



Resúmenes de ponencias

Jornadas técnicas del Grupo de Trabajo de Fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte

Organizado conjuntamente por el: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la Junta de Castilla y León

Presentación

Las tecnologías digitales y herramientas de Inteligencia Artificial están transformando todos los ámbitos de nuestra sociedad, incluidos los sistemas de transporte y la gestión de la biodiversidad. Estas nuevas herramientas permitirán optimizar la gestión de las infraestructuras de transporte y dotarlas de mayor competitividad y seguridad. También deben aumentar su resiliencia y sostenibilidad, con actuaciones que favorezcan la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático.

En las jornadas se expondrán casos de éxito en los que las herramientas digitales permitan mejorar diversos ámbitos de la gestión de vías, integrando los hábitats asociados a las mismas y los ecosistemas de su entorno. Algunos de los aspectos que se debatirán en las jornadas se focalizan en la obtención y gestión de datos fiables, de calidad y accesibles en todas las fases de la vida de las infraestructuras, desde la planificación hasta el mantenimiento e incluyendo información sobre especies y ecosistemas que interactúan con las vías; la automatización de registro de datos y usos de sensores que informen sobre la gestión de las vías y la biodiversidad en su entorno (incluidos márgenes y sistemas de drenaje); la modelización y generación de cartografías interactivas; la aplicación de nuevas tecnologías que permitan reducir el riesgo de accidentes con fauna o las aplicaciones de BIM y Gemelos Digitales.

Las jornadas técnicas del Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por vías de transporte se iniciaron hace 25 años y tienen como objetivo favorecer la integración de los aspectos relacionados con conservación de la naturaleza en la planificación y gestión de carreteras y vías de ferrocarril. Son un foro para el intercambio de información y el diálogo entre los distintos agentes involucrados en transporte y biodiversidad.

Además, una parte de la jornada se destinará a poner en valor los resultados del Proyecto SAFE ('Stop Atropellos de Fauna en España'). En concreto se explorarán las oportunidades que las nuevas tecnologías ofrecen para la recolección, integración y análisis de datos de atropellos, mejorando el conocimiento de esta problemática en España.

Resúmenes de ponencias

Jornadas técnicas del Grupo de Trabajo de Fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte

SESIÓN 1. Perspectiva internacional 5

Technologies implemented to improve biodiversity management in railways.... 5

Tecnologías implementadas para mejorar la toma de datos de biodiversidad en ferrocarriles

Using technology to reduce wildlife-vehicle collisions 7

Uso de la tecnología para reducir los accidentes con fauna silvestre

Roads with digital biodiversity management platform 8

Plataforma digital para la gestión de biodiversidad en carreteras

SESIÓN 2. Tecnologías para la prevención de atropellos y seguimiento de medidas..... 10

Aplicación de la inteligencia artificial en el diseño de una Estrategia Autonómica para la minimización de accidentes de tráfico con fauna en la red de carreteras de titularidad de la Comunidad de Castilla y León 11

Nuevos dispositivos para evitar atropellos de fauna en el ámbito de la Red de Carreteras del Estado 12

Instalación de *barrera virtual* como medidas de desfragmentación en carreteras de Territorio Lince en Extremadura 13

Nuevas técnicas para el seguimiento del efecto barrera sobre la fauna provocado por infraestructuras lineales. El ecoducto de Otero de Bodas 14

SESIÓN 3. Modelización ecológica, digitalización de información ambiental 15

Integrando la telemetría GPS y la modelización de la permeabilidad del paisaje para identificar áreas prioritarias para la conectividad de los grandes carnívoros ibéricos 16

Digitalización de elementos de paisaje y modelización para la mejora de la conectividad entre las ZECs Sierra de Aralar y Sierras de Urbasa y Andía, en Navarra 18

Digitalización de información ambiental y aplicación a proyectos de desarrollo y gestión de infraestructuras..... 19

SESIÓN 4. Tecnología, estudio y análisis de atropellos de fauna silvestre	20
Presentación del Documento P.T. 9. ‘Metodología para el estudio y análisis de la mortalidad de vertebrados en infraestructuras de transporte’ y del proyecto SAFE	21
El proyecto SAFE: concepto y planteamiento	22
Tecnología para la recogida de datos del proyecto SAFE	23
Tecnología para la gestión y análisis de datos del proyecto SAFE	24
Seguimientos de atropellos realizados en España	25
CONFERENCIA	26
La sinfonía interrumpida. El paisaje sonoro y la fragmentación del hábitat.	27

SESIÓN 1

Perspectiva internacional

Technologies implemented to improve biodiversity management in railways

Tecnologías implementadas para mejorar la toma de datos de biodiversidad en ferrocarriles

Neil Strong¹

¹ Network Rail.

Abstract

Network Rail Infrastructure Limited is the infrastructure operator and manager for the railway estate in Great Britain. The estate is 52,000 ha in size, bordered by 32,000 km of boundary, and operates 25,000 trains/day making over 1.5 billion passenger journeys/year and also freight transport carrying nearly 16 billion tonne kilometres. Only one-third of the Network Rail estate is the operational rail infrastructure. The other 35,000 ha is made up of nine broad habitat types ranging from woodland to heathland and shrub. Not only do these habitats need to be managed on account of many protected sites and species, but the vegetation also has to be kept under control to reduce risk to safe operations. During 2018 a government review was held due to the impact vegetation management was having on biodiversity and the communities that live alongside the railway. The review agreed that safety management was essential but found environmental requirements were not being considered. Resulting recommendations have shaped the way biodiversity is managed across the railway in Britain. Remote sensing technology was employed to use satellite imagery to identify habitat types providing a landscape view of the habitats on and alongside the railway network and a consistent methodology and five years of comparable data enabling the start of trend analysis. Satellite data resolution does not provide the detail needed to create specific management plans for individual locations along the railway. To support lineside management teams on the ground in gathering information for management plans camera traps, acoustic sensors and thermal imagery have been used. Presentation will include a balance of advantages/disadvantages between new and old methods and challenges encountered, such as data integration. Discussion of the research undertaken by Network Rail will also include reference to work with the Union Internationale des Chemins de Fer (UIC). The latest research includes the Horizon Europe SYMBIOSIS project which is looking to integrate biodiversity throughout the lifecycle of railway projects – rather than it being considered too late in the planning process.

Resumen

Network Rail Infrastructure Limited es el operador y gestor de la infraestructura ferroviaria en Gran Bretaña. Su patrimonio abarca 52.000 ha, delimitadas por 32.000 km de perímetro, y opera 25.000 trenes al día, lo que supone más de 1.500 millones de viajes de pasajeros al año, además del transporte de mercancías que alcanza casi 16.000 millones de toneladas-km. Solo un tercio de esta superficie corresponde a infraestructura ferroviaria operativa. Las otras 35.000 ha comprenden nueve grandes tipos de hábitats, que van desde bosques hasta brezales y matorrales. Estos hábitats requieren gestión tanto por la presencia de lugares y especies protegidas como por la necesidad de controlar la vegetación para garantizar la seguridad operativa. En 2018, se llevó a cabo una revisión gubernamental debido al impacto que la gestión de la vegetación estaba teniendo sobre la biodiversidad y las comunidades que viven junto a la red ferroviaria. La revisión concluyó que la gestión de la seguridad era esencial, pero que no se estaban considerando adecuadamente los requisitos medioambientales. Las recomendaciones resultantes han influido en la forma en que se gestiona la biodiversidad en el sistema ferroviario británico. Se empleó tecnología de teledetección mediante imágenes satelitales para identificar los tipos de hábitats, proporcionando una visión paisajística de los ecosistemas dentro y alrededor de la red ferroviaria, junto con una metodología coherente y cinco años de datos comparables que permiten iniciar análisis de tendencias. Sin embargo, la resolución de los datos satelitales no ofrece el nivel de detalle necesario para elaborar planes de gestión específicos para cada ubicación. Para apoyar a los equipos de gestión locales, se han utilizado cámaras trampa, sensores acústicos e imágenes térmicas. La presentación incluirá un análisis comparativo entre métodos tradicionales y nuevos, así como los desafíos encontrados, como la integración de datos. También se abordará la investigación realizada por Network Rail, incluyendo su colaboración con la Union Internationale des Chemins de Fer (UIC). La investigación más reciente incluye el proyecto SYMBIOSIS de HORIZON Europe, que busca integrar la biodiversidad a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos ferroviarios, en lugar de considerarla demasiado tarde en el proceso de planificación.

Using technology to reduce wildlife-vehicle collisions

Uso de la tecnología para reducir los accidentes con fauna silvestre

Manisha Bhardwaj^{1,2}

¹ University of Freiburg, Faculty of Environment and Natural Resources, Chair of Wildlife Ecology and Management, Freiburg, Germany

² IENE Scientific and Expert Committee member; Chair of the IENE Working Group on ADDSW

Abstract

Wildlife-vehicle collisions cost millions of Euros each year in loss of life and damages. Wildlife crossing structures combined with suitable fencing are a commonly implemented mitigation strategy to reduce wildlife-vehicle collisions and increase landscape connectivity for wildlife. However, wildlife-vehicle collisions tend to occur more often on medium-sized roads, where fencing for wildlife is not prioritized, and wildlife crossing structures are seldom installed due to economical and constructional constraints. In such instances, alternative strategies are necessary. With the rise of different technologies, e.g., warning systems, deterrent systems, and surveillance systems, there are many novel strategies on the market, claiming to effectively reduce wildlife-vehicle collisions. In this presentation, some commonly used solutions, as well as research (if any) that demonstrate whether or not these solutions work in the field are presented. Common limitations and directions for future research and design will also be discussed.

Resumen

Las colisiones entre fauna silvestre y vehículos cuestan millones de euros cada año en pérdidas humanas y materiales. Las estructuras de cruce para fauna, combinadas con vallados adecuados, son una estrategia de mitigación comúnmente implementada para reducir estas colisiones y mejorar la conectividad ecológica para la fauna. Sin embargo, las colisiones con fauna tienden a ocurrir con mayor frecuencia en carreteras con intensidad de tráfico media, donde no se prioriza el vallado para fauna y rara vez se instalan estructuras de cruce debido a limitaciones económicas y constructivas. En estos casos, son necesarias estrategias alternativas. Con el auge de diversas tecnologías —como sistemas de alerta, sistemas de disuasión y sistemas de vigilancia— han surgido muchas estrategias novedosas en el mercado que afirman reducir eficazmente las colisiones entre fauna y vehículos. En esta presentación, se expondrán algunas de las soluciones más utilizadas, así como investigaciones (en caso de que existan) que demuestran si estas soluciones funcionan o no en el terreno. También se abordarán las limitaciones comunes y las líneas futuras de investigación y diseño.

Roads with digital biodiversity management platform

Plataforma digital para la gestión de biodiversidad en carreteras

Pedro Moreira¹, Mafalda Peixoto¹ y Nuno Teixeira¹

¹ ASCENDI

Abstract

Biodiversity conservation and enhancement, alongside impact mitigation, require a comprehensive understanding of neighboring natural communities. At the road network operated by ASCENDI, a comprehensive Biodiversity Action Plan aimed at reducing impacts on biodiversity while promoting the sustainable transformation of infrastructure is developed. The plan is founded on three core pillars: 1) systematic monitoring and data analysis; 2) communication and awareness-raising, to enhance understanding of biodiversity challenges and share knowledge; and 3) cumulative actions to mitigate impacts and promote biodiversity across our network. Central to the first pillar is the development of a Biodiversity Management Tool (BMT) integrated within a Geographic Information System (GIS) platform. This tool enables collaboration among field, surveillance and patrol teams, managers, and biodiversity experts. Specifically developed field apps, facilitating the collection, geolocation, and recording of data related to species, habitats, and ecosystems, uploading it to centralised servers. Records undergo expert biological review prior being accessible via GIS viewers to managers and technical staff. This system permits infrastructure managers to access real-time, location-independent data concerning natural values and biological constraints within intervention areas, embedding biodiversity considerations into decision-making processes. Aggregated data underpins detailed biodiversity richness maps and ecological mathematical models, guiding the prioritisation of protected areas and tailoring conservation measures to extant species assemblages. This optimises resource allocation to vegetation management or invasive species control and enhances infrastructure resilience against climate change. The BMT specifically emphasises three critical components: 1) Animal-Vehicle Collision (AVC) data, analysed using a Kernel Density Estimation adapted to GIS, identifying hotspots and facilitating targeted mitigation; 2) a Biological Constraints Chart, employing symbolic representation to flag biological limitations and planned mitigation strategies, promoting adaptive management; and 3) mapping of Ecological Corridors with permeability data, enabling ongoing interventions to maximise safe animal passage and reduce road incidents. Through the integration of these tools and data-driven strategies, road operators can actively contribute to preserving biodiversity while fostering sustainable infrastructure development.

Resumen

La conservación y mejora de la biodiversidad, junto con la mitigación de impactos, requiere una comprensión exhaustiva de las comunidades naturales circundantes a la infraestructura. En la red viaria gestionada por ASCENDI, se ha desarrollado un Plan de Acción para la Biodiversidad para reducir los impactos sobre la biodiversidad y promover la transformación sostenible de las infraestructuras. Se fundamenta en tres pilares principales: 1) Monitorización sistemática y análisis de datos; 2) Comunicación y sensibilización, para entender mejor los desafíos relacionados con la biodiversidad y compartir conocimientos; y 3) Acciones acumulativas para mitigar impactos y fomentar la biodiversidad en nuestra red. El eje central del primer pilar es el desarrollo de una Herramienta de Gestión de la Biodiversidad (BMT por sus siglas en inglés) integrada en una plataforma SIG, que permite colaborar entre equipos de campo, patrullas de vigilancia, gestores y expertos en biodiversidad. Aplicaciones móviles facilitan la recogida, geolocalización y registro de datos de especies, hábitats y ecosistemas, que se cargan en servidores centralizados y son revisados por expertos antes de estar disponibles en visores SIG para gestores y personal técnico. Este sistema permite a los gestores de infraestructuras acceder a datos en tiempo real e independiente de la localización, sobre valores naturales y restricciones biológicas en las zonas de intervención, integrando así la biodiversidad en los procesos de toma de decisiones. Los datos agregados sustentan mapas detallados de riqueza biológica y modelos ecológicos matemáticos, que orientan la priorización de áreas protegidas y adaptan las medidas de conservación a las comunidades de especies presentes. Esto optimiza la asignación de recursos para la gestión de la vegetación o el control de especies invasoras, y mejora la resiliencia de las infraestructuras frente al cambio climático. La BMT pone especial énfasis en tres componentes críticos: 1) Datos de colisiones con fauna, analizados mediante estimación de densidad Kernel adaptada al SIG, para identificar puntos críticos y facilitar medidas de mitigación específicas; 2) Gráfico de restricciones biológicas, que utiliza representaciones simbólicas para señalar limitaciones ecológicas y estrategias de mitigación previstas, promoviendo una gestión adaptativa; y 3) Cartografía de corredores ecológicos con datos de permeabilidad, que permite intervenciones continuas para maximizar el paso seguro de fauna y reducir incidentes con fauna en las carreteras. Mediante la integración de estas herramientas y estrategias basadas en datos, los operadores de infraestructuras viarias pueden contribuir activamente a la conservación de la biodiversidad y al desarrollo sostenible de las infraestructuras.

SESIÓN 2

Tecnologías para la prevención de atropellos
y seguimiento de medidas

Aplicación de la inteligencia artificial en el diseño de una Estrategia Autónoma para la minimización de accidentes de tráfico con fauna en la red de carreteras de titularidad de la Comunidad de Castilla y León

Encarna Pérez Aguilera¹, Julio González Arias¹, Elena Chinarro Meléndez¹, Margarita Rodríguez Pajares¹, Víctor J. Colino Rabanal², Roberto Rodríguez Díaz², M^a José Blanco Villegas² y Laura Díaz López²

¹Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. Consejería de Movilidad y Transformación Digital. Junta de Castilla y León.

²Departamento de Biología Animal, Ecología, Parasitología, Edafología y Química Agrícola. Universidad de Salamanca.

Desde la Junta de Castilla y León se han aplicado numerosas soluciones para reducir los accidentes de tráfico provocados por fauna silvestre: vallados, señalización inteligente, disuasorios olfativos, detectores de movimiento, pasos de fauna y control de vegetación, entre otras. Aunque estas actuaciones han tenido impactos positivos, su efectividad y coste han variado considerablemente según el tipo de tramo y el contexto local. Pese a toda esta experiencia acumulada, se carecía hasta ahora de una herramienta que ofreciera una visión integral, capaz de sistematizar la información disponible y orientar las intervenciones de forma estratégica, basándose en el conocimiento técnico y científico más actualizado. Para dar respuesta a esta necesidad, y en colaboración con la Universidad de Salamanca, se ha desarrollado una estrategia innovadora basada en inteligencia artificial. Cada tramo de especial concentración de accidentes se caracteriza a partir de variables clave como la composición de especies involucradas, el paisaje circundante, el tipo de vía y el tráfico, consideradas determinantes en la elección de medidas según la bibliografía existente. Con esta información, se entrena una red neuronal que clasifica los tramos en patrones con características homogéneas. A cada uno de estos patrones se le asignan las medidas de mitigación más adecuadas, según su adaptación a las condiciones específicas de ese patrón y a la efectividad demostrada en la bibliografía. A ello se suma el análisis de los costes de implementación y mantenimiento, lo que permite calcular tasas de retorno de la inversión para cada combinación de tramo y medida. Con todo, la red neuronal hace que cada tramo de especial concentración cuente con una propuesta concreta de medidas de mitigación y una evaluación coste-efectividad asociada. El resultado es una herramienta de planificación operativa que permite jerarquizar actuaciones en función de su rentabilidad esperada, y orientar la toma de decisiones hacia una inversión pública más eficaz y racional. La red neuronal, además, puede aplicarse de forma continua en años sucesivos, incorporando nuevos datos y adaptándose a cambios en el territorio, en los patrones de tráfico o en la distribución de fauna.

Nuevos dispositivos para evitar atropellos de fauna en el ámbito de la Red de Carreteras del Estado

Francisco Pérez María¹

¹ D.G. de Carreteras. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Desde la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS), se están impulsando diversos proyectos que incorporan soluciones tecnológicas e innovadoras para reducir los accidentes provocados por la fauna en la Red de Carreteras del Estado (RCE). Las actuaciones se basan en una premisa fundamental: evitar la fragmentación de hábitats. Por ello, se priorizan sistemas que no ahuyenten de forma constante a los animales, permitiendo su libre tránsito cuando no hay vehículos circulando. Estas medidas se aplican especialmente en tramos con alta siniestralidad por fauna (TEFIVAS) y zonas con presencia de especies de alto valor ecológico, como el lince ibérico (*Lynx pardinus*) y el oso pardo cantábrico (*Ursus arctos*). Hay que señalar que se están probando una amplia gama de dispositivos con la intención de contribuir al avance de las técnicas e integrarlos con el resto de las medidas más convencionales de protección de la fauna. Algunos de estos sistemas son: i) balizas disuasorias, activadas únicamente cuando detectan vehículos en circulación; ii) cámaras térmicas para la detección de fauna, con aviso a conductores a través de balizas aeroportuarias adaptadas y señalización vertical LED semioculta; iii) vallado virtual mediante disuasores ópticos instalados sobre hitos de arista; iv) cable de fibra óptica enterrado para la detección de fauna, con activación de balizas LED; v) sistemas mixtos que combinan vallado cinegético con pasos de fauna a nivel, monitorizados mediante cámaras y señalización LED semioculta. En la presentación se expondrán los casos de estudio donde se han aplicado estas medidas.

Instalación de *barrera virtual* como medidas de desfragmentación en carreteras de Territorio Lince en Extremadura

María Jesús Palacios¹, Antonio Luis Herrero Carmona¹, Pilar Grajera¹, Miguel Ángel López Iglesias¹, Felipe Gómez¹, Matias Taborda¹, Benigno Cienfuegos¹ y Francisco Hueso Fernández¹

¹ Dirección General de Sostenibilidad. Junta de Extremadura.

Se realiza el análisis de la anualidad 2024 de las siete carreteras de la provincia de Badajoz que discurren por las áreas de reintroducción de lince ibérico (*Lynx pardinus*), en las cuales se detectó el atropello y muerte de 22 linces, así como 140 accidentes con daños a vehículos y personas por colisión con las especies de corzo (*Capreolus capreolus*), jabalí (*Sus scrofa*), ciervo (*Cervus elaphus*) y gamo (*Dama dama*). Una vez analizados los puntos kilométricos de las carreteras donde se han detectado atropellos, la Junta de Extremadura ha determinado, para los puntos negros de atropello de lince ibérico, realizar un ensayo con la metodología denominada ‘Barrera Virtual’, instalando 40 dispositivos de un modelo que se activa con las luces de los vehículos circulantes y ubicados a una distancia entre dispositivos de 20-25 m, en 0,6 Km de carretera, y 14 dispositivos en un tramo de 0,2 km, de un modelo que se activa con sensor térmico en 0,5 km de radio de captación, y con una distancia entre dispositivos de 12-15 m. Una vez activados esos dispositivos emiten luz y sonidos para alertar a los animales de la proximidad de un vehículo. Los tramos equipados con ‘barrera virtual’ son coincidentes con dos áreas de reproducción de la especie objetivo. En la presentación se expondrán los resultados preliminares del seguimiento llevado a cabo.

Nuevas técnicas para el seguimiento del efecto barrera sobre la fauna provocado por infraestructuras lineales. El ecoducto de Otero de Bodas

Rosa María Matas¹, José Miguel Siller Fernández¹, Cristina Arce Fernández¹, Joaquín Cuenca Lozano², Jesús Eliseo Abelaira Rey², Gerardo Jimenez Navarro³ y Guillermo Esteve Herraiz³

¹ Subdirección de Medio Ambiente. ADIF Alta Velocidad.

² INECO

³ Prointec

La vigilancia de la efectividad de las medidas de protección ambiental que se implementan en el proceso de evaluación de impacto ambiental es uno de los aspectos clave para mejorar dicho procedimiento. El seguimiento en la fase de explotación de una infraestructura lineal requiere una cantidad notable de recursos económicos por lo que es necesario explorar nuevas metodologías basadas en técnicas novedosas. En este sentido, el monitoreo de grandes estructuras transversales que se construyen para dotar de permeabilidad faunística a la infraestructura, presenta dificultades técnicas relevantes cuando se realizan seguimientos utilizando técnicas estándar tales como los lechos de marmolina o el fototrampeo. Teniendo en cuenta estos antecedentes ADIF Alta Velocidad ha desarrollado una experiencia piloto aplicando la tecnología existente en los sistemas de seguridad basados en videovigilancia en el seguimiento de fauna. Este sistema está formado por dos cámaras IP fijas y una móvil protegidas, y cuyo control se realiza en remoto desde las instalaciones de ADIF Alta Velocidad en Chamartín. Para su implementación se ha seleccionado un ecoducto ejecutado mediante un falso túnel en la localidad zamorana de Otero de Bodas. Esta estructura cuenta con una anchura de 132 m y una longitud de 100 m aproximadamente. Desde octubre de 2020 hasta la fecha actual se viene implementando un seguimiento mensual continuo de la frecuencia de paso de mamíferos. En la ponencia se abordarán los temas técnicos relacionados con el diseño de la experiencia piloto, los aspectos más relevantes de su implantación y de la explotación de sus datos, así como un breve resumen de los resultados obtenidos.

SESIÓN 3

Modelización ecológica, digitalización de información ambiental

Integrando la telemetría GPS y la modelización de la permeabilidad del paisaje para identificar áreas prioritarias para la conectividad de los grandes carnívoros ibéricos

Pablo Cisneros Araújo¹, David Cubero Bausela² y Daniel Pinto Parada¹

¹ Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León. Junta de Castilla y León.

² Servicio de Espacios Naturales, Flora y Fauna. Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal. Junta de Castilla y León.

La conectividad del paisaje es clave para la conservación de los grandes carnívoros, ya que favorece el flujo génico, facilita la expansión de las poblaciones y refuerza su resiliencia frente a los cambios y presiones ambientales. En la Península Ibérica, el oso pardo (*Ursus arctos*) y el lobo ibérico (*Canis lupus signatus*) se enfrentan a importantes limitaciones de conectividad debido a la fragmentación de sus hábitats en paisajes humanizados, siendo particularmente significativo el efecto de determinadas infraestructuras lineales de transporte. Para evaluar el efecto de estas barreras, se analizan datos de seguimiento por telemetría GPS obtenidos en proyectos de marcaje en Castilla y León que abarcan más de 50 osos y lobos, con el objetivo de estimar la permeabilidad del paisaje e identificar áreas clave para la conectividad. En primer lugar, se identificaron y analizaron movimientos no residenciales, fuera de las áreas de campeo habituales, y se aplicaron funciones de selección por pasos para modelizar la selección de hábitat durante estos desplazamientos, comparando las decisiones de movimiento que tomaron los animales con las distintas alternativas que tenían disponibles y accesibles en su entorno. Este enfoque permite generar información clave sobre cómo los grandes carnívoros se desplazan en paisajes heterogéneos y poner de relieve la influencia tanto de los elementos naturales como de las barreras antrópicas en las dinámicas de dispersión. En segundo lugar, y a partir de dicha modelización, generamos mapas de conectividad que predicen las zonas más favorables para los flujos de dispersión e identifican corredores donde los movimientos tienden a concentrarse en mayor medida. Los resultados destacan áreas prioritarias para la conectividad en las que las infraestructuras lineales se superponen con las principales rutas de dispersión, señalando las ubicaciones donde las medidas de permeabilización de las infraestructuras y del conjunto del paisaje deberían concentrarse, mantenerse o mejorarse para asegurar la conectividad funcional para estos grandes carnívoros ibéricos. Con todo ello, a través de la integración de la ecología del movimiento con la modelización espacial, se aportan herramientas útiles para la planificación territorial, así como resultados que subrayan la importancia de preservar la conectividad para especies de gran porte y movilidad potencial en los paisajes humanizados. En última instancia, estos resultados contribuyen a la conservación a largo plazo de estas y otras especies en la Península Ibérica, donde la

Sesión 3. Modelización ecológica, digitalización de información ambiental

protección de los corredores de dispersión es clave para mantener poblaciones viables a largo plazo ante los escenarios de cambio climático y territorial que se afrontan.

Digitalización de elementos de paisaje y modelización para la mejora de la conectividad entre las ZECs Sierra de Aralar y Sierras de Urbasa y Andía, en Navarra

Fermín Urrea Maya¹, Irene Zubillaga Gurupegi² y Ana Palacios Arellano³

¹ OREKAN. Gestión Ambiental de Navarra.

² Departamento de Cohesión Territorial del Gobierno de Navarra. Dirección General de obras públicas e Infraestructuras

³ Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra. Dirección General de Medio Ambiente.

Existe (o existía) un grave problema de conectividad entre dos de los mayores espacios Red Natura de Navarra: las ZECs Sierra de Aralar y Sierras de Urbasa y Andía, provocado por tres infraestructuras de comunicación: la autovía A-10, la carretera N-2410 y la línea de ferrocarril Zaragoza-Alsasua, que atraviesan longitudinalmente el valle de Sakana. Este problema fue reflejado en los planes de gestión de ambos lugares de la red Natura 2000. Para determinar la magnitud del problema e identificar soluciones, éste se afrontó desde diferentes prismas: i) analizando la información de mortalidad silvestre, para detectar tramos de concentración de atropellos; ii) inventariando todas las estructuras de obra, drenajes, etc. y asignando su potencialidad como pasos de fauna, para identificar tramos permeables y no permeables a la fauna silvestre; y iii) elaborando cartografía específica de permeabilidad del medio a la fauna silvestre. Para ello, se digitalizaron los elementos del paisaje y a cada uso del suelo se asignó un grado de resistencia para desplazamientos de la fauna silvestre. Sobre esta base cartográfica, se aplicaron modelos y herramientas GIS, seleccionado *Linkage Mapper*, *Gnarly Landscape Utilities* y *Resistance and Habitat Calculator*, obteniendo el mejor vector de conexión entre ambos espacios (para toda el área y para los sectores establecidos) y dos capas raster, una de conectividad y otra de coste-distancia. Se realizaron análisis a distintas escalas y en dos escenarios: verano e invierno (dependiendo del caudal el río Arakil genera diferente resistencia a la fauna silvestre). Los modelos generaron vectores que se repitieron en más de una ocasión, mostrando cuatro zonas posibles de conexión y en especial una de ellas, en el robledal de Aritzalko. Este tramo es, además, el de mayor concentración de mortalidad de fauna silvestre en la autovía. Una vez establecido el mejor punto de conexión entre las ZECs, se seleccionó la mejor alternativa técnica y se redactó y ejecutó en 2024 un paso superior específico para la fauna, de 60 metros de longitud y una anchura de 45 metros, con un presupuesto de 6,1 M€. Finalizada la obra y en pleno proceso de naturalización, ha comenzado el programa de seguimiento y se presentarán los resultados preliminares del mismo.

Digitalización de información ambiental y aplicación a proyectos de desarrollo y gestión de infraestructuras

Manuel Oñorbe¹, Carme Rosell^{2,3} y Luis M. Fernández²

¹ D.G. de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

² Minuartia.

³ Infrastructure and Ecology Network Europe (IENE).

La digitalización de las infraestructuras de transporte se ha intensificado en los últimos años con la incorporación de herramientas como el *Building Information Modelling* (BIM) o los gemelos digitales, entre otras. Estas tecnologías ofrecen una oportunidad única para integrar información ambiental —y en particular sobre biodiversidad—, aunque las experiencias prácticas aún son escasas. Contar con datos precisos sobre especies, hábitats y conectividad ecológica es esencial para aprovechar plenamente el potencial de estas soluciones digitales. Para avanzar en esta integración, resulta imprescindible disponer de bases de datos ambientales de calidad, centralizadas y accesibles, que permitan tanto evaluar impactos como identificar y potenciar oportunidades de beneficio para la biodiversidad en el ámbito de las infraestructuras. En este sentido, el Sistema de Información del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, puede constituir una herramienta clave. Este sistema centraliza de manera estandarizada la información procedente de fuentes oficiales y facilita el acceso a datos actualizados sobre hábitats, especies, ecosistemas, áreas protegidas y usos del territorio, garantizando la coherencia con los compromisos europeos e internacionales en materia de biodiversidad. Disponer de este conjunto de datos estandarizados es fundamental para incorporar la biodiversidad en todas las fases del ciclo de vida de las infraestructuras de transporte: desde la Evaluación Ambiental Estratégica y la redacción de proyectos, hasta la fase de operación y mantenimiento. Asimismo, estos datos serán decisivos para la ejecución de la Estrategia de Desfragmentación de Hábitats afectados por infraestructuras lineales de transporte, que prevé actuaciones como la identificación y priorización de áreas a restaurar, la elaboración de inventarios de pasos de fauna, o el análisis periódico y estandarizado de tramos con elevada siniestralidad por atropellos de fauna, todo ello en el marco del programa de trabajo 2025-2029.

SESIÓN 4

Tecnología, estudio y análisis de atropellos de fauna silvestre

Presentación del Documento P.T. 9. ‘Metodología para el estudio y análisis de la mortalidad de vertebrados en infraestructuras de transporte’ y del proyecto SAFE

Manuel Oñorbe¹

¹D.G. de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

La mortalidad de fauna silvestre en las infraestructuras de transporte constituye uno de los impactos más significativos de la fragmentación de hábitats. En España, este fenómeno afecta a numerosos grupos de vertebrados y se ha convertido en un desafío prioritario para avanzar hacia modelos de movilidad más sostenibles y respetuosos con la biodiversidad. En este contexto, la publicación ‘Metodología para el estudio y análisis de la mortalidad de vertebrados en infraestructuras de transporte’ aporta una base común para afrontar esta problemática. Se trata de una guía que establece criterios homogéneos para la recogida y el tratamiento de la información, lo que permitirá orientar con mayor eficacia las decisiones de gestión. El documento incluye también los resultados del Proyecto SAFE (Stop Atropellos de Fauna en España), una iniciativa pionera que ha permitido recopilar una gran cantidad de información sobre atropellos en la red viaria española. Estos datos son fundamentales para dimensionar el problema y sentar las bases de futuras estrategias de prevención y mitigación. La publicación supone un paso decisivo para consolidar un marco de trabajo común entre administraciones, entidades científicas, sociedad civil y gestores de infraestructuras. La disponibilidad de información fiable y estandarizada permitirá identificar áreas prioritarias de actuación, evaluar la eficacia de las medidas correctoras y diseñar soluciones más integradas en el territorio. Este esfuerzo se enmarca en el compromiso de avanzar hacia infraestructuras lineales que reduzcan sus impactos sobre la biodiversidad, en línea con los objetivos de la Estrategia de Desfragmentación de Hábitats afectados por infraestructuras de transporte. La publicación de la P.T.9 y el Proyecto SAFE representan, así, hitos relevantes para reforzar la cooperación entre conocimiento científico, gestión pública y planificación de infraestructuras sostenibles.

El proyecto SAFE: concepto y planteamiento

Jacinto Román¹

¹Estación Biológica de Doñana. CSIC.

El proyecto SAFE (Stop Atropellos de Fauna en España) es una iniciativa impulsada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico con el objetivo de estimar la magnitud de la mortalidad de fauna en las vías de transporte del territorio español. La Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC) asume la supervisión técnica y el análisis de los datos, garantizando su fiabilidad y representatividad. Para ello, se ha desarrollado un marco conceptual innovador que sienta las bases para la estimación del número de atropellos. Dado que el registro de atropellos a escala nacional supone un desafío logístico considerable, el proyecto se apoya en la ciencia ciudadana como herramienta esencial. La recogida de datos se realiza gracias a la participación voluntaria de personas que recorren itinerarios fijos y registran los animales atropellados siguiendo un protocolo común. La coordinación de esta red de voluntariado se canaliza a través de las principales sociedades científicas de vertebrados de España: la Asociación Herpetológica Española (AHE), la Sociedad Española para la Conservación y el Estudio de los Mamíferos (SECEM) y SEO/BirdLife, que actúan como enlace entre la ciudadanía y el equipo científico. En conjunto, SAFE representa un esfuerzo colaborativo sin precedentes para cuantificar el impacto de las infraestructuras sobre la fauna vertebrada en España.

Tecnología para la recogida de datos del proyecto SAFE

Carlos Rodríguez¹

¹Estación Biológica de Doñana. CSIC.

El desarrollo de aplicaciones móviles es un mercado en expansión y muy dinámico que ofrece múltiples herramientas para tareas de lo más diverso. Uno de los primeros objetivos del proyecto fue la de seleccionar, de entre las apps existentes en el mercado, aquellas que cumplieran los requisitos establecidos por el protocolo de recogida de información. Para ello, era necesario que las aplicaciones incluyeran la posibilidad de recoger datos de atropellos y que permitieran hacerlo mediante transectos predefinidos. Además, fue necesario evitar aquellas aplicaciones cuyo desarrollo o soporte pudiera verse interrumpido durante la ejecución del proyecto, por lo que se priorizaron apps desarrolladas por universidades, centros de investigación u organizaciones con demostrada experiencia en el uso de estas herramientas. Con estos criterios, se seleccionaron las apps de Observation.org (ObsMapp para Android e iObs para iOS) y la aplicación ‘Mortalidad infraestructuras SE’ desarrollada por SEO-Birdlife y disponible en ambos sistemas operativos. En esta charla, se presentan las diferencias más notables entre ambas apps, así como una descripción simplificada del proceso de homogenización y armonización de los datos obtenidos para llevar a cabo el posterior análisis. Asimismo, se resumen aquellos aspectos que resultaron limitantes durante la recogida y gestión de la información en este proyecto para que iniciativas similares que puedan desarrollarse en el futuro puedan refinar y optimizar sus correspondientes protocolos.

Tecnología para la gestión y análisis de datos del proyecto SAFE

Guillermo Gómez Peña¹

¹Estación Biológica de Doñana. CSIC.

El proyecto SAFE ha generado la mayor base de datos de atropellos de fauna en España, con más de 8.500 registros procedentes de 304 localidades en 45 provincias durante cuatro años de muestreo intensivo. Esta magnitud de información requiere metodologías analíticas avanzadas y capacidad computacional especializada para extraer estimaciones precisas y útiles para la conservación. Una vez recopilados los datos, el principal desafío técnico es desarrollar modelos estadísticos capaces de integrar información heterogénea proveniente de múltiples metodologías de muestreo (a pie, en bicicleta y en vehículo) y de distintos grupos taxonómicos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Para enfrentar esta complejidad, implementamos un enfoque de modelización bayesiana que corrige de manera simultánea los tres sesgos identificados en el marco conceptual del proyecto —localización, persistencia y detectabilidad—, lo que permite estimar el número real de atropellos mediante intervalos de confianza fácilmente interpretables por los gestores de conservación. El análisis incorpora simulaciones que ponen a prueba el modelo en una amplia variedad de escenarios, combinando diferentes niveles de variación temporal en la ocurrencia de atropellos, en las tasas de descomposición de los cadáveres y en el número de transectos muestreados. Las estimaciones revelan números notablemente elevados con variación sustancial entre grupos vertebrados. Se confirma la mayor efectividad de muestreos a pie y en bici frente al vehículo. Esta metodología representa un avance pionero en la aplicación de herramientas estadísticas para cuantificar el impacto de las carreteras sobre la fauna, y orientar el diseño de estrategias de mitigación basadas en evidencia científica.

Seguimientos de atropellos realizados en España

Marcello D'Amico¹

¹Estación Biológica de Doñana. CSIC

El conocimiento de los programas de seguimiento de atropellos de fauna resulta esencial para coordinar esfuerzos, detectar vacíos de información y orientar medidas de conservación en la red viaria. Con este objetivo, en el marco de las Jornadas Técnicas 'Transformación digital de vías de transporte y gestión de biodiversidad: oportunidades para la cooperación' celebradas en Valladolid en octubre de 2025, se lanzó un cuestionario dirigido a la comunidad científica y técnica española que trabaja en el estudio y la gestión de los atropellos de fauna. El formulario se difundió entre sociedades científicas, administraciones y entidades de conservación, solicitando información básica sobre iniciativas en curso: especies objetivo, metodología empleada, grado de cobertura territorial, temporalidad de los muestreos, herramientas de gestión de datos y principales resultados obtenidos. En la ponencia se presentarán los resultados de esta encuesta, que ofrece una visión panorámica y actualizada de los seguimientos de atropellos que se llevan a cabo en España. Entre los aspectos destacados figuran la diversidad de enfoques metodológicos, la disparidad en la escala espacial y temporal de los estudios, así como la variedad de instituciones implicadas. Estos resultados constituyen un punto de partida para identificar oportunidades de coordinación y estandarización, así como para reforzar la utilidad de los datos en el marco del Proyecto SAFE (Stop Atropellos de Fauna en España) y de las estrategias nacionales de conservación de la biodiversidad.

CONFERENCIA

La sinfonía interrumpida. El paisaje sonoro y la fragmentación del hábitat.

Carlos de Hita¹

¹Escritor y paisajista sonoro

Toda la intervención parte de una premisa: el paisaje sonoro es el relato que la naturaleza hace de sí misma a través de sus propias voces. Por tanto, podemos considerar que una biofonía rica, diversa y cargada de voces describe un paisaje rico y biodiverso. Y, por lo mismo, que un paisaje sonoro empobrecido, vacío, es el relato de una crisis. A partir de ahí, con grabaciones de campo realizadas a lo largo de las últimas décadas, intento mostrar como el análisis de la biofonía a través de la escucha atenta nos permite valorar los cambios ambientales. La primera modificación es la invasión del ruido, esa mancha que ensucia los últimos rincones del telón sonoro de la naturaleza. El silencio es la primera víctima de una agresión; el ruido siempre llega antes que la máquina que lo provoca. Pero el ruido no es el único síntoma. A través de la comparación entre grabaciones antiguas y recientes, pudimos escuchar las llamadas de especies que colonizan nuevos espacios, impulsadas por el calentamiento global; escuchamos también cómo se puede estimar el grado la crisis de los polinizadores por la disminución de sus zumbidos en los campos; o cómo en lugares tan emblemáticos como las marismas del Guadalquivir el clamor de miles de aves acuáticas y anfibios cede ante el empuje del rumor lejano de las bombas de agua que, a la vez, están secando a las marismas. Por último, y a manera de reivindicación de lo que debemos luchar por conservar, hicimos un recorrido sonoro alrededor de la noche, la escucha de algunos paisajes en los que reinaba lo que podríamos denominar un ‘clamoroso silencio’.

