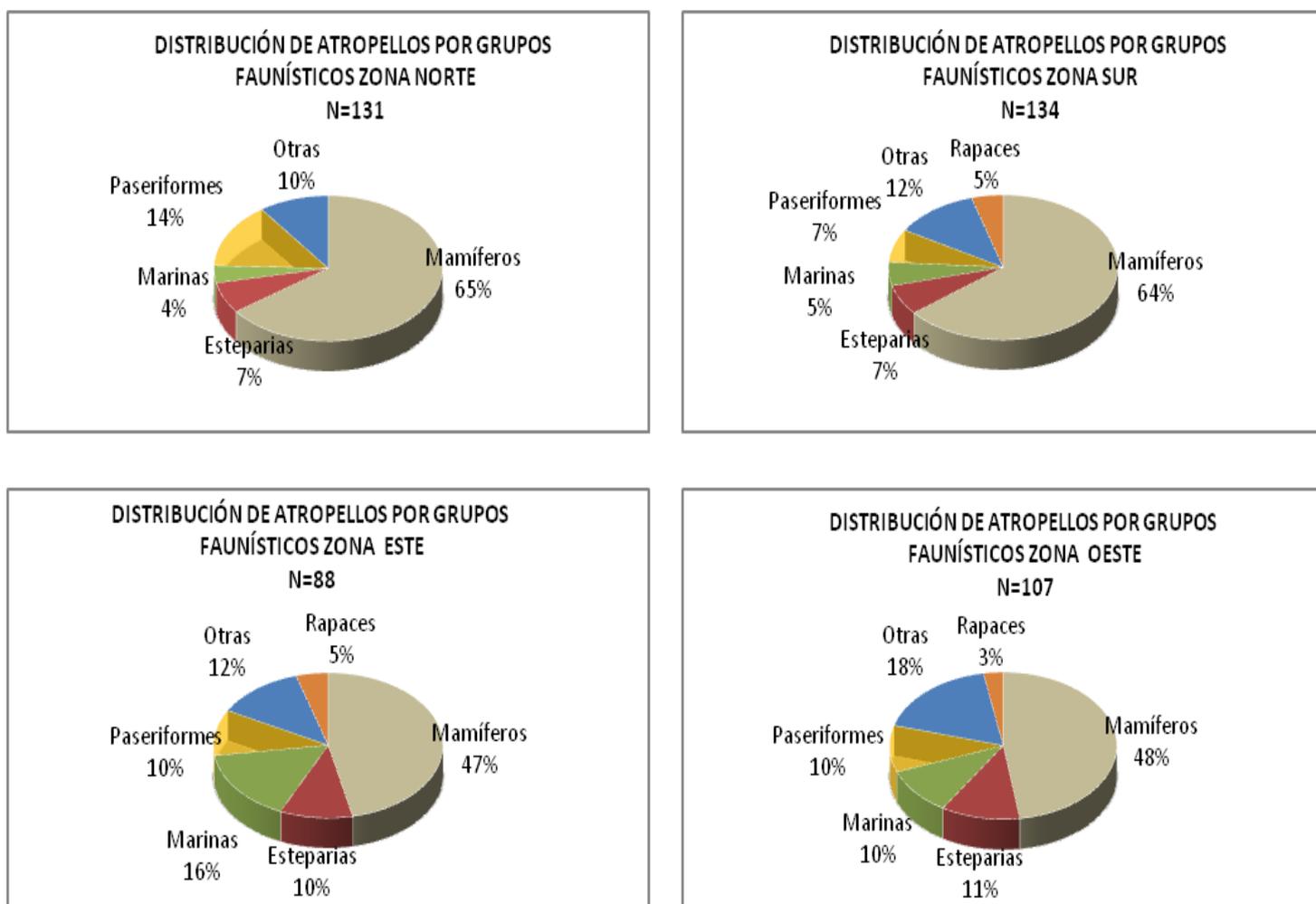


Gráfico 2. Cuadro resumen que muestra el porcentaje de cada grupo faunístico para cada una de las zonas.

4.2 Estudio descriptivo preliminar de los resultados

Para obtener una visión general de la distribución de las colisiones se van a realizar una serie de cuadros resúmenes y gráficos de barras que facilitan la visión general de la distribución de los datos en base a las diferentes variables que se consideraron.

En este cuadro resumen conforme a la zonificación establecida en el **apartado 3.4** del documento se muestran los diferentes registros de atropellos para cada una de las carreteras y zonas.

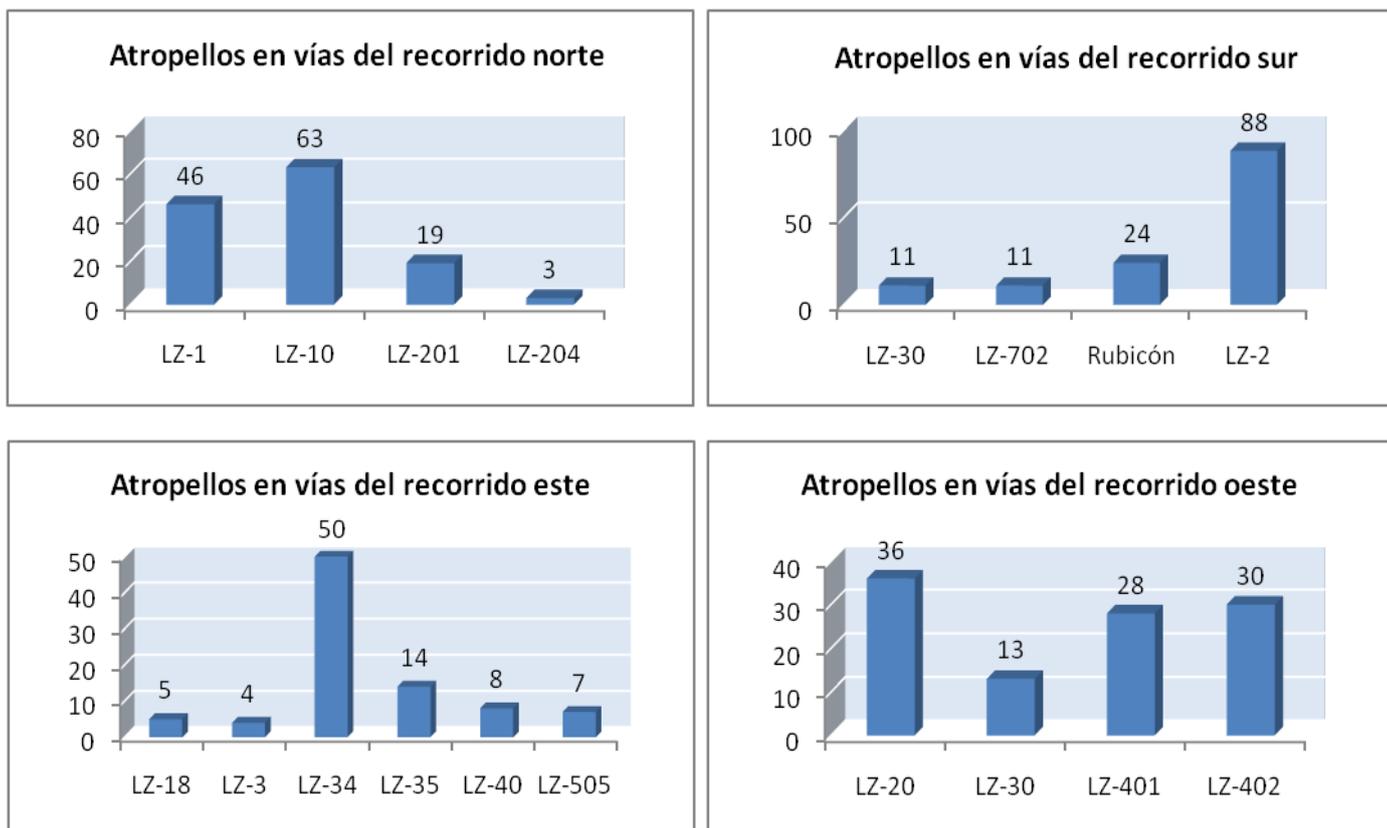


Gráfico 3. Cuadro resumen de la distribución de atropellos por carretera y zona mediante un gráfico de barras.

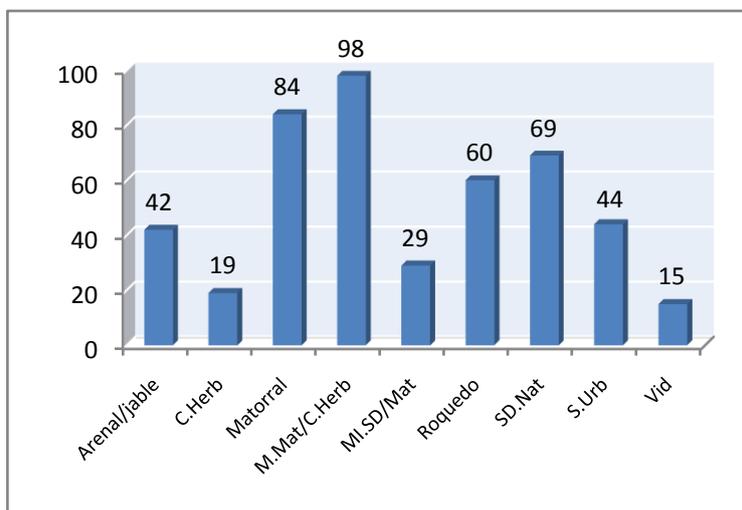


Gráfico 4. En el que se muestra la distribución general de los atropellos en las diferentes categorías de ocupación del suelo que se generaron en base al análisis de los *Buffers* de 200 m. Se aprecia cuales son las categorías para las que se registraron un mayor número de casos, destacando las categoría mixta de matorral con cultivos, la categoría de matorral, suelo desnudo natural y roquedo/coladas volcánicas.

El porcentaje de presencia de cobertura vegetal obtenido en el apartado 3.2.2 mostró la diferente distribución de las muertes. A pesar de ser una estimación muy grosera de la densidad de la vegetación existente en la isla muestra que la mayoría de los atropellos se produjeron en zonas sin vegetación o con escasa vegetación como corresponde a la realidad de Lanzarote. Por otro lado los registros de las zonas de mayor porcentaje se corresponden a las categorías a las que se le asignaron los mayores porcentajes: matorral, mosaico irregular de matorral y cultivos y, finalmente, cultivos de vid herbáceos.

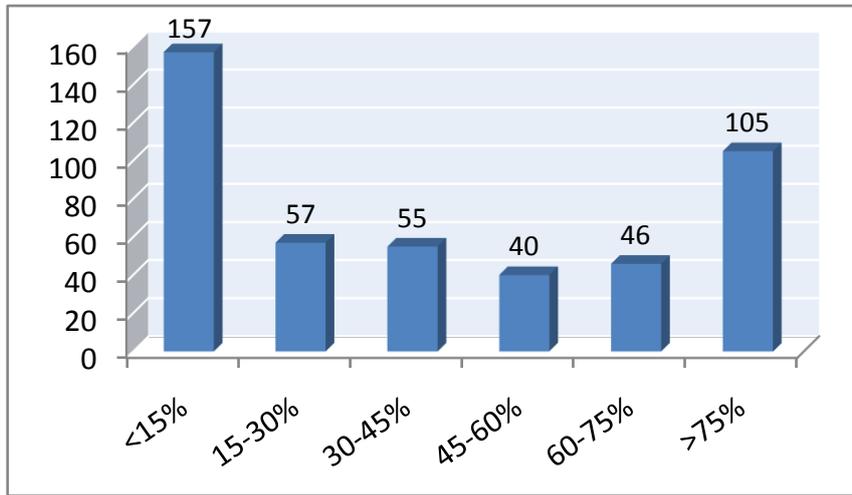


Gráfico 5. Cuadro resumen de la distribución de atropellos en base a los porcentajes de presencia de cobertura vegetal asignada en base a SIOSE.

Gráfico 6. La intensidad de tráfico generada en el apartado 3.2.1 fue otra de las variables que se consideraron en el estudio. Los registros obtenidos ponen de manifiesto que las zonas de mayor impacto tuvieron lugar para bajas intensidades de tráfico y para las zonas de densidades intermedias.

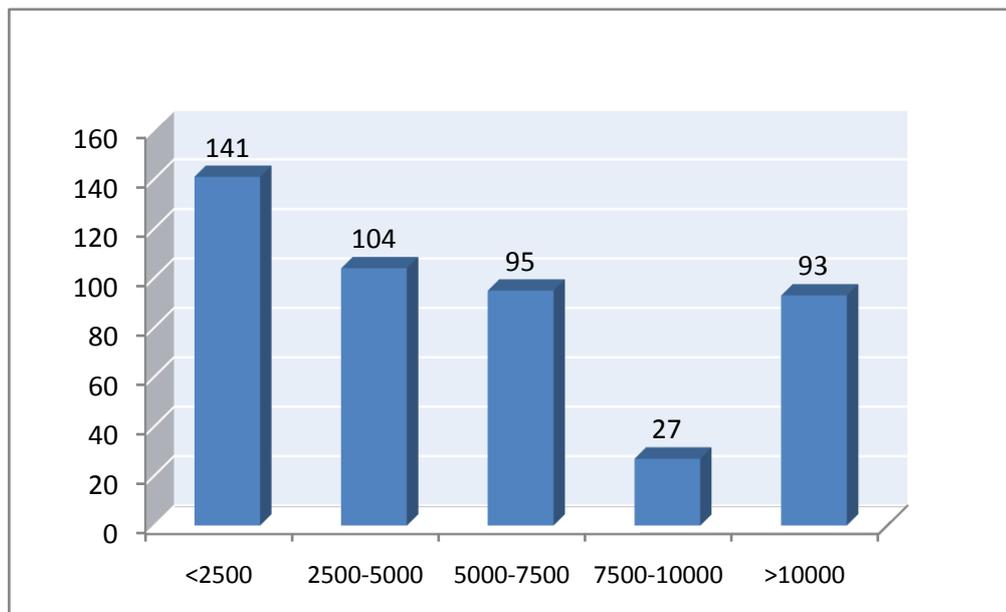


Gráfico 6. Siniestralidad total para cada una de las intensidades de tráfico consideradas en el estudio.

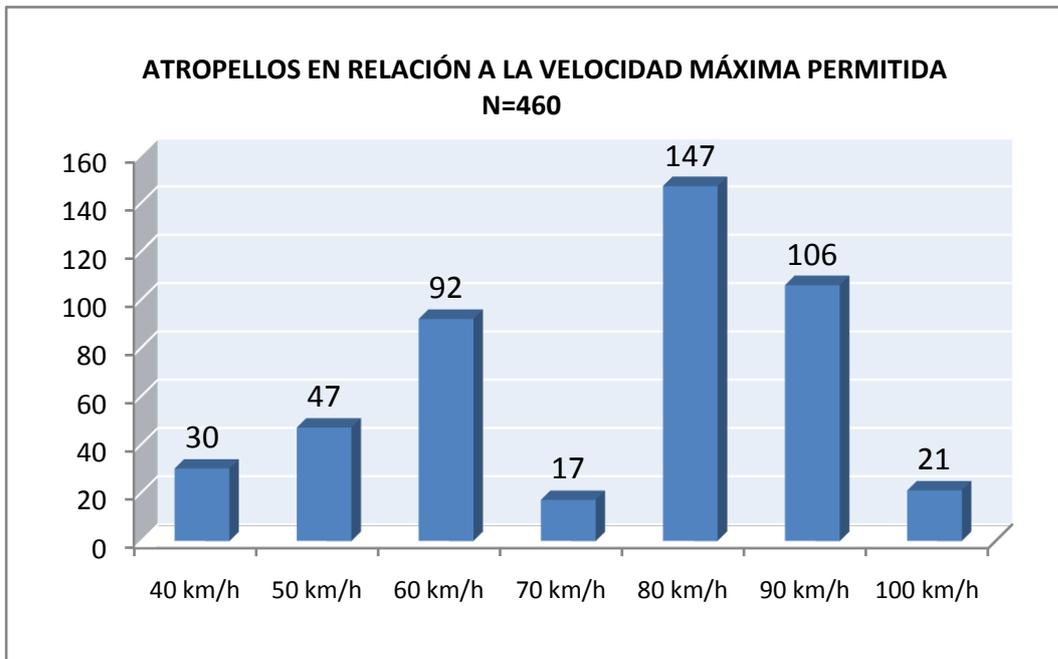


Gráfico 7. Distribución de los atropellos para los diferentes tramos de velocidad establecidos. Los tramos de 80 y 90 por hora fueron los que registraron una mayor siniestralidad

Las distancias a zonas urbanas, distancia a la carretera más próxima y a espacio protegido son otras de las variables que pueden ser explicativas del fenómeno atropello. En el gráfico de abajo se muestra la distribución de los atropellos en base a la distancia a la carretera más próxima (**Gráfico 8.**)

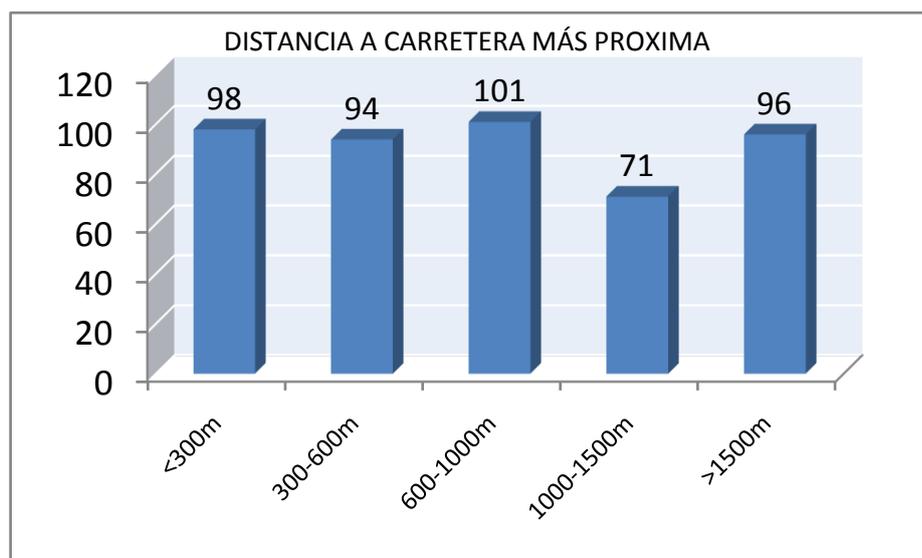


Gráfico 8. Distancia de los atropellos a la carretera más próxima.

4.3 Mortalidad en la clase aves

En esta clase se registraron un total de 197 atropellos y una diversidad de 27 especies (n=27) que se dividieron en 4 grupos (ver apartado 3.2). El grupo de los **paseriformes** mostró la diversidad más elevada con un total de 11 especies. La mayor parte de los registros se produjeron en la segunda mitad del año, a partir del mes de julio, periodo que coincide con el comienzo de la migración postnupcial para la mayoría de especies de este orden. En la primera mitad del año los registros fueron básicamente de especies no migratorias. En cuanto a la distribución de los casos, éstos tuvieron lugar principalmente en los tramos de las carreteras de la zona norte y oeste (**LZ-1**, **LZ-10**, **LZ-401** y **LZ-402**). Dentro de este grupo la especie que presentó un mayor número de atropellos fue el alcaudón real (*Lanius meridionalis koenigi*), especie presente durante todo el año, con 15 casos que suponen el 8% dentro de esta clase. Se registró un elevado número de casos de atropello en otros paseriformes como el gorrión moruno (*Passer hispaniolensis*) con 11 colisiones (6%), también presente durante todo el año. Para el resto de especies de paseriformes los casos registrados fueron escasos, no superando nunca los 4 individuos (ver **tabla 2**).

Dentro del grupo de las **aves esteparias**, que muestra claramente una diversidad menor de especies (n=3), el mayor número de registros se corresponde al alcaraván común (*Burhinus oedicephalus insularum*) con 32 atropellos (16% de registros dentro de esta clase) distribuidos por 10 de las carreteras estudiadas, destacando una elevada concentración de atropellos por km en los diferentes tramos de la zona oeste y sur (**LZ-401**, **LZ-402** y **Rubicón**), y fueron registrados desde el mes de marzo a noviembre, con una mayor abundancia en los meses de junio y julio. Para el resto de especies del grupo, perdiz moruna (*Alectoris barbara*) y avutarda hubara (*Chlamydotis undulata*), se registraron 5 y 2 casos de atropellos respectivamente. En el caso particular de *C. undulata* los atropellos se localizaron a finales de primavera (meses de mayo y junio) zona oeste y sur (**LZ-401** y **Rubicón**).

En el grupo de las aves **marinas** o **humedal**, con una diversidad de especies baja (n=6), destaca el elevado número de bajas de la garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*) con un total de 21 casos registrados (11% de todas las aves registradas), siendo la mayoría de ellos a lo largo del trazado de la **LZ-34** y en el periodo que comprende los meses de junio a octubre. Para la gaviota patiamarilla (*Larus michaellis atlantis*) con 11 colisiones (siendo el 6% de esta clase) repartidas por las 4 zonas de muestreo de manera similar. El resto de especies presentó un bajo número de atropellos.

Grupo **rapaces** es el que más baja diversidad, presentó con sólo 2 especies (n=2) con 7 atropellos en el caso del cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) y 6 atropellos en el caso de la lechuza común (*Tyto alba gracilirostris*). La **LZ-34** y **LZ-2** fueron las carreteras con mayor registro de atropellos y tuvieron lugar en el periodo de septiembre a febrero.

Grupo denominado **otras aves** en el que se incluye a todas las especies del orden Columbiformes, incluyendo este orden 4 especies (entre palomas y tórtolas), y a la única especie del orden coraciforme registrada: abubilla común (*Upupa epops*). Destacan el caso de la paloma bravía (*Columbia livia*) con un total de 20 ejemplares atropellados, 10% de registros de esta clase, y la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*) con 12 colisiones. En este grupo quedaron sin identificar 17 ejemplares del género *Streptopelia*. La mayoría de colisiones fueron registradas a lo largo del trazado de la **LZ-10**, **LZ-20** y **LZ-2** y se concentraron en el periodo de abril a septiembre.

La afluencia turística juega un papel importante en el incremento de la IMD en las carreteras. En el **gráfico 9** se muestra que la mayoría de atropellos fueron en los meses estivales, curiosamente el turismo también mostró una mayor afluencia en esos meses.

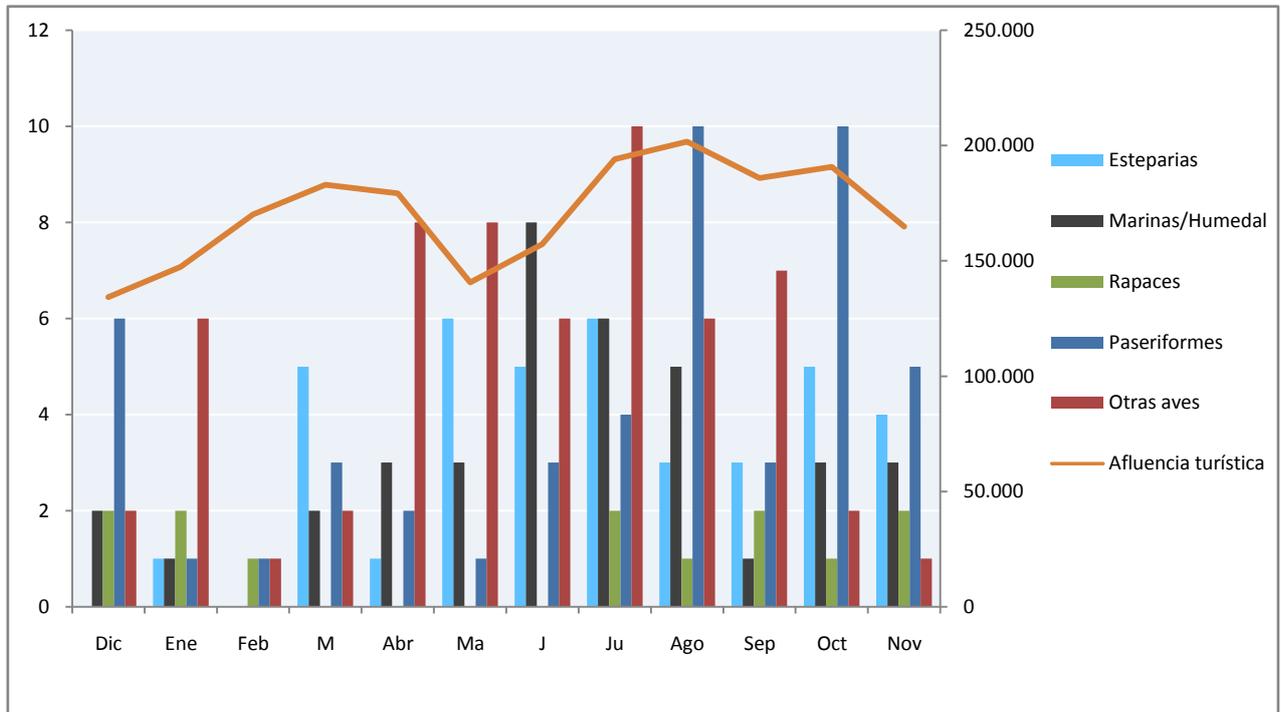


Gráfico 9. Estacionalidad de los atropellos registrados en el periodo de muestreo para la clase aves.

En este gráfico de barras se muestra las diferencias en la frecuencia de registros a lo largo de los 12 meses de muestreo para los que la distribución mensual de atropellos de los diferentes grupos faunísticos de la clase aves. Se muestran representados también datos de ese año referentes al número de turistas por mes.

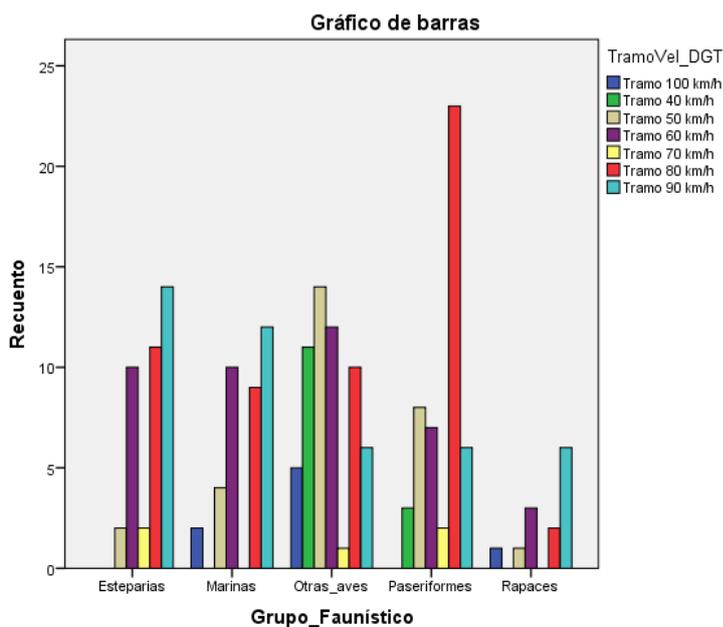


Gráfico 10. Para los diferentes tramos de velocidad considerados fueron los de velocidad máxima permitida de 80 los que presentaron una mayor cantidad de aves. Destacando los paseriformes.

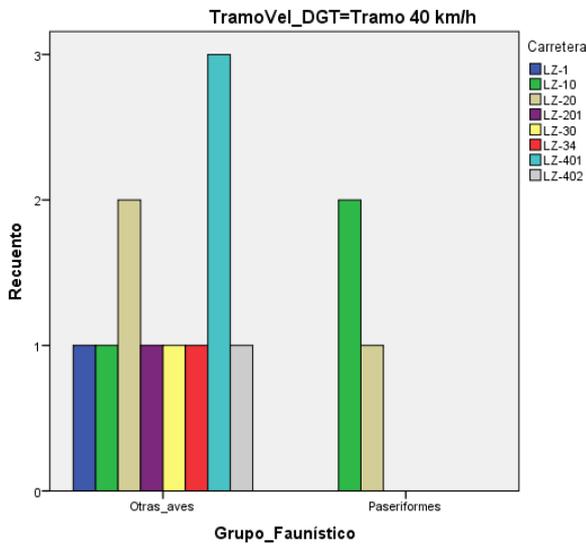


Gráfico 10. Mortalidad registrada para el total de tramos de 40 km/h. El grupo de **otras aves** fueron para las que más registros se obtuvieron con un total de 11. La carretera que mostró una mayor siniestralidad fue la LZ-401.

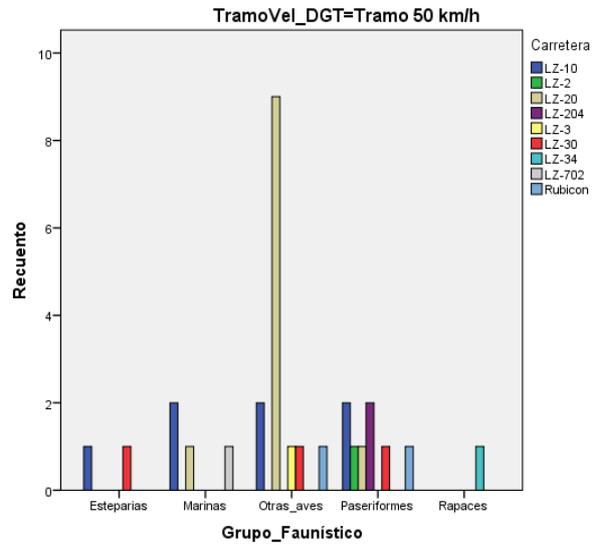
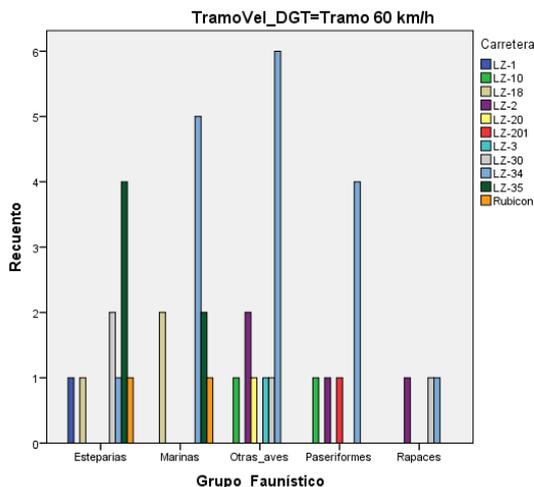


Gráfico 11. Histograma con la distribución de los atropellos para la velocidad de 50 km/h. El grupo **otras aves** fue para el que se registraron un mayor número de casos, repartidos entre la LZ-20 y la LZ-10.

- Distribución de atropellos para diferentes tramos de velocidad permitida por la DGT y por carretera.

Se digitalizaron 64 tramos de 40 km/h con una longitud total de 26´8 km en los que se registraron 14 casos de aves, exclusivamente **otras aves** y **paseriformes**. La carretera de la zona norte **LZ-401** fue donde se registró una mayor mortalidad para esta velocidad.

Para los 36 tramos de 50 km/h, con longitud total de 24´6 km que se digitalizaron, se aprecia que los tramos de la **LZ-20** fue donde se registró una mayor mortalidad, casi exclusivamente del grupo **otras aves**. **Marinas**, **paseriformes** y **otras aves** registradas en esos tramos la **LZ-10** muestran otras zonas de importancia. Se observa que a partir de esta velocidad comienza a incrementarse la diversidad de grupos faunísticos afectados. Se registraron 29 casos de atropellos de aves.



El **gráfico 12.** Muestra que este tipo de tramos se aprecia una mayor abundancia de registros respecto de las anteriores con un total de 42 casos. La **LZ-34** y **LZ-35** muestran las mayores abundancias de registros. Las más afectadas fueron **marinas**, **otras aves** y **aves esteparias**, que se destacaron como las más afectadas. Se digitalizaron un total de 57 tramos y una longitud total de 45´1km.

Gráfico 12. Registros de aves para tramos de 60 km/h.

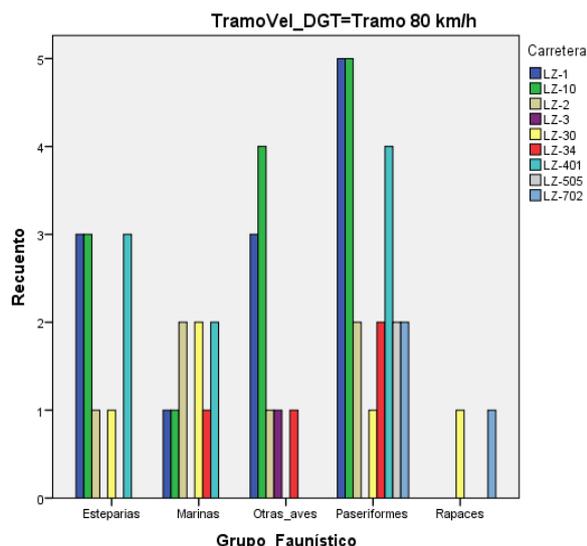


Gráfico 13. A esta velocidad de 80 km/h en la que se registraron un mayor número de siniestralidad de aves.

Tan sólo se digitalizaron 10 tramos de 70 km/h con una longitud total de 7´7 km. En este tipo de tramos se observa una reducción de la diversidad de grupos faunísticos y de registros. Solamente la LZ-2 y LZ-20 registran atropellos para esta velocidad. Esteparias y paseriformes fueron las únicas afectadas.

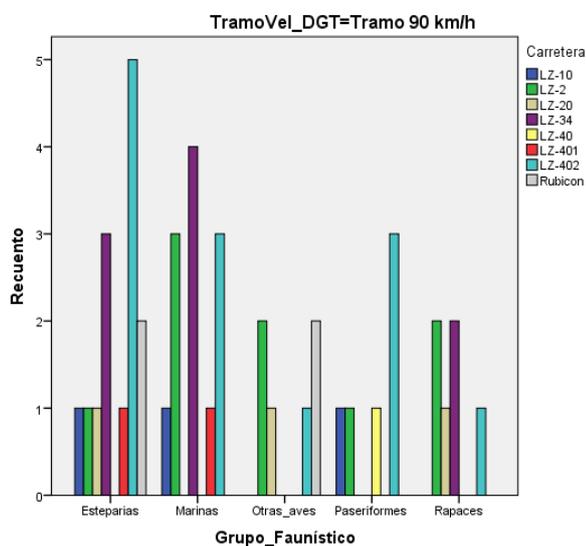


Gráfico 14. Atropellos de aves a 90 km/h.

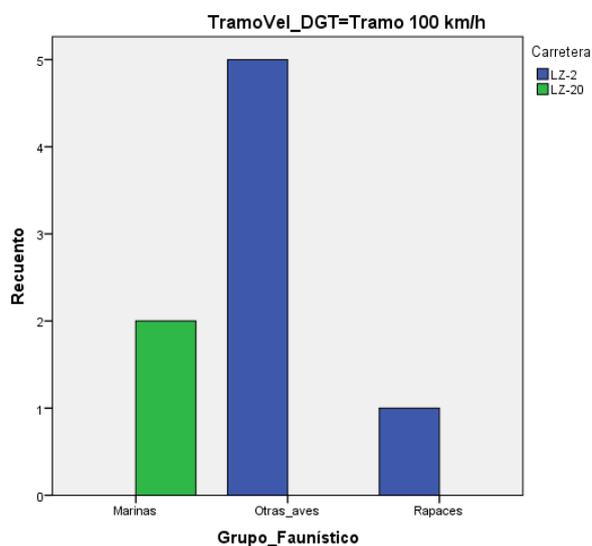


Gráfico 15. Siniestralidad de aves a 100km/h.

Los 32 tramos de 80 km/h registraron la mayor siniestralidad con un total de 55 casos en sus 64´4 km. Paseriformes, otras aves y esteparias fueron las más afectadas. Las carreteras que presentaron una mayor siniestralidad fueron **LZ-1, LZ-10 y LZ-401**.

Los 427 km digitalizados para esta velocidad se dividieron en un total de 16 tramos. Se registraron un total de 44 casos, siendo las aves marinas y las esteparias los grupos más afectados. Las carreteras que presentaron una mayor siniestralidad fueron **LZ-402, LZ-2 y LZ-34 (gráfico 14)** Por último, se digitalizaron un total de 195 km agrupados en 6 tramos para los que la velocidad máxima permitida por la DGT es de 100 km/h. La red de carreteras insular sólo posee 2 tramos de autovía en la LZ-2 y LZ-20 donde es posible circular a 100 km/h. Para dichos tramos la siniestralidad con aves tuvo lugar en 3 grupos, de los cuales el grupo **otras aves** mostró el mayor número de registros (**Gráfico 15**).

- Distribución de los atropellos de la clase aves en base a la velocidad y la intensidad media de tráfico (IMD en miles de veh/día)

En esta descripción de la distribución de los casos de atropellos en base a la IMD se estableció una codificación numérica en base a la cantidad de vehículos por día:

- CodIMD=1, IMD<2.500 veh/día
- CodIMD=2, IMD entre 2.500-5.000 veh/día
- CodIMD=3, IMD entre 5.000-7.500 veh/día
- CodIMD=4, IMD entre 7.500-10.000 veh/día
- CodIMD=5, IMD>10.000 veh/día

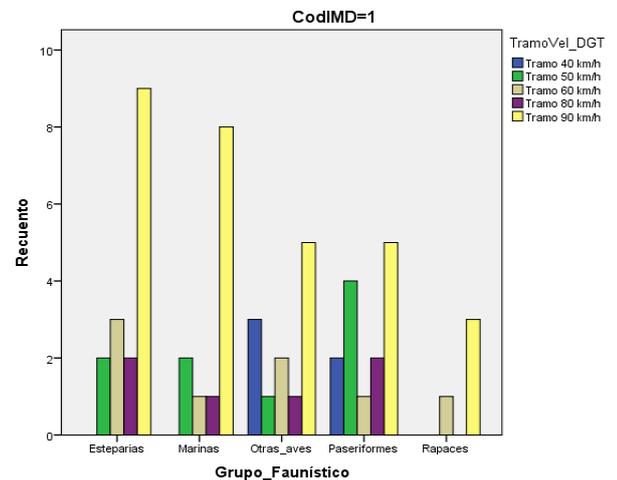


Gráfico 16. Registros de aves en tramos con intensidades de tráfico inferiores a 2.500 vehículos por día.

Para el total de los tramos de carreteras, 58 tramos con una longitud total de 702 km, con IMD inferior a 2500 veh/día sondeados se registraron un total de 58 casos de atropello (Gráfico **CodIMD=1**). La mayor siniestralidad de aves se registró en aquéllos en los que la DGT establece como velocidad límite los 90 km/h, con un total de 30 casos, de los cuales, 9 correspondieron a **aves esteparias** y 8 a **aves marinas**. Para el resto de grupos la siniestralidad fue menor a esta velocidad. Para los tramos de 60 km/h y 50 km/h se documentaron 9 y 8 casos respectivamente, destacando las aves esteparias en el caso de los tramos de velocidad permitida de 60 km/h. De manera general el grupo más afectado estas intensidades de tráfico fueron las aves esteparias.

Para los tramos de carreteras con IMD comprendida entre 2.500 y 5.000 veh/día (Gráfico **CodIMD=2**), (**gráfico 17**) se registraron un total de 57 casos. Destacando la siniestralidad en los tramos de 60 y 80 km/h con un registro de 22 y 13 casos respectivamente. Siendo las aves marinas, las aves esteparias y el grupo otras aves las más afectadas a la velocidad de 60 km/h. De manera general el grupo más afectado para estas intensidades de tráfico fue el grupo denominado **otras aves** con 20 casos, repartidos casi equitativamente entre los tramos de menor velocidad. Para este tipo de intensidad se digitalizaron 72 tramos que sumaron una longitud de 54´6 km.

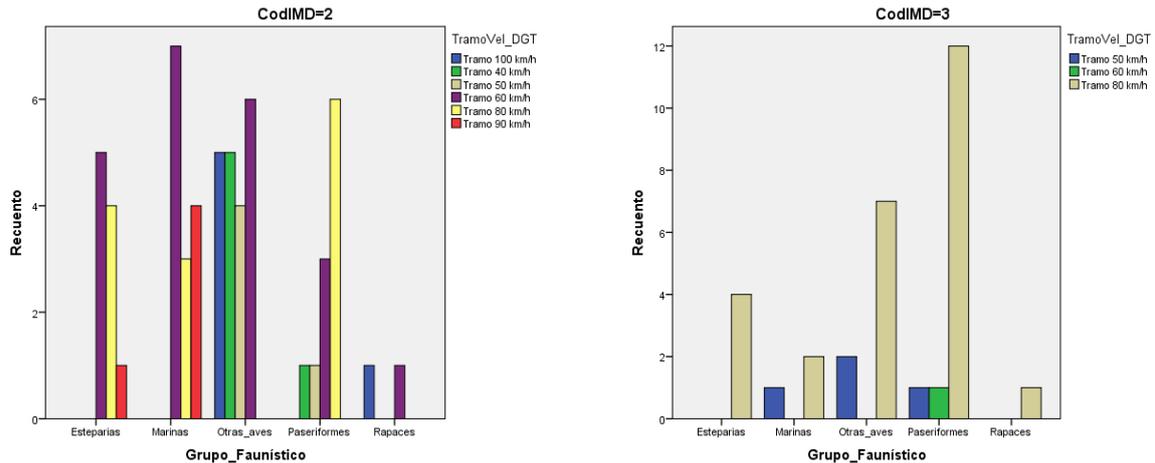
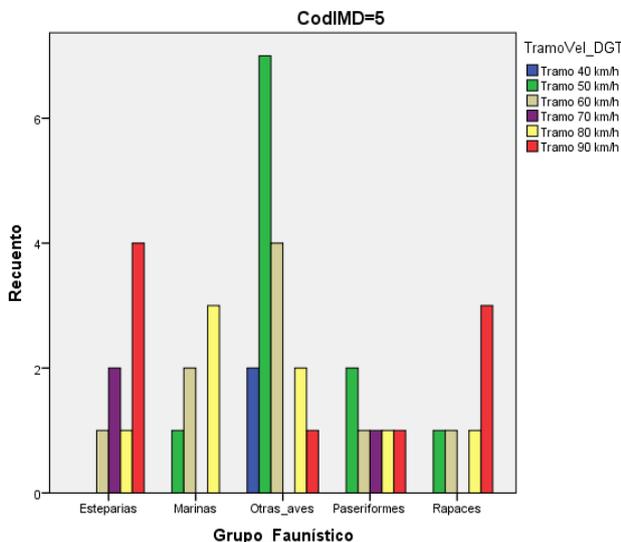


Gráfico 17 y Gráfico 18. Atropellos para las intensidades de 2.500-5.000 veh/día y 5.000-7.500 respectivamente.

En cuanto al grupo formado por los tramos con una IMD comprendida entre 5.000 y 7.500 veh/día, (**CodIMD=3**) se registraron datos para un total de 31 casos. Destaca sobremanera el elevado número de registros para los tramos de 80 km/h, en especial de paseriformes, con 12 casos. De este tipo de intensidad de tráfico se digitalizaron un total de 35´6 km repartidos en 48 tramos (**gráfico 18**).



Por último para los casos localizados en tramos de IMD comprendida entre 7.500 y 10.000 veh/día (Gráfico **CodIMD=4**) y los localizados en tramos con IMD superior a 10.000 veh/día (**CodIMD=5**), se documentaron 9 y 42 casos respectivamente. Destaca la mortalidad registrada para el grupo **otras aves** con recuento total de 16 casos. (**Gráfico 19**).

Gráfico 19. Distribución de los atropellos registrados a intensidades de más de 10.000 veh/día.

- Descripción de la distribución de los atropellos de la clase aves en base a la categoría de ocupación y carreteras estudiadas

Del total de categorías de ocupación en tan sólo 5 se registraron datos reseñables. Para la categoría de **arenales** se registraron 18 casos de atropellos localizados en el itinerario oeste. Aves esteparias (con 7 casos), marinas (5 casos), y paseriformes (4 registros) fueron los grupos que mostraron un mayor número de bajas. Otra de las categorías que mostró una mayor siniestralidad de fauna fue la de **matorral** con 29 atropellos localizándose 13 de ellos en la carretera LZ-10 y 5 tanto en la LZ-1 y LZ-2. Para esta categoría los grupos faunísticos más afectados fueron los paseriformes y las aves esteparias con 10 y 8 casos respectivamente. (Ver **gráfico 20** y **21**)

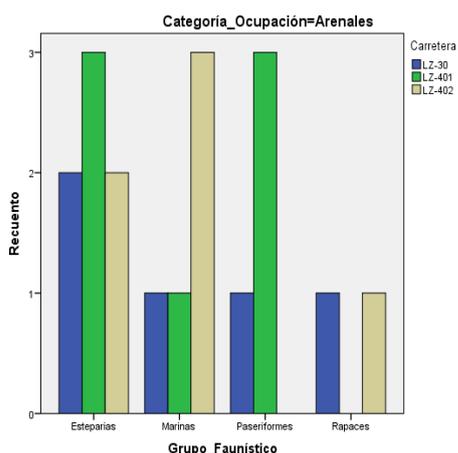


Gráfico 20. Registros de atropellos para la categoría **arenales**.

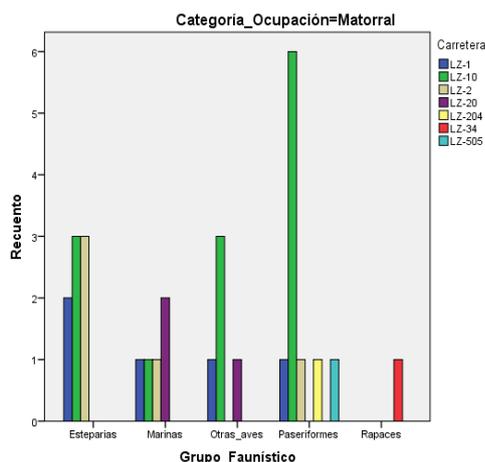


Gráfico 21. Atropellos para la categoría de **matorral**.

Para la categoría de ocupación de **roquedos/malpáis** fueron 21 los casos registrados, con el grupo de aves marinas y paseriformes como los más afectados, con 6 y 5 casos. Las carreteras **LZ-2** y **LZ-34** fueron las que presentaron una mayor siniestralidad de aves con 7 y 5 casos. (Ver **gráfico 22**).

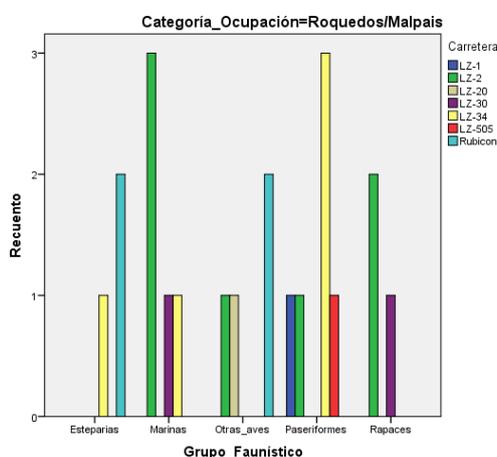


Gráfico 22. Colisiones registradas por carretera en la categoría de roquedos

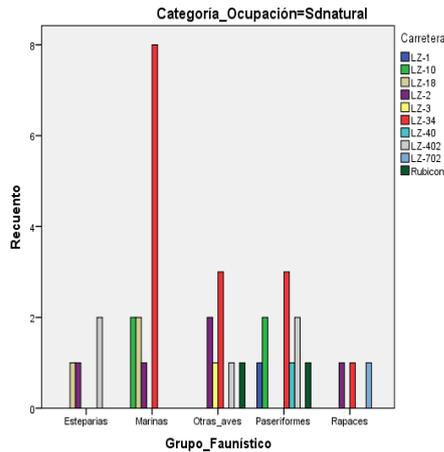


Gráfico 23. Siniestralidad registrada para la categoría de suelo desnudo natural

Para la categoría de **suelo desnudo natural** hubo un total de 38 casos, con un recuento de 15 casos en el caso de la **LZ-34**, para **LZ-2** y **LZ-402** fueron 5 los casos. Los grupos de las aves marinas y paseriformes fueron los más afectados con 13 y 10 casos. (Ver **gráfico 23**).

La categoría de ocupación con más casos de siniestralidad fue la categoría **mixta de matorral y cultivos herbáceos** (**gráfico 24**) En esta categoría hubo un recuento de 49 registros con el grupo otras aves y aves esteparias como los más afectados para los que se registraron 19 y 12 casos. Las infraestructuras que presentaron una siniestralidad mayor para esta categoría fueron la **LZ-20** y **LZ-34** con 13 y 10 casos. En un segundo orden la **LZ-1** con 6 atropellos.

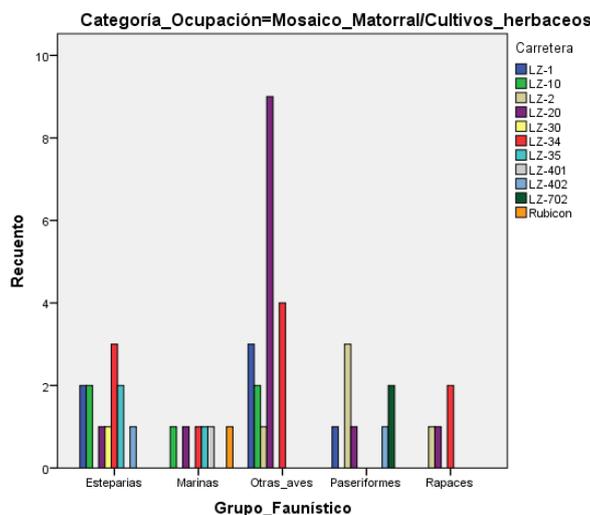


Gráfico 24. Recuento de las colisiones para la categoría mixta de matorral y cultivos herbáceos

La categoría de **suelo urbano/superficies artificiales** presentó un total de 22 registros. Esta categoría se caracterizó por la baja diversidad de grupos faunísticos, siendo el grupo de otras aves y el grupo de passeriformes los únicos afectados, destacando con 17 casos el grupo de otras aves. Para el caso de la categoría de **vid** fueron 6 los casos contabilizados. (Ver **gráfico 25**)

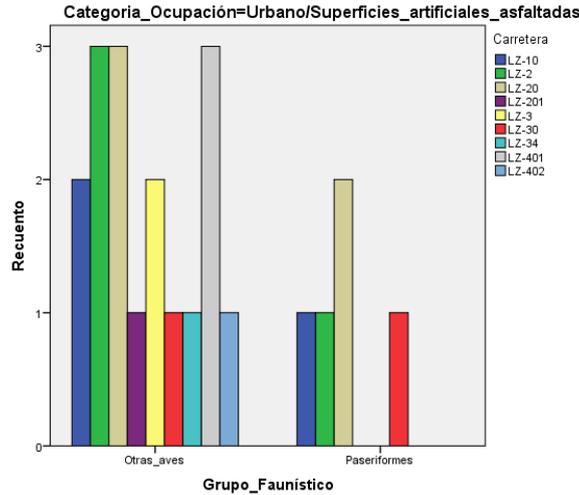


Gráfico 25. Distribución de atropellos para la categoría de suelo urbano

- Descripción de las distribución de los atropellos de la clase aves en base a la categoría de ocupación y velocidad

Para la categoría de ocupación de **arenales/jable** los tramos de 80 km/h y de 90 km/h mostraron la mayor siniestralidad para todos los grupos en general, obteniéndose 18 casos de atropellos en el recuento, mientras que la categoría de **matorral** se caracterizó por una mayor abundancia de registros

en los tramos de 70, 80 y 100 km/h. Para el caso particular de esteparias y passeriformes, estos 2 grupos fueron los más afectados en los tramos de velocidad máxima de 80 km/h con 5 y 6 casos respectivamente. (Ver **gráficos 26** y **gráfico 27**).

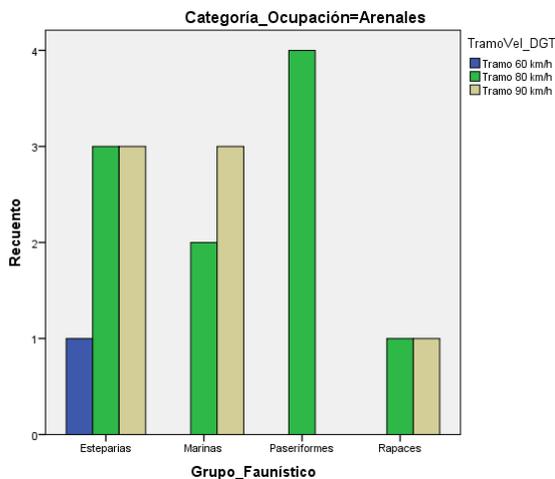


Gráfico 26. Atropellos en los diferentes tramos de velocidad para la categoría de arenas

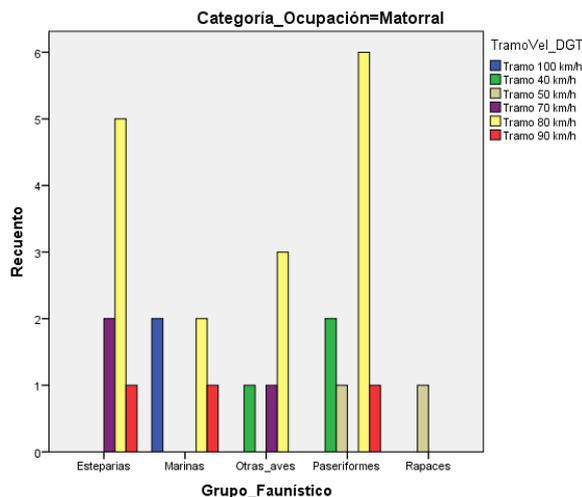


Gráfico 27. Atropellos en la categoría de matorral a diferentes velocidades

Para la categoría de **roquedos/malpaís** se contabilizaron 21 casos, repartidos en los tramos de 80 y 90 km/h mostraron la mayor siniestralidad con 6 y 10 casos; siendo los paseriformes y en segundo lugar las aves marinas los grupos más afectados. (Ver **gráfico 28**).

La categoría **mixta de matorral y cultivos herbáceos** presentó un mayor número de impactos, con un total de 49, repartidos en mayoritariamente entre los tramos de 50, 60, 80 y 90 km/h, siendo el grupo otras aves y el grupo de las esteparias los más afectados. (**Gráfico 29**).

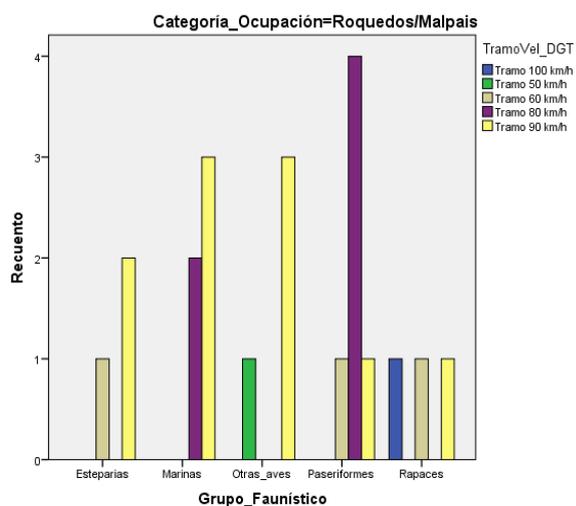


Gráfico 28. Registros en roquedos

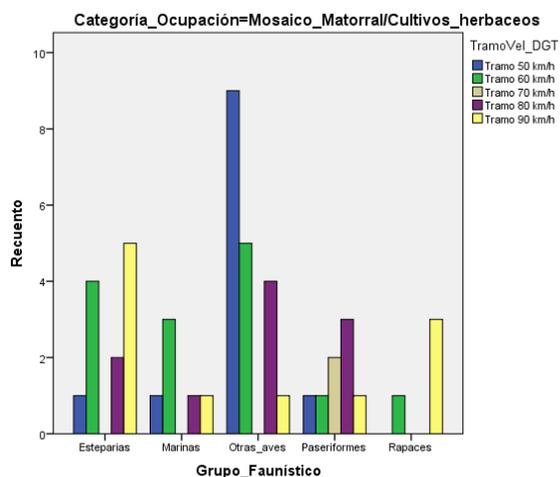


Gráfico 29. Registros para la categoría mixta de matorral y cultivos herbáceos.

En la categoría mixta de **suelo desnudo natural** se contabilizaron un total de 8 casos, localizados fundamentalmente, en los tramos de 60 y 100 km/h. Los grupos más afectados fueron las **aves esteparias** y el denominado **otras aves**.

Por último, en el recuento de la categoría de **suelo urbano/superficies artificiales**, fueron 22 los casos registrados, principalmente en los tramos de 40 km/h y de 50 km/h.

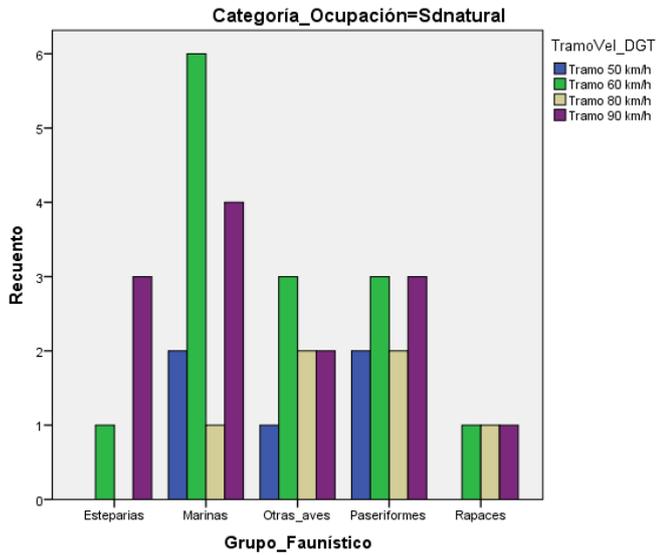


Gráfico 30. Recuento en la categoría de suelo desnudo natural para la velocidad máxima permitida por la DGT.

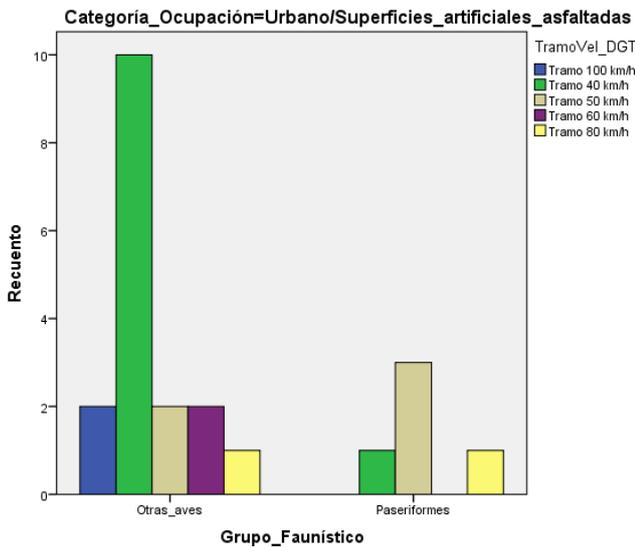


Gráfico 31. Recuento del total de registros de aves para la categoría de suelos urbanos.

4.4 Mortalidad en la clase mamíferos

De los 263 datos registrados para esta clase, comentado anteriormente, el 59'3% correspondieron a registros de erizo moruno (*A. algirus*) con 156 colisiones mientras que para conejo (*Oryctolagus cuniculus*) se registraron 103 atropellos que supusieron el 39'1% de la clase. Para roedores del género *Rattus* apenas si se registraron 4 colisiones que supusieron un 1'5%. Los atropellos de esta clase fueron registrados en el total de carreteras estudiadas en altas concentraciones, destacando los trazados de **LZ-402, LZ-1, LZ-2, LZ-10, LZ-401** y **Rubicón** (gráfico 32). Debido a la metodología de muestreo cabe esperar que la tasa de atropellos sea mayor para las especies de menor tamaño por lo que especies del género *Rattus* deben mostrar número de atropellos mayor.

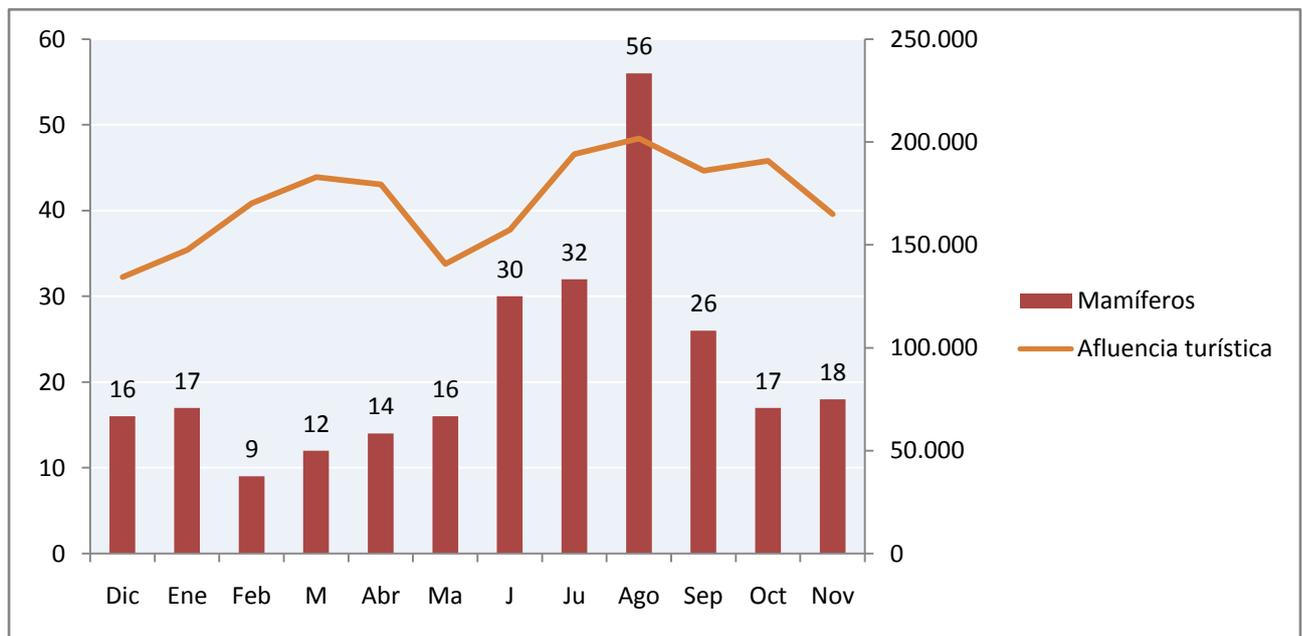


Gráfico 32. Recuento mensual para el grupo de mamíferos. Se aprecia que presenta una tendencia en distribución mensual similar a la del grupo de las aves.

En relación a la velocidad, la distribución del grueso de los atropellos de mamíferos se localizó principalmente en los tramos de velocidad de 60, 80 y 90 km/h, con un recuento de 207 casos, casi el 79% del total de registros. La suma de km totales digitalizados para estos 3 tipos de tramos supera los 150 kilómetros lo que supone más del 65% de la longitud total del muestreo. Los de 10 tramos de 70 km/h y los 6 de 100 km/h se presentaron como una ruptura de esta tendencia para los cuales tan sólo se registraron 12 y 13 casos respectivamente. Por otro lado el número de registros para tramos de 40 km/h y 50 km/h osciló entre los 16 y los 18 casos, si bien estos dos tipos de tramos de velocidad no superan el 22% del total de kilómetros sondeados.

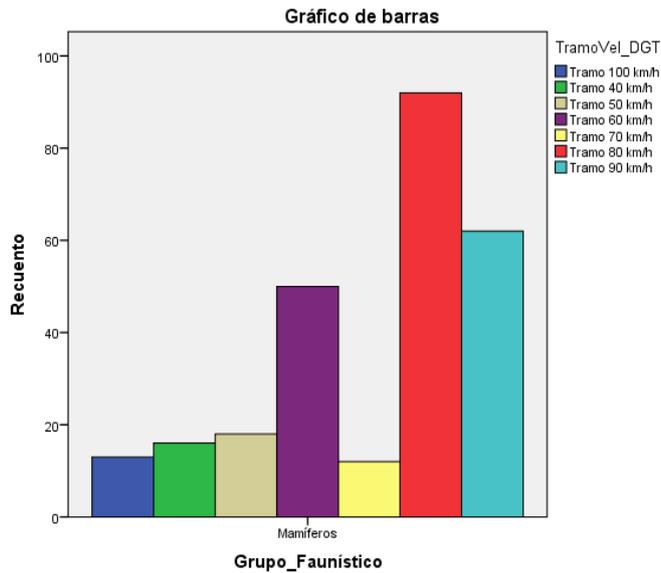


Gráfico 33. Recuento total de los atropellos de mamíferos para los diferentes tramos de velocidad. Comparativamente se observa la mayor siniestralidad de los tramos de 80 km/h en un segundo nivel de siniestralidad se encontrarían los tramos de 60 y 90 km/h.

- Descripción de las distribución de los atropellos de la clase mamíferos en base a la velocidad

El recuento de casos de colisiones de mamíferos para los 26´8 kilómetros para los que la DGT impone el límite máximo en 40km/h se documentó un total de 16 atropellos, localizándose el mayor número de casos en la carretera **LZ-201** un total de siete. Para el resto de carreteras la siniestralidad de mamíferos registró en un bajo número por carretera no superando los 2 impactos (**gráfico 34**).

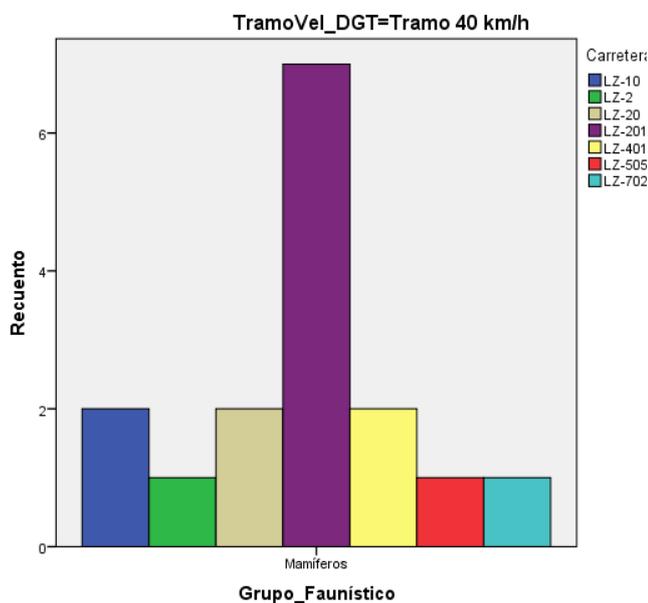


Gráfico 34. Recuento de siniestralidad en tramos de 40 km/h.

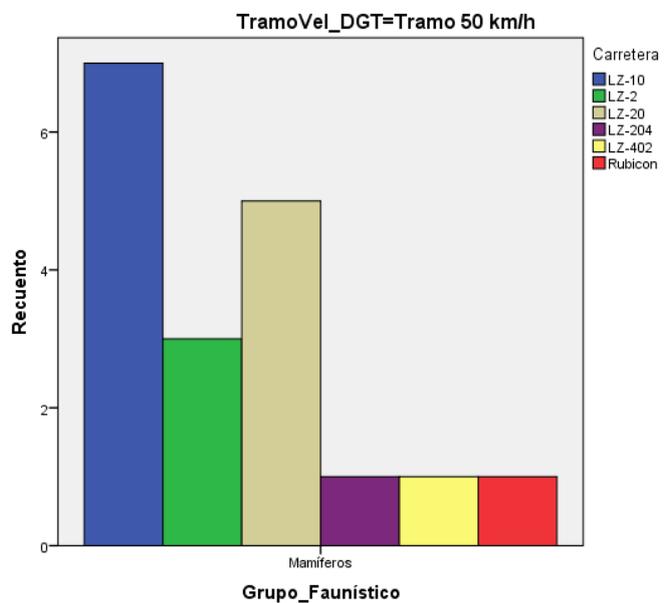


Gráfico 35. Recuento de siniestralidad en tramos de 50 km/h.

Para los 24´6 kilómetros digitalizados de velocidad de 50 km/h (**gráfico 35**) se contabilizaron un total de 18 muertes de mamíferos, mostrando la localización en la carretera LZ-10 de un total de 7 casos y la LZ-20, un recuento de 6 mamíferos. Para la LZ-2 se documentaron 2 casos.

Respecto a los tramos de 60 km/h, se digitalizaron un total de 45´1 kilómetros con una siniestralidad de 50 colisiones. Fueron las carreteras LZ-34, LZ-201, LZ-10 y LZ-35 las que mostraron un mayor número de casos con 12, 10, 7 y 7 casos respectivamente (**gráfico 36**).

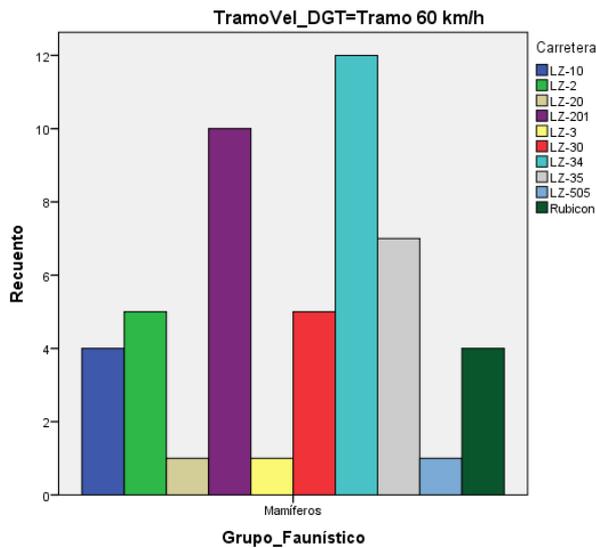


Gráfico 36. Recuento de mamíferos para los tramos de 60 km/h.

Para los 7´7 km del total de carreteras objeto de estudio para los que la velocidad está limitada a un máximo de 70 km/h se contabilizaron un total de 12 casos, localizados 11 de ellos en la carretera LZ-2.

En los 63´4 km limitados a 80 km/h se documentaron un total de 92 muertes. Se localizaron principalmente en la LZ-1, con un total de 32 casos, la LZ-10 con un total de 21, y en la LZ-2 para la que se registraron un total de 12 muertes. Para el resto de carreteras se registraron un menor número de bajas, destacando únicamente las LZ-401 y LZ-702 con 7 y 6 casos respectivamente. (**Gráfico 37.**)

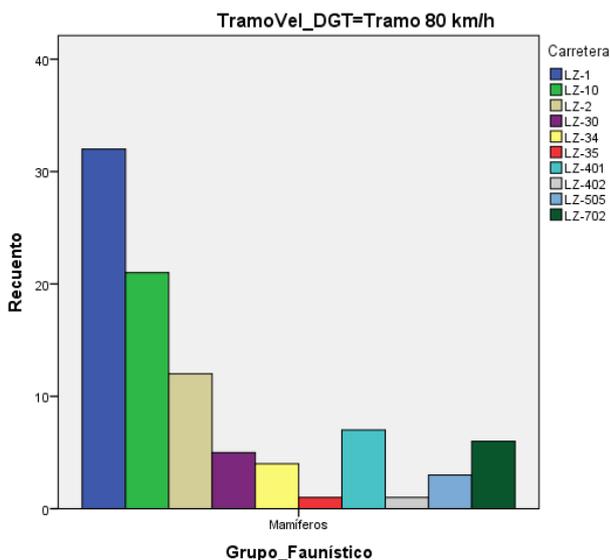
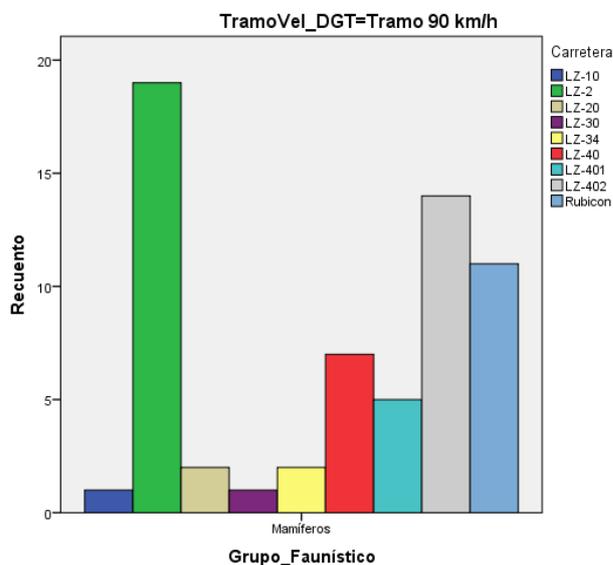
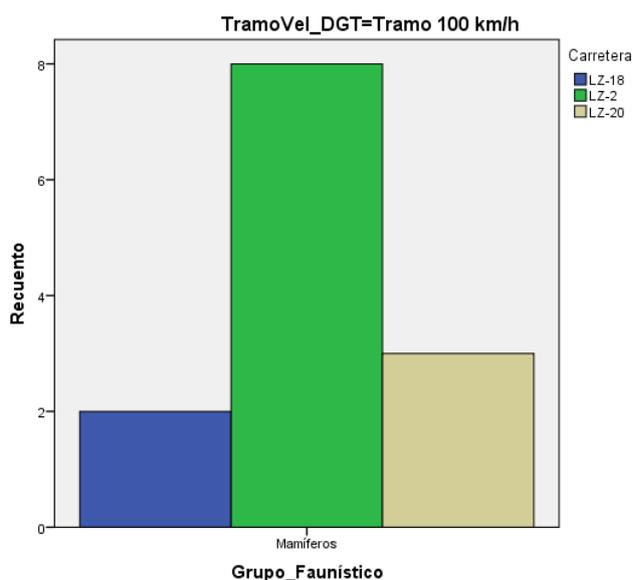


Gráfico 37. Mortalidad en los diferentes tramos de 80 km/h. La vía LZ-1 y LZ-10 destacan por el alto número de registros en relación al resto de carreteras.



Finalizando, para el total de 42'17 km limitados a 90 km/h se llevo a cabo un recuento de 62 impactos, localizándose principalmente en la LZ-2, LZ-402 y Rubicón para los que se contabilizaron 19, 14 y 11 casos de muertes respectivamente. En un segundo plano para la LZ-40 se registraron un total de 7 casos. (Ver **gráfico 38**).

Gráfico 38. Atropellos de mamíferos en los tramos de 90 km/h.



Los tramos de 100 km/h, con una longitud total de 19'5 m, registraron una siniestralidad de 13 animales, localizados principalmente en la LZ-2. El resto de tramos de carreteras presentaron una baja mortalidad. (Ver **gráfico 39**).

Gráfico 39. Siniestralidad de los tramos de 100 km/h. Tan sólo estas 3 carreteras en toda la isla presentan esta característica; se localizan en las inmediaciones de la capital.

- Descripción de la distribución de los atropellos de la clase mamíferos en base a la IMD

Agrupando esta distribución en base a la variable IMD (intensidad media de tráfico) nos ofrece una descripción más detallada. Así para tramos con intensidades de tráfico menores a 2.500 veh/día (Gráfico **CodIMD=1**), con una longitud total de 70´2 kilómetros dividida entre los 58 tramos anteriormente citados en apartado anterior, se obtuvo un recuento total de 83 atropellos de los cuales 43 se localizaron en los tramos de 90 km/h, siendo éstos los que presentaron la mayor siniestralidad (**gráfico 40**). El segundo tipo de tramos donde se registró una alta siniestralidad fueron los tramos de velocidad máxima permitida de 60 km/h. El gráfico **CodIMD=2** muestra la distribución de atropellos para intensidades comprendidas entre 2.500 y 5.000 vehículos diarios, de longitud total de 54´6 km, y para esta categoría se observó una siniestralidad algo menor con 47 casos, localizados principalmente en los tramos de 60 y 80 km/h con 17 y 11 mamíferos atropellados respectivamente. Cabe reseñar el bajo número muertes para los tramos de 40 y 50 km/h al igual que ocurría para el conjunto de registros anterior de $IMD < 2.500$. (**Gráfico 41**).

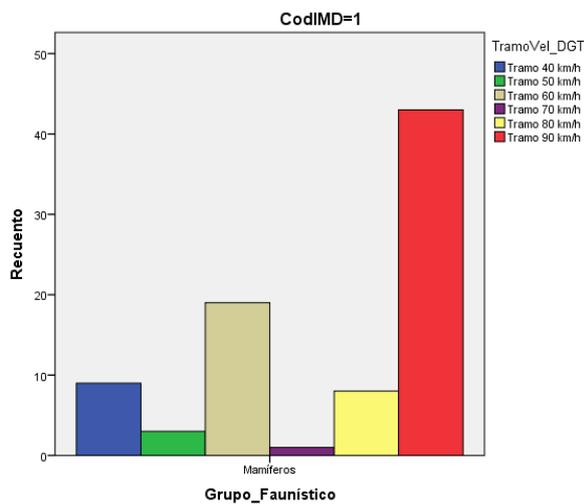


Gráfico 40. Siniestralidad de mamíferos para $IMD < 2.500$ veh/día.

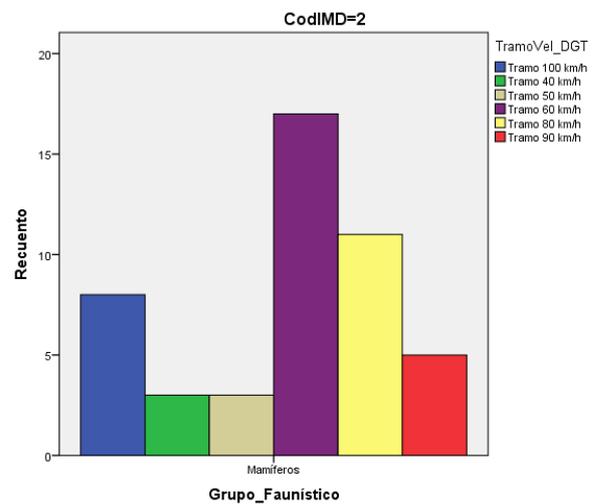


Gráfico 41. Siniestralidad para mamíferos registrada en tramos de IMD comprendida entre 2.500 y 5.000 veh/día.

La siniestralidad más alta se registró en los 35´6 km para los que la intensidad media de tráfico osciló entre los 5.000 y 7.500 veh/día, (**CodIMD=3**) alcanzándose un total de 64 mamíferos atropellados. El mayor número de impactos se limitó exclusivamente a los tramos de velocidad de 80 km/h, con

un total de 56. El resto de tramos registraron unas siniestralidades muy bajas, por debajo de 5 registros.

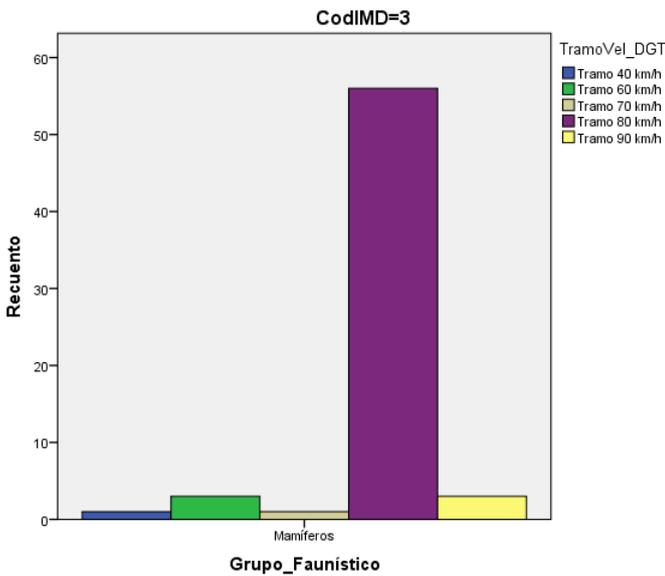


Gráfico 42. Recuento de mamíferos para IMD entre 5.000 y 7.500 veh/día. Destaca la siniestralidad a 80 km/h con más de 50 registros de mamíferos.

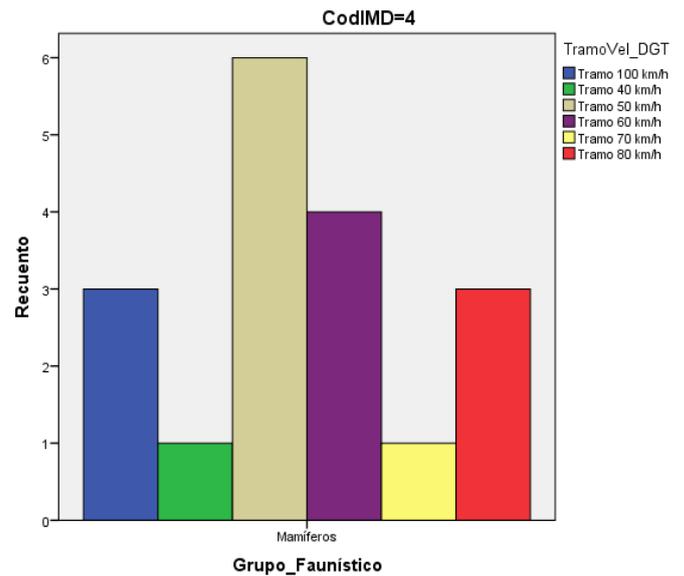


Gráfico 43. Recuento de mamíferos para IMD entre 7.500 y 10.000. Tramos de 50 y 60 km/h fueron los que más mamíferos aportaron.

Fue el grupo de tramos de IMD comprendida entre 7.500 y 10.000 veh/día (**CodIMD=4**) y 13´5 kilómetros de longitud el que presentó el menor número de colisiones, con un total de 18 mamíferos; siendo los tramos de 50 km/h y 60 km/h los que agruparon un mayor número de colisiones. Por último, para el conjunto de tramos de carreteras con intensidad superior a 10.000 vehículos se registraron un total de 51 impactos, de los cuales 14 y 11 se localizaron para velocidades de 80 y 90 km/h. La menor siniestralidad se registró a velocidades de 40 y 100 km/h. (Ver **gráfico 43**).

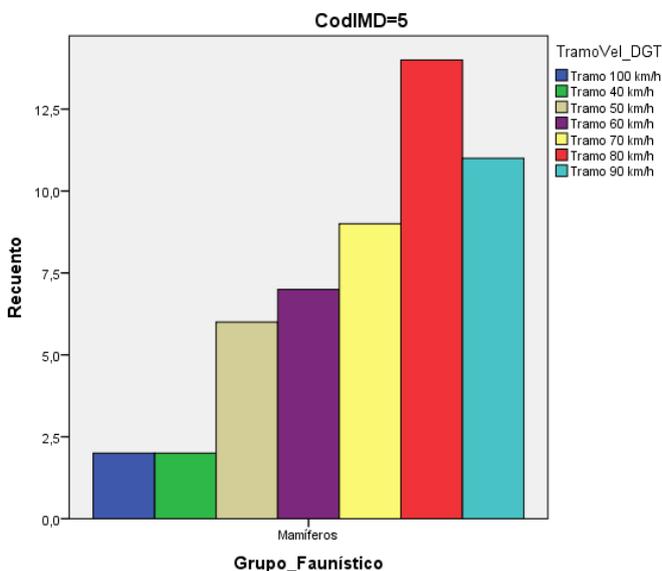


Gráfico 44. Recuento final para los tramos de máxima IMD (superior a 10.000 veh/día). Se observa más mortalidad que para algunos tramos que en otras intensidades.

- Descripción de la distribución de los atropellos en base a la categoría de ocupación y carreteras estudiadas

La categoría de ocupación de **arenales** presentó una siniestralidad de 24 casos, de los cuales el 50% se localizaron a lo largo de la carretera **LZ-402**. La **LZ-401**, con 6 casos, y el tramo más al norte de la **LZ-30**, con 5, conformaron el resto de infraestructuras con una siniestralidad reseñable en esta categoría de ocupación de suelo (**gráfico 45**). La categoría de **cultivos herbáceos** presentó un total de 13 registros, concentrándose principalmente entre la carretera **LZ-10** y la **LZ-401**. Para el resto de carreteras la siniestralidad presentó valores de 1 (**Gráfico 46**).

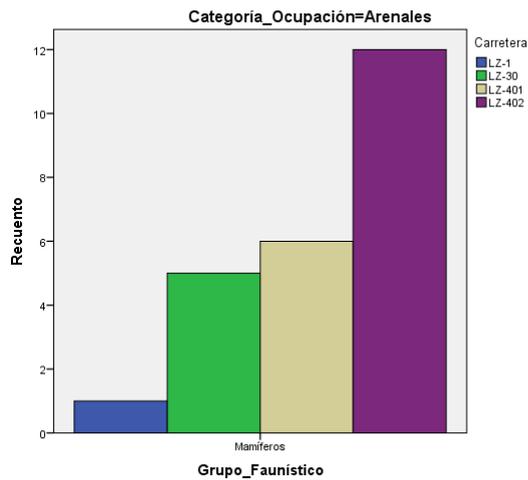


Gráfico 45. Siniestralidad documentada para la categoría de arenales. Principalmente se localizan en la zona norte.

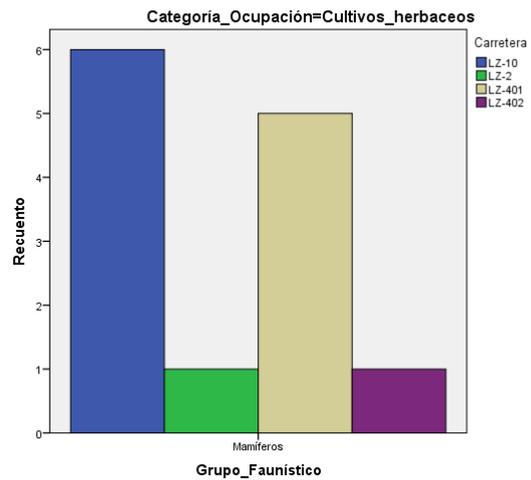


Gráfico 46. Recuento de registros para la superficie de cultivos.

Son las categorías de **matorral** y la categoría mixta de **matorral y cultivos herbáceos** las que contabilizaron las mayores siniestralidades con 55 y 49 impactos respectivamente (**gráfico 47**). En el caso concreto de la categoría de **matorral**, el mayor número de bajas de este grupo faunístico se localizó en la **LZ-10**, con 16 bajas registradas, seguida de la **LZ-2**, con 15. En un segundo nivel de siniestralidad se encontraron las vías **LZ-1**, con 9 colisiones y la **LZ-201**, con 8 mamíferos atropellados (**gráfico 48**).

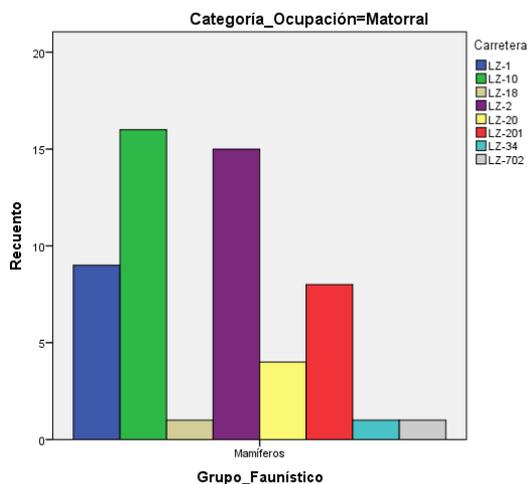


Gráfico 47. Mortalidad registrada para la superficie de matorral. LZ-10 y LZ-2 destacan sobre el resto

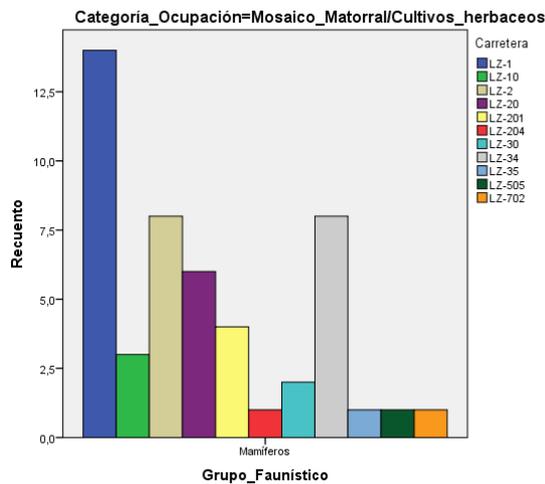


Gráfico 48. Recuento de siniestralidad para esta categoría mixta.

Para el recuento de atropellos en la categoría de **roquedos**, con un total de 39 mamíferos, se establecieron claramente 3 subgrupos de carreteras atendiendo a su número de bajas. Así, el primero se conformó de las vías **LZ-2** y **Rubicón** que, respectivamente, mostraron 13 y 12 bajas. El segundo se constituyó de la **LZ-34**, mostrando ésta 5 bajas, y la **LZ-40** para la que se registraron 4. Por último la menor abundancia de atropellos tuvo lugar en las vías **LZ-10**, **LZ-18**, **LZ-30**, **LZ-35** y **LZ-505** (**gráfico 49**). En cuanto a la categoría de **suelo desnudo natural**, siniestralidad total resultó ser de 31 mamíferos, destacando las 9 bajas contabilizadas para la **LZ-2** y la **LZ-702**, con 5 baja. Para el resto de carreteras, 3 bajas fue el valor predominante (**gráfico 50**).

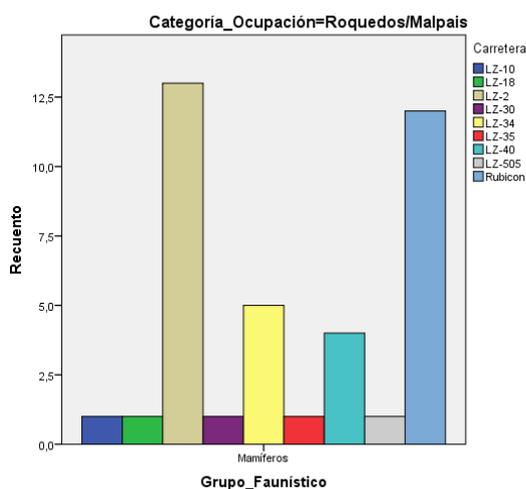


Gráfico 49. Recuento de la siniestralidad para la categoría de roquedos.

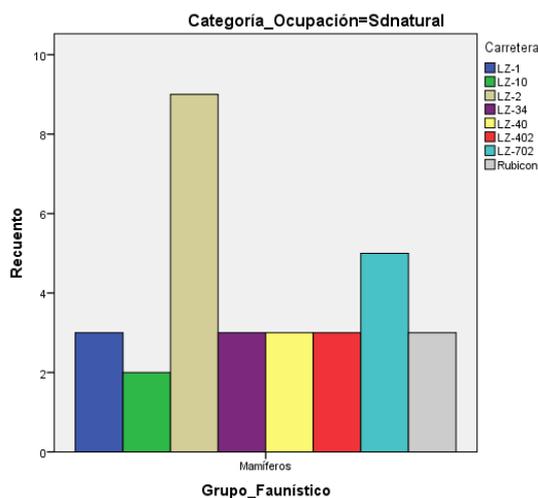


Gráfico 50. Recuento de siniestralidad en suelo desnudo

Las últimas categorías con un número de bajas destacable fueron la denominada **suelo urbano/superficies artificiales** y, en menor medida, la categoría de **vid**. En el **suelo urbano** el mayor número de registros se contabilizó a lo largo de la **LZ-2**, con un total de 9 bajas. El resto de infraestructuras presentaron valores bajos, destacando la **LZ-20** y **LZ-505** con 3 casos, cada una (ver **gráfico 51**). En la categoría de viñedos se registraron un total de 9 atropellos, localizados en la **LZ-201** y **LZ-30**; para la primera se registraron 5 casos y 2 en el caso de la segunda (**gráfico 52**).

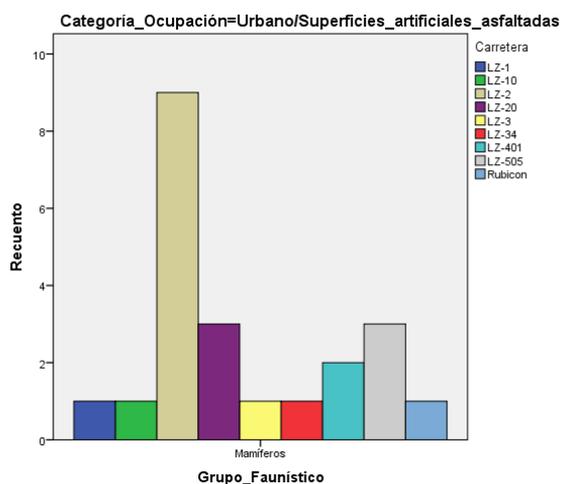


Gráfico 51. Recuento de siniestralidad de mamíferos en **suelo urbano**.

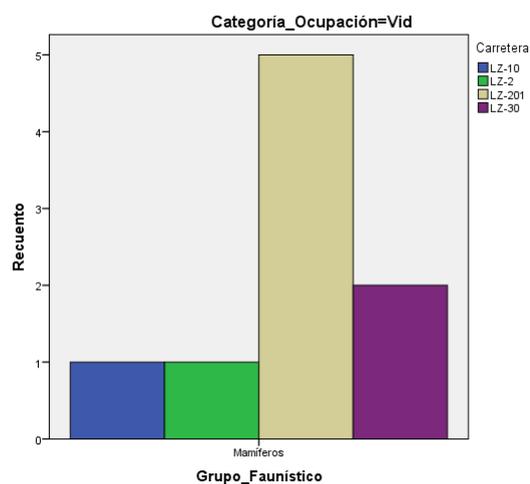


Gráfico 52. Recuento de siniestralidad de mamíferos en **suelo urbano**.

5. DISCUSIÓN

Revisando el total de datos registrados en el periodo de 12 meses desde noviembre de 2010 a diciembre de 2011 se ha podido caracterizar la problemática de las infraestructuras viarias a lo largo de la geografía de Lanzarote. El grupo faunístico más afectado fue el de mamíferos con un 57% de los datos (N=460). Para este tipo de trabajos de estudio de fauna atropellada existen multitud de métodos de muestreo que hace que la dificultad para una posible comparación con otros datos obtenidos sea más que considerable. Dependiendo del tipo de muestro llevado a cabo son numerosos los factores que entran en juego, así en el presente estudio a pesar de disponer de datos registrados a lo largo de 12 meses y abarcando casi la mitad de los kilómetros de infraestructuras asfaltadas y con valores de intensidades de tráfico representativas de la red insular, ya que parece obvio que los atropellos tiene lugar en las zonas donde el tráfico vehicular es intenso, no podemos afirmar de que las variables consideradas posean estadísticamente un efecto significativo.

Parece existir relación entre la tasa de atropellos y los niveles de intensidad media de tráfico (IMD), puesto que se asemeja levemente con las estimaciones consultadas en la Acción Cost-341 (Rossell et al., 2003) según la cuales las tasas de siniestralidad parece que se incrementan paulatinamente con el aumento de tráfico, hasta llegar a un nivel umbral de intensidad en que diversos factores como la contaminación acústica y lumínica pueden llegar a ejercer un efecto barrera y ahuyentar a la fauna de las inmediaciones de las infraestructuras. Para el caso concreto de las infraestructuras estudiadas casi el 49% de los tramos digitalizados presenta una IMD de entre 2.500 y 10.000 veh/día y una longitud de 103 km, mientras que para IMD inferiores a 2.500 veh/día la longitud fue de 70 km y para los tramos de más de 10.000 veh/día se superaron los 55 km. Mostrando por tanto unas índices de atropellos muy similares entre sí para los diferentes valores de IMD lo que se asemeja discretamente a las estimaciones consultadas. No se puede afirmar que nuestro estudio muestre patrones similares puesto que los largos periodos en los que las carreteras no fueron revisadas posibilitan que otras especies encuentren una fuente de alimento suplementario en las zonas aledañas la calzada y a su vez esto puede generar colisiones con estas últimas al acercarse a la calzada para alimentarse.

NºAtropellos	Longitud en km para IMD	Índice de atropello
141 (IMD<2.500 veh/día)	70´2 km*24 réplicas	0´08 colisiones/km
226 (2.500<IMD<10.000 veh/día)	103´8 km*24 réplicas	0´09 colisiones/km
93 (IMD>10.000 veh/día)	55´8 km*24 réplicas	0´06 colisiones/km

Muy relacionado con los valores de intensidad de tráfico parece estar la dificultad de localizar pequeños animales puesto que tras varias horas los animales pueden resultar seriamente dañados con lo que se dificulta la localización. Según algunos autores para infraestructuras con una IMD de 9.000 vehículos diarios la casi disgregación de aves de pequeño tamaño tras la colisión, como es el caso de muchas de las aves estudiadas en el presente trabajo, tiene lugar en torno a 1 día mientras que para aves de mediano tamaño esta disgregación hasta la imposibilidad de identificar la especie puede alcanzar alrededor de 2 días (Korhonen & Nurminen, 1987; Erritzoe *et al.*, 2003). Debido al tipo muestreo llevado a cabo, realizado con un automóvil y en el que durante varios días las carreteras no han sido sondeadas, sin duda conlleva una fuente de error. Otro problema que se plantea es la dificultad de detención del vehículo en tramos donde la intensidad de tráfico alcanza valores elevados lo que supone un obstáculo.



Foto12. Ejemplar de garcilla bueyera atropellado en una de las carreteras de la zona oeste de la isla cerca de la localidad de Famara. La fuente de alimento que esta especie encuentra en la carretera hace que sea una de las especies de aves que más atropellos presentase en el estudio. Otras especies como alcaravanes, alcaudones, cuervos y rapaces e incluso erizos encuentran invertebrados y restos de otros vertebrados en los márgenes de las calzadas incrementándose, así, el número de atropellos de estas especies. El periodo de falta de registros entre réplica y réplica seguramente ocasione una fuente de error en registros de aves de pequeño tamaño y conduzca a minusvalorar el impacto de las carreteras.

Para la velocidad permitida por la DGT no fue posible establecer si existe o no relación. En la bibliografía consultada sugiere que para valores de velocidad elevadas los vehículos pueden arrojar fuera de la calzada varios metros a los animales en el impacto lo que dificulta de manera considerable la localización del cuerpo. Otros estudios proponen que para velocidades por debajo de 40 km/h los atropellos son raramente ocasionados pero sin embargo en las zonas catalogadas como suelo urbano donde la velocidad máxima permitida no supera los 40-50 km/h se siguen sucediendo los atropellos. Además para esta variable entra en juego el factor humano de una manera decisiva puesto que la falta de señalización y otros factores conllevan a sobrepasar esos límites de velocidad (Erritzoe *et al.*, 2003). A continuación se muestra las diferentes siniestralidades registradas por velocidad y tipo de superficie.

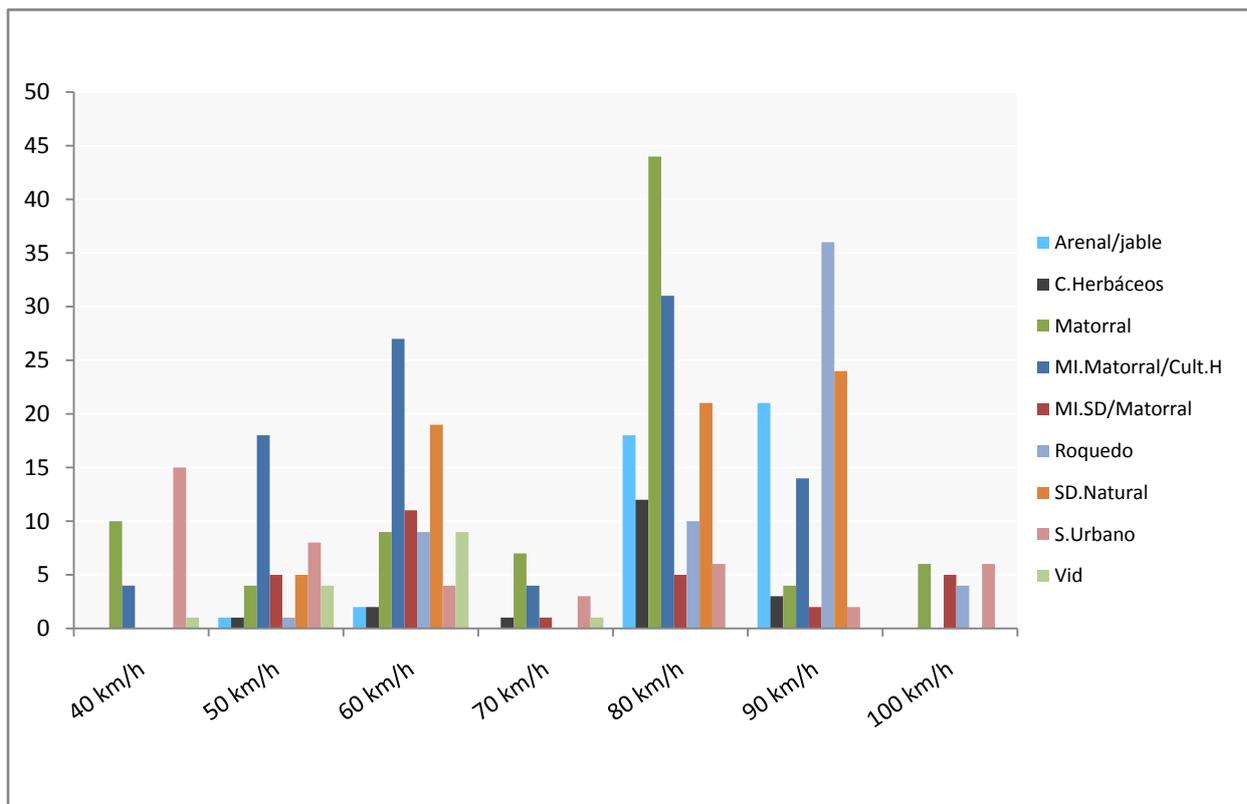
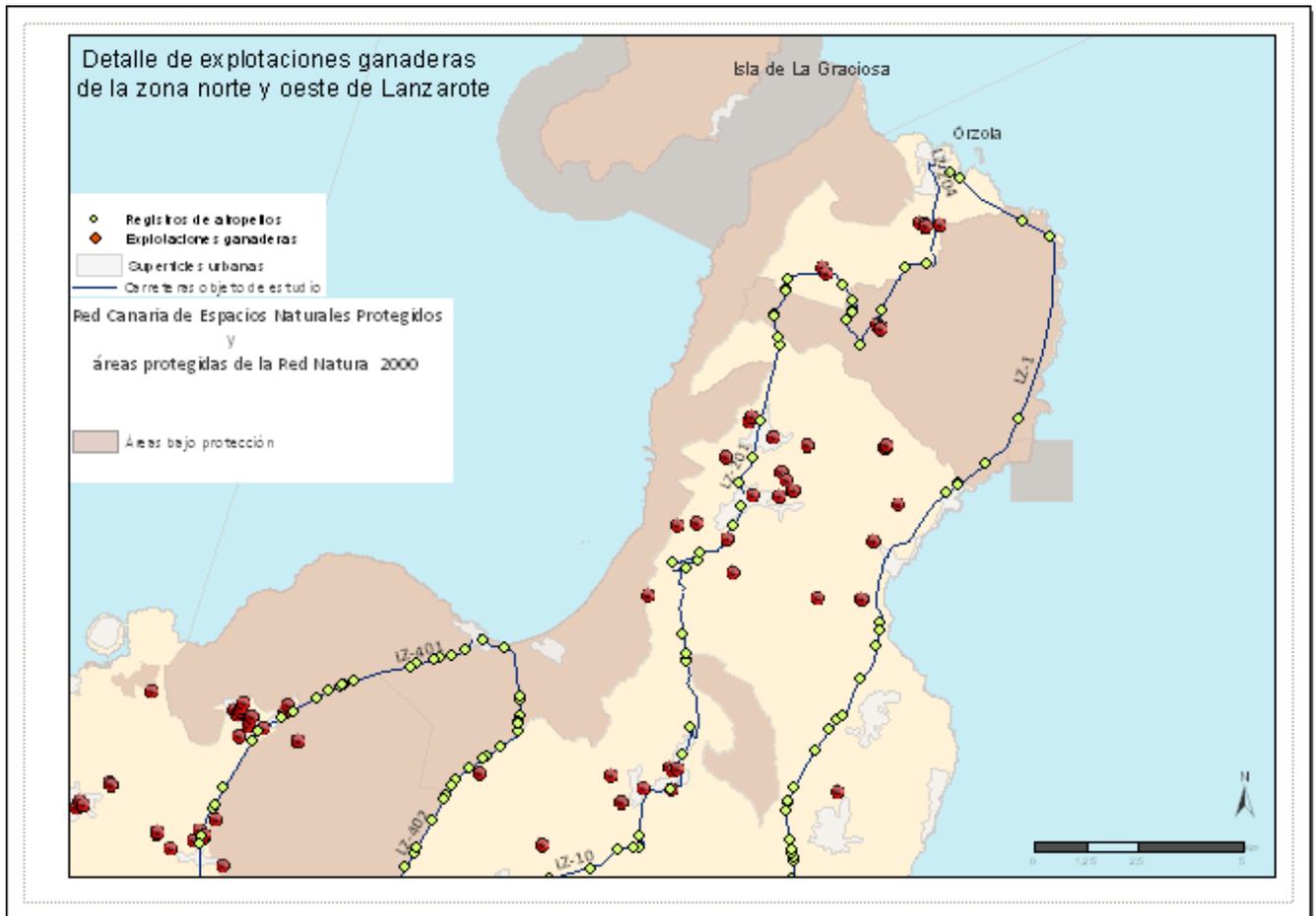


Gráfico 54. Distribución de los registros de atropellos para cada valor de velocidad digitalizados en la isla. Los tramos de 80 y 90 km/h fueron donde se registraron mayores valores de siniestralidad para todas las coberturas. Los tramos de 50 y 60 km/h también registraron valores representativos para todas las coberturas.

Numerosos trabajos sitúan las características de los hábitats colindantes a la carretera y a las características de la propia vía como un factor que puede determinar qué tipo de especies se pueden encontrar. Para áreas colindantes con bajas densidades de vegetación se espera que la tasa de atropellos sea menor que para las que presentan más vegetación. En nuestro estudio la categoría de ocupación que presentó una mayor siniestralidad fueron la categoría mixta de matorral/cultivos, la de matorral, la de suelo desnudo natural y la de roquedos (ver **gráfico 53**). Si además consideramos los grupos faunísticos que fueron registrados en dichas categorías, ya que en base a nuestros resultados hay que ser bastantes prudentes, por lo que se hace necesario realizar una caracterización más detallada de las características de los hábitats aledaños en relación a la altura de la vegetación, una caracterización de la densidad de la vegetación más adecuada, presencia o no de bordes en la carretera, vallado, presencia de ecotonos, la existencia o no de puntos o láminas de agua cerca, presencia de explotaciones ganaderas, centros zoológicos, et



Mapa 10. La presencia de explotaciones ganaderas en las inmediaciones de las carreteras podría proporcionar una fuente extra de recursos a la mayoría de especies de la isla. Integrar esta información en la *Geodatabase* permitiría barajar una información bastante valiosa para un estudio más detallado del impacto sobre la fauna.

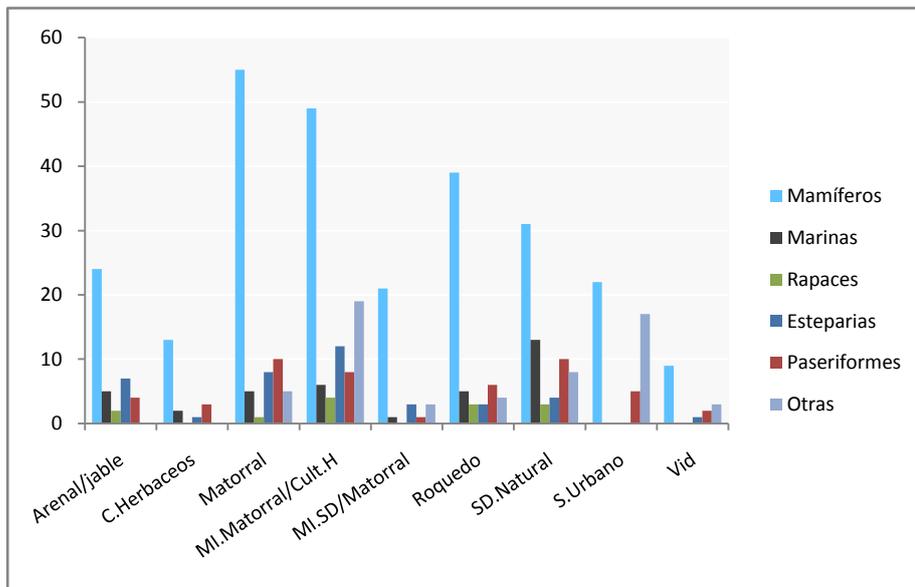


Gráfico 55. Histograma que muestra las diferentes siniestralidades que mostraron los grupos faunísticos estudiados para cada categoría de ocupación.

El papel que juega la afluencia turística en la isla de Lanzarote de los meses veraniegos y la franja etaria del turista, que se estima en torno a los 42,2 años de media, consiguen, sin lugar a dudas, incrementar el volumen de tráfico rodado de la isla debido al elevado alquiler de automóviles (Lanzarote posee 0,18 empresas de alquiler por 1.000 hab mientras que para el resto de España la cifra es de 0,04 empresas). Según datos del ISTAC de 2011 el parque insular de vehículos de alquiler en alta fue de 10.245 automóviles y el porcentaje de turistas que se desplazan mediante este tipo de transporte supera el 80% ya que permite un uso autónomo y a medida del turista. En el presente estudio no ha sido posible afirmar que ambos fenómenos estén relacionados. Comparando los datos obtenidos para afluencia turística y número de atropellos se observa que en los meses de mayo a septiembre es cuando se observa el mayor número de registros coincidiendo con los máximos de afluencia de turistas a la isla. Algunos autores comentan que la mayoría de las especies de aves son atropelladas principalmente en los meses de abril a septiembre lo que está relacionado por el comportamiento durante la época de reproducción (primavera-verano) que les hace reducir la atención y en consecuencia ser más proclives a sufrir atropellos. Del mismo modo que a al final de verano ejemplares jóvenes e inexpertos en busca de nuevos territorios son más susceptibles de ser atropellados. Por tanto no es posible afirmar que exista relación y deben existir otros factores que estén implicados en ese aumento de los atropellos. **(Gráfico 56).**

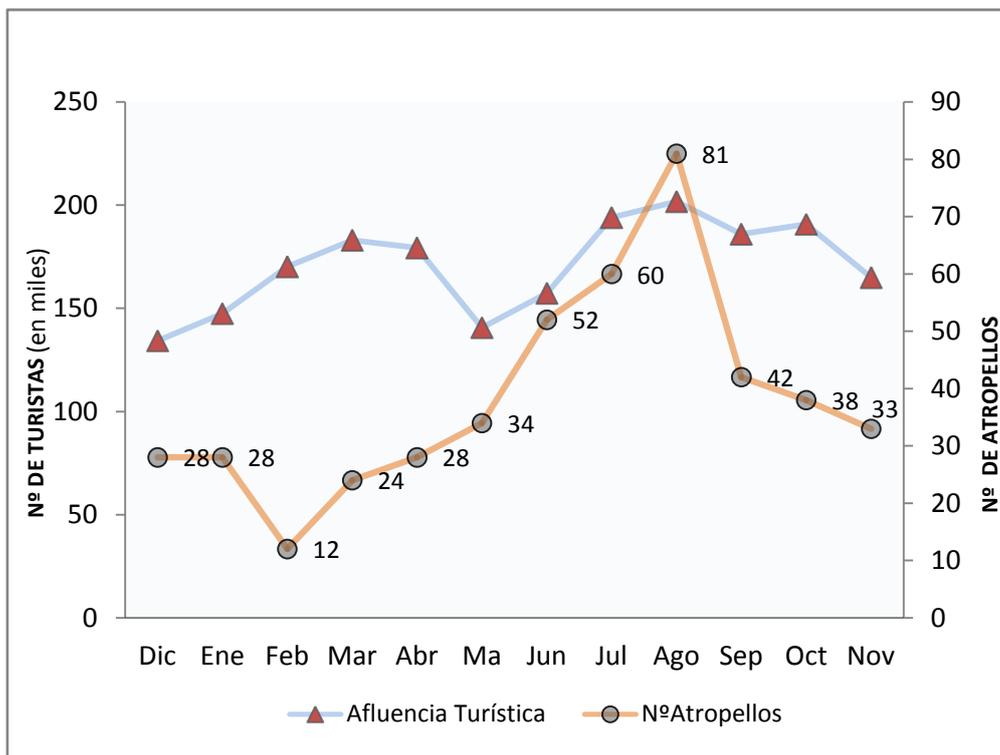


Gráfico 56. En este gráfico se muestra las diferentes siniestralidades a lo largo de los meses de estudio. Paralelamente se muestra los diferentes valores de afluencia turística que la isla de Lanzarote registró en 2011.

En relación al establecimiento de zonas de máxima peligrosidad queda pendiente un estudio más en profundidad de los mismos, puesto que debido al tamaño muestral con el que se ha trabajado resultan unos índices IKAS (n° atropellos por carretera/ n° km* n° réplicas) que son poco reveladores. Aplicando de estimación de densidad es posible determinar la presencia y localización de los tramos de carretera de máxima concentración de atropellos, siendo posible evaluar la probabilidad de que se produzca los atropellos lo que facilitaría la localización de medidas de mitigación o prevención de atropellos. En base a los IKAS obtenidos para cada una de las carreteras. Se observa que las carreteras de mayor índice de atropellos son **LZ-10, LZ-34, Rubicón, LZ-402 y LZ-401**. (Tabla 3). Llama la atención el valor de carreteras como **Rubicón, LZ-35 y LZ-505** que presentan un IKA menor que otras carreteras pero en relación a su longitud presentan un número considerable de bajas.

El establecimiento de posibles soluciones integradas se antoja como un importante reto para mitigar el impacto de la red viaria en Lanzarote debido a las singularidades de ésta. La primera medida a realizar sería un detallado análisis del efecto barrera que consiste en la identificación de los puntos o tramos de cada una de las carreteras ya existentes que entran en conflicto con diversos elementos naturales y que se muestren como zonas de paso preferentes para la fauna o bien posean características como la de conformar un hábitat de interés. Es en estas zonas donde hay que aplicar las medidas pertinentes como disminución del tráfico rodado y un control exhaustivo de la velocidad.

El diseño de medidas que faciliten las conexiones y disminuyan la mortalidad debe adaptarse, en el caso de Lanzarote, a las estructuras ya existentes. Primeramente ya tras el proceso de digitalización de los tramos de velocidad (usando la herramienta Street-View), Lanzarote carece de una señalización vertical adecuada, pues sólo es posible encontrar en el itinerario estudiado señales informativas de paso de fauna en dos puntos: en un tramo de la LZ-1 situado en el Monumento Natural de la Corona y en un punto de la LZ-30 incluida en la zona de La Geria. En cuanto a la señalización de control de la velocidad esta se presenta insuficiente puesto que existen numerosos tramos de carretera que carecen de las mismas lo que puede ocasionar que se conduzca con exceso de velocidad.



Foto 13. Tramo de la LZ-401 cerca de Famara. La ausencia de señalización que regule la velocidad e indicaciones de presencia de fauna puede ocasionar un exceso de velocidad.

Tabla 3. Valores de IKA para cada carretera.

Carretera	Nºatropellos	Km_recorridos* 24 réplicas	IKA
LZ-10	63	16,7	0,16
LZ-34	50	13,7	0,15
Rubicón	24	7	0,14
LZ-402	30	10	0,13
LZ-401	28	11,3	0,10
LZ-2	88	38,8	0,09
LZ-20	36	17,2	0,09
LZ-35	14	6,7	0,09
LZ-201	19	9,1	0,09
LZ-505	7	3,7	0,08
LZ-702	11	6,3	0,07
LZ-1	46	32,8	0,06
LZ-30	24	23,3	0,04
LZ-40	8	7,8	0,04
LZ-18	5	5,3	0,04
LZ-3	4	5,1	0,03
LZ-40	8	7,8	0,04
LZ-204	3	5,6	0,02

6. CONCLUSIONES

El uso de los Sistemas de Información Geográfica se presenta como una herramienta muy adecuada en este tipo de estudios puesto que permiten la integración de toda la información recopilada, un rápido manejo de la misma y ofrecen la posibilidad de elaborar de diferentes cartografías, partiendo desde los mismos datos, en función de los objetivos marcados.

En concreto en este estudio ha sido muy útil pues a través de identificadores ha permitido la individualización de cada uno de los datos de registros de atropellos así como la asignación de un valor para cada una de las variables que se han considerado.

Mediante esta metodología de aplicación de la tecnología GIS se propone un más que posible punto de partida para la continuación y la mejora de posteriores estudios puesto que puede aportar un mayor grado de detalle y calidad en la gestión de los datos. De esta manera se implementarían así las herramientas necesarias para la obtención de unos resultados más concluyentes y una mejora de la toma de decisiones y posibles propuestas de prevención.

Una de las pautas a seguir en la medida de lo posible sería llevar a cabo el seguimiento de un protocolo de muestreo más ajustado y sistemático que aporte una información más detallada y evite barajar algunas fuentes de error que no se han podido obviar. Las limitaciones propias de la realización del muestreo por un equipo de tan sólo dos personas y, sin ningún tipo de financiación ni de medios, han interferido en la calidad y volumen de registros.

Algunas de las medidas que puedan mejorar la calidad de los datos sería diseñar muestreos zonales o ciñéndose a un número más limitado de kilómetros y de carreteras, reducir el periodo entre réplica y réplica con lo que se evita la acción de especies carroñeras, registrando las distintas IMD que presenta a lo largo del día cada una de las carreteras y proponer transectos en función de esos valores.

Con todo esto se plantean interesantes líneas de trabajo para un futuro y la posibilidad de un mejor entendimiento de esta problemática y surgiendo así la posibilidad de mitigar y prevenir el fenómeno de atropellos en la isla

7. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer al Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, y en especial a D. Ángel Pueyo y D. Juan de la Riva por haber podido realizar este trabajo haciendo uso del laboratorio.

Agradecer también a Carlos Armas y a José Gustavo Tejera la posibilidad de haber realizado este proyecto con el material recopilado por ellos en campo a lo largo de 2011 y aportando ideas y opiniones. Espero que en el futuro podamos continuar trabajando juntos.

Agradecer también a D. Enrique Ruiz su inestimable colaboración a lo largo del desarrollo del proyecto y, de nuevo, a D. Juan de la Riva por su ayuda prestada y por su paciencia.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bailey, D., Schmidt-Entling, M. H., Eberhart, P., Herrmann, J. D., Hofer, G., Kormann, U., & Herzog, F. (2010). Effects of habitat amount and isolation on biodiversity in fragmented traditional orchards. *Journal of applied ecology*, 47(5), 1003-1013.
- Beaman, M., Madge, S., & Burn, H. (1998). *Aves de Europa, Norte de África y Próximo Oriente: guía de identificación*. Omega.
- Benítez-López, A., Alkemade, R., & Verweij, P. A. (2010). The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biological Conservation*, 143(6), 1307-1316.
- Benito Álvarez, F. (Nov, 2004). Los accidentes de circulación causados por especies de caza mayor en Castilla y León. *Accidentes de tráfico provocados por atropellos de animales. Proyecto de prevención, seguridad y responsabilidad. Soluciones para Castilla y León*.
- Caletrio, J., Fernandez, J. M., López, J., & Roviralta, F. (1996). Spanish national inventory on road mortality of vertebrates. *Global Biodiversity*, 5(4), 15-18.
- Cimbra. Diseño de pasos de fauna en tramos de concentración de atropellos de animales. N°392, julio-agosto - septiembre, 2010.
- Cimbra. Propuesta de nuevas señales de tráfico para prevenir el atropello de fauna en carreteras. N°366, noviembre - diciembre, 2005.
- Concepción, D. (1991). Atlas de las Aves Nidificantes de Lanzarote e Islotes. *Informe inédito para el Cabildo Insular de Lanzarote*.
- Díaz Pineda, J., & Peña González, E. D. L. (2006). MIMAR: Mapa de Interpretación del Medio Ambiente a través de la Red de Carreteras. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, (150), 156-166.
- Erritzoe, J., Mazgajski, T. D., & Rejt, L. (2003). Bird casualties on European roads-a review. *Acta Ornithologica*, 38(2), 77-93.
- España. Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. López, Mercedes. "Peligro animales". Reportaje de investigación. [en línea] <http://www.dgt.es/revista/num148/pages/animales2.html> [consulta: marzo de 2013].
- España. Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. Observatorio Nacional de Seguridad Vial. "Anuario estadístico de accidentes de 2011".
- España. Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. Observatorio Nacional de Seguridad Vial. "Accidentes producidos por la presencia de animales en la calzada". Diciembre de 2004.
- España. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Dirección General de Costas. "Archipielago de Chinijo. Situación, amenazas y medidas de conservación". Junio, 2010.
- España. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las mediadas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte. Documento para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 2. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2008. 138 pp. Madrid.
- Ferreras, P., J. J. Aldama, J. F. Beltran, M. Delibes. 1992. Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx (*Felis pardina*; Temminck, 1824). *Biological Conservation* 61:197-202.
- Forman, R. T., & Deblinger, R. D. (2000). The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (USA) Suburban Highway. *Conservation biology*, 14(1), 36-46.
- Forman, R. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of ecology and systematics*, 207-C2.
- Frías, Ó. (1999). Estacionalidad de los atropellos de aves en el centro de España: número y edad de los individuos y riqueza y diversidad de especies. *Ardeola*, 46(1), 23-30.

- GARCÍA SUIKKANEN, Carolina. (2011). “Estudio de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la fauna en un humedal costero mediterráneo (Parque Natural de l'Albufera de Valencia). Propuesta de medidas para la desfragmentación y valoración de sus efectos sobre dos especies representativas: ánade azulón (*Anas platyrhynchos*) y gineta (*Genetta genetta*)”. Director: Dr. Vicen Benedito Durá. Universidad Politécnica de Valencia, 2011.
- Garnica, R., & Robles, L. (2008). Seguimiento de la mortalidad de erizos (*Erinaceus europaeus*), producida por vehículos en una carretera de poca circulación. *Miscel·lània Zoològica*, 10, 406-408.
- Garriga, N., Santos, X., Montori, A., Richter-Boix, A., Franch, M., & Llorente, G. A. (2012). Are protected areas truly protected?. The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*, 21(11), 2761-2774.
- Glista, D. J., DeVault, T. L., & DeWoody, J. A. (2009). A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, 91(1), 1-7.
- Gobierno de Canarias. Cabildo de Lanzarote. Centro de Datos. “Infraestructuras y Equipamientos de Lanzarote, 2007”.
- Gobierno de Canarias. Cabildo de Lanzarote. Centro de Datos. “Lanzarote Rural (Guía de Recursos Turísticos), 2002.
- Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Plan Especial del Paisaje Protegido de La Geria. Memoria definitiva”. 2010.
- Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Normas de Conservación del Monumento Natural de La Corona. Documento Normativo”. Octubre, 2006.
- Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Plan Especial del Paisaje Protegido de Teneguíme. Documento Normativo”. Marzo, 2002.
- Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Dirección General de Ordenación del Territorio. “Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Los Volcanes. Memoria Informativa”.
- Gobierno de Canarias. ISTAC. Centro de Datos. “Encuesta turística. Perfil y características del viaje” Lanzarote, 2011.
- Gunther, K. A., Haroldson, M. A., Frey, K., Cain, S. L., Copeland, J., & Schwartz, C. C. (2004). Grizzly bear-human conflicts in the Greater Yellowstone ecosystem, 1992-2000. *Ursus*, 15(1), 10-22.
- Huijser, M. P., & Bergers, P. J. (2000). The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation*, 95(1), 111-116.
- Kawata, M. (1997). Loss of genetic variability in a fragmented continuously distributed population. *Researches on Population Ecology*, 39: 227-237.
- López García, C. (2005). Propuesta de nuevas señales de tráfico para prevenir el atropello de fauna en carreteras. *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*, (366), 30-39.
- Lorenzo, J. A. (Ed.): Atlas de las aves nidificantes en el archipiélago canario (1997-2003). Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid
- Martínez-Abraín, A. (1994). Mortalidad estacional de aves en una carretera del PN de L'Albufera de Valencia (E. España). *Doñana Acta Vertebrata*, 21, 90-95.
- MERCADO SANTAMARÍA, Antonio. (2011). “Análisis de la siniestralidad provocada por la irrupción de especies cinegéticas (ciervo, corzo y jabalí) en las carreteras de la provincia de Soria”. Aplicación de medidas correctoras. Directora: Dra. Begoña Asenjo Martín. Universidad de Valladolid, Escuela Universitaria de Ingenierías de Soria, Departamento de Ciencias Agroforestales, 2011.
- O'Connor, D. R., & Hicks, R. K. (1980). The influence of weather conditions on the detection of birds during common birds census fieldwork. *Bird Study*, 27(3), 137-151.

- Orłowski, G. (2008). Roadside hedgerows and trees as factors increasing road mortality of birds: Implications for management of roadside vegetation in rural landscapes. *Landscape and urban planning*, 86(2), 153-161.
- Palacios Palomar, C. J. (2001). Datos sobre la biología reproductora de la garcilla bueyera *Bubulcus ibis* (L.) en Lanzarote, Islas Canarias (Aves, Ardeidae). *Vieraea: Folia scientiarum biologiarum canariensium*, (29), 97-102.
- PMVC. 2003. Mortalidad de vertebrados en carreteras. Documento técnico de conservación nº 4. Sociedad para la Conservación de los Vertebrados (SCV). Madrid. 350 pp
- POTENCIANO BALLESTER, Antonio. "Incidencia de la red viaria en humedales integrados en la Red Natura 2000. Identificación de puntos negros y propuesta de actuaciones para reducir la mortalidad de fauna". *Jornadas técnicas sobre desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias*, (Valencia, 25-26 de noviembre de 2008). Parque Natural de la Albufera de Valencia.
- Revista Tráfico y Seguridad Vial*, Núm. 213, pp 35-38.
- Martínez, S. R., & Gandullo, J. M. (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España: 1: 400.000.
- Rico-Guzmán, E., Cantó, J. L., Terrones, B., & Bonet, A. (2012). Impacto del tráfico rodado en el PN del Carrascal de la Font Roja.¿ Cómo influyen las características de la carretera en los atropellos de vertebrados ?. *Galemys*, 23.
- Rosell, C., Álvarez, G., Cahill, C., Campeny, C., Rodríguez, A., Séiler, A. (2003). COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Documento de Síntesis. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente.
- Rosell, C., Álvarez, G., Cahill, C., Campeny, C., Rodríguez, A., Séiler, A. (2003). COST 341- Documento de Síntesis. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente: 317pp. Madrid.
- Rowden, Peter J. and Steinhardt, Dale A. and Sheehan, Mary C. (2008) Road crashes involving animals in Australia. *Accident Analysis and Prevention* 40(6):pp. 1865-1871.
- Svensson, L. & Mullarney, K. (2009). *Guía de aves de Europa, España y región mediterránea*. Segunda edición.
- Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Ecosistemas*, 15(2).
- Tenés, A., Cahill, S., Limona, F., & Molina, G. (2007). Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el área metropolitana de Barcelona: quince años de seguimiento en el parque de Collserola. *Galemys: Boletín informativo de la Sociedad Española para la conservación y estudio de los mamíferos*, 19(1), 169-188.
- Trejo, A., & Seijas, S. (2003). Una estimación de aves muertas en ruta en el Parque Nacional Nahuel Huapi, noroeste de la Patagonia argentina. *El hornero*, 18(2), 97-101.
- Trombulak, S.C. and C.Frissell. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14:19-29.
- Unquiles, A. (2000). Seguimiento de fauna atropellada en las carreteras de Lanzarote, enero-diciembre de 2000. Programa de Becas de la Fundación César Manrique.
- Van der Zande, A. N., Ter Keurs, W. J., & Van der Weijden, W. J. (1980). The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat—evidence of a long-distance effect. *Biological Conservation*, 18(4), 299-321.