

Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats
causada por infraestructuras de transporte

8

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA HACER EFECTIVOS LOS SEGUIMIENTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL EFECTO BARRERA DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE (DISEÑO, DOCUMENTACIÓN Y ARCHIVO DEL SEGUIMIENTO AMBIENTAL)

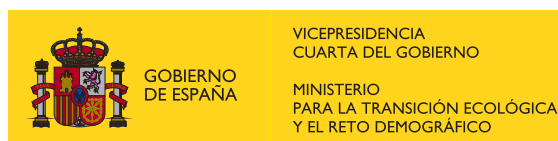


GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA
HACER EFECTIVOS LOS SEGUIMIENTOS
DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL
EFECTO BARRERA DE LAS
INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE
(DISEÑO, DOCUMENTACIÓN Y ARCHIVO
DEL SEGUIMIENTO AMBIENTAL)**



Madrid, 2020

Este documento se ha redactado en el marco del **Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte**, coordinado por la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Particularmente, se ha trabajado en una comisión técnica en la que participaron las siguientes personas:

Georgina Álvarez Jiménez, dirección y coordinación, Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Juan Pedro Aguilar, Raúl Blázquez López, Gema Gonzalo Pedrero, Ricardo Flores y Javier de la Riva, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Manuel Alcántara de la Fuente, Dirección General de Medio Natural y Gestión Forestal, Gobierno de Aragón.

Antonio Ballester Potenciano, Director Conservador Parque Natural del Turia y Parque Natural Puebla de San Miguel, Direcció General de Medi Natural i Avaluació Ambiental, Comunitat Valenciana.

Mercedes Campos Delgado, Dirección Insular de Carreteras y Paisaje, Cabildo Insular de Tenerife.

Francisco Javier Cantero Desmartines, Dirección General de Biodiversidad y Recursos Naturales, Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid.

Álvaro Carretero Luna, Raquel López López y Maite Manzanares Iribas, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Menchu Cortés Tovar, Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, Comunitat Valenciana.

Adolfo Delibes de Castro y Luis Ignacio Rojo González, Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León.

Alicia Florit García, Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat, Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Illes Balears.

Javier Forcada Melero, Juan F. Miral Durán y Ana Palacios Arellano, Consejería de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra.

Carmen Gara Ramos Morales, Servicio Territorial de Carreteras y Paisaje, Cabildo Insular de Tenerife.

Manuel García Sánchez-Colomer, CEDEX, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Eva López García, Dirección General del Medio Natural, Gobierno del Principado de Asturias.

Rosa María Matas López, Subdirección de Medio Ambiente, Dirección de Actuaciones Técnicas, ADIF-Alta Velocidad.

María Mercè Martínez Moliné, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.

Gloria de Mingo-Sancho García, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

María Jesús Palacios González, Dirección General de Sostenibilidad, Consejería para la Transición Ecológica y Sostenibilidad, Junta de Extremadura.

José Manuel Pena Regueiro, Dirección Xeral de Patrimonio Natural, Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda, Xunta de Galicia.

Encarna Pérez Aguilera y Margarita Rodríguez Pajares, Dirección General de Carreteras e Infraestructuras, Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León.

Soledad Pérez-Galdós, Consejería de Transportes Movilidad e Infraestructuras, Comunidad de Madrid.

Manuel J. Prats Guardia, Dirección de Actuaciones Técnicas, ADIF.

Luis Ramajo Rodríguez, Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, Consejería de Fomento y Vivienda, Junta de Andalucía.

Álvaro Richarte Banegas, Viceconsejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla - La Mancha.

Paco Robles Cuesta, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (CAGPDS), Junta de Andalucía.

Rubén Rodríguez Fernández, Dirección General de Biodiversidad, Gobierno del Principado de Asturias.

Sofía Rodríguez Núñez, Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial, Gobierno de Canarias.

Daniel Ruiz Larsson, Departamento de Infraestructuras y Desarrollo Territorial. Diputación Foral de Bizkaia.

Jordi Solina Angelet, Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.

Carmen Luisa Suárez Sánchez, Consejería de Obras Públicas, Gobierno de Canarias.

Asistencia técnica para la redacción del documento:

Eloy Revilla, Miguel Clavero, Carlos Rodríguez, Jacinto Román y Juan Carlos Rivilla, mediante encomienda de gestión 17MNES030 de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a la Estación Biológica de Doñana, CSIC.

Fotografías: Los nombres de los autores se indican al pie de cada imagen.

Ilustraciones: Pep Gaspar (AT), Carme Rosell (Minuartia), Miguel Clavero, Eloy Revilla, Carlos Rodríguez y Jacinto Román (EBD-CSIC).

Agradecimientos: Personas que han aportado información, asesoramiento o han participado en la revisión de los sucesivos borradores: Carme Rosell, Marc Fernández Bou y Roser Campeny (Minuartia), Manuel Avilés (Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior), Isabel Ceballos (Seguimiento Ambiental SL), Olga Carrascal (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana), Vicente Garza, Jesús Herranz e Israel Hervás (TEG-UAM), Ignacio Doadrio (Museo Nacional de Ciencias Naturales), Ignacio Gamarra, Javier Martín Herrero, Carlos Real y Carlos Sánchez García (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), Jorge García Molinos (Freshwater Research Group, University of Dublin), Gema Ruiz (CAGPS, Junta de Andalucía), José Luis Tellería (Universidad Complutense de Madrid); Enrique Montero Reca (Señalizaciones Viales Valle S.L.), Jorge Maroto Gómez (Metro de Sevilla).

Esta publicación toma como referencia las *Prescripciones Técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte*, 2008, a cuyos responsables queremos mencionar aquí.

Asistencia técnica: Juan E. Malo, Cristina Mata, Francisco Suárez. Grupo de Ecología y Conservación de Ecosistemas Terrestres (TEG)-Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid

Coordinación: Carme Rosell, MINUARTIA, con la colaboración de Roser Campeny, Ferran Navàs y Quim Pou.

Cita recomendada:

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2020. *Prescripciones Técnicas para hacer Efectivos los Seguidimientos de las Medidas de Mitigación del Efecto Barrera de las Infraestructuras de Transporte (Diseño, Documentación y Archivo del Seguimiento Ambiental)*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 8. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 145 pp. Madrid



Aviso legal: Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Edita:

©: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)

Madrid 2020.

www.miteco.es

Plaza de San Juan de la Cruz 10

28003 Madrid.

ESPAÑA

NIPO: 665-20-061-7 (papel)

NIPO: 665-20-062-2 (línea)

ISBN: 978-84-18508-27-1 (papel)

ISBN: 978-84-18508-28-8 (línea)

Depósito Legal: M-28416-2020 (papel)

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

Lengua/s: Español

Gratuita / Unitaria / **Papel reciclado**

1 Presentación

2 El seguimiento y la vigilancia ambiental en el ciclo de vida de una infraestructura lineal de transporte

3 Análisis de los seguimientos de pasos de fauna

4 Fundamentos de diseño de muestreos y aplicación al seguimiento ambiental

5 Prescripciones y fichas descriptivas con métodos de seguimiento ambiental

6 Bibliografía y Apéndice

Índice

1.	Presentación	11
1.1.	Antecedentes	11
1.2.	Justificación	11
1.3.	Objetivos	13
1.4.	Ámbito de aplicación	13
1.5.	Destinatarios	13
2.	El seguimiento y la vigilancia ambiental en el ciclo de vida de una infraestructura lineal de transporte	17
2.1.	Organización e integración de las herramientas ambientales	17
2.2.	Responsabilidades de los principales agentes implicados en el desarrollo del PVA	23
2.3.	Claves de la vigilancia ambiental	24
3.	Análisis de los seguimientos de pasos de fauna	29
3.1.	Revisión de proyectos y metanálisis	29
4.	Fundamentos de diseño de muestreos y aplicación al seguimiento ambiental	41
4.1.	Fase de estudio y proyecto	41
4.2.	Fase de construcción	44
4.3.	Fase de explotación y conservación	46
4.4.	Aplicación del diseño experimental en la evaluación de las medidas preventivas, mitigadoras y compensadoras en las infraestructuras de transporte	47
5.	Prescripciones y fichas descriptivas con métodos de seguimiento ambiental	55
5.1.	Prescripciones	55
5.2.	Fichas descriptivas	56
6.	Bibliografía y Apéndice	139

1

Presentación

1

Presentación

2

Seguimiento
y vigilancia

3

Análisis de
seguimientos

4

Diseño de
muestreos

5

Fichas
descriptivas

6

Bibliografía y
Apéndice

1.1 Antecedentes

El desarrollo de infraestructuras de transporte en España se ha intensificado enormemente durante los últimos 30 años, generando una densa red en la que se ejecutan numerosos proyectos de mantenimiento y mejora y que se amplía constantemente mediante nuevos proyectos de construcción. Paralelamente a este desarrollo y fruto de una mayor preocupación medioambiental, también se ha incrementado el conocimiento sobre el impacto de esas infraestructuras sobre el medio donde se asientan y se han desarrollado estrategias de prevención, mitigación y compensación de dichos impactos. Entre ellos, destaca el efecto fragmentador de los hábitats y las poblaciones animales que los ocupan, con la consecuente disminución de los servicios ecosistémicos que proveen. En los años 80 empezaron a construirse en Europa las primeras estructuras diseñadas para paliar este efecto fragmentador, al facilitar que la fauna atravesase con seguridad las vías de transporte. Actualmente, las estructuras específicas para permeabilizar las infraestructuras de transporte se consideran inherentes a la construcción y reacondicionamiento de carreteras y vías férreas en un buen número de países. En España existe, desde hace más de 20 años, el grupo de trabajo sobre fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, actualmente perteneciente a la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Este grupo de trabajo es responsable, entre otras cosas, de la elaboración de la serie de Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte. Hasta la fecha se han publicado siete documentos de prescripciones técnicas para dar a conocer la problemática y ofrecer soluciones técnicas aplicables en las distintas fases de

vida de estas infraestructuras, que permitan prevenir y mitigar la fragmentación de los hábitats y las poblaciones de especies silvestres. En este nuevo documento de la serie se presentan herramientas y criterios técnicos para que las evaluaciones del efecto fragmentador de las vías o de la efectividad de las medidas implementadas para prevenir, mitigar o compensar este efecto se basen en una información de calidad y cantidad suficiente, ofrezcan conclusiones sólidas y sean replicables y re-analizables por actores diferentes a los que realizaron el seguimiento.

1.2 Justificación

La legislación sobre impacto ambiental establece que todos los proyectos de carreteras y vías férreas incluidos en los Anexos I y II de la Ley 21/2013 deben someterse a una evaluación de impacto ambiental y dotarse de un plan de seguimiento ambiental. La Ley de Evaluación Ambiental (Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre) completa la trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2014/52/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril, por la que se modificó la Directiva sobre Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de Proyectos (Directiva 2011/92/UE). Tanto en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), como en la propia Declaración de Impacto Ambiental (DIA), la ley contempla explícitamente la necesidad de elaborar un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que “garantice el cumplimiento de las indicaciones y de las medidas previstas para prevenir, corregir y, en su caso, compensar, contenidas en la EIA, tanto en la fase de ejecución como en la de explotación...”.

Las estructuras de permeabilización o cruce son parte de las medidas para prevenir y corregir el impacto de las infraestructuras de transporte sobre la fauna. No obstante, el simple hecho de construirlas no garantiza la disminución de atropellos de fauna ni la reconexión de las poblaciones animales residentes a ambos lados de la infraestructura. La eficacia de estas medidas correctoras puede incrementarse mejorando aspectos de diseño, ya que las especies presentan diferentes niveles de aceptación y uso (Rytwinski y Fahrig 2012). Pero estas mejoras pueden no ser tampoco suficientes para solventar con éxito los problemas de fragmentación de hábitats. Resultan imprescindibles tanto una adecuada ejecución de las estructuras de permeabilización como la corrección de los procesos de degradación (previsibles o imprevisibles) que puedan disminuir su eficacia una vez instaladas. Por ejemplo, la reducción de atropellos suele requerir que las estructuras de permeabilización se complementen con la instalación y el adecuado mantenimiento de un vallado perimetral (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015; Rytwinski et al. 2016). En el caso de la reconexión de poblaciones, es importante señalar que se han documentado casos en los que, a pesar de haber registrado el paso de individuos a través de estas estructuras (lo que suele definirse como “uso” de la estructura de cruce), las poblaciones han seguido separadas a nivel genético. Esta fragmentación “oculta” puede generarse por diversos mecanismos, incluyendo sesgos en la sex-ratio de los individuos que usan las estructuras de cruce (Matos et al. 2017; Sawaya et al. 2019). Es necesario, por tanto, diferenciar el mero “uso” (es decir, el hecho de que se produzcan cruces), de la efectividad real de los pasos de fauna para mitigar los problemas de fragmentación.

El PVA es el instrumento habilitado para evaluar, entre otras cosas, dicha efectividad y el documento n.º 2 de esta serie, *Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas*

correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2008) constituyó una de las primeras guías para su diseño y elaboración. La experiencia acumulada durante este tiempo muestra, sin embargo, que los seguimientos ambientales dirigidos a evaluar dicha efectividad, formen o no formen parte de un PVA, son, a menudo, deficientes, tanto en lo referente a sus contenidos como a los procedimientos empleados en su ejecución. En el caso específico de la fragmentación de hábitats por vías de comunicación, los seguimientos frecuentemente carecen de metodologías contrastadas desde el punto de vista científico-técnico que permitan evaluar adecuadamente el efecto fragmentador de la vía y su posible mitigación por medio de estructuras de cruce. Es infrecuente, por ejemplo, que se definan de forma clara y explícita la pregunta o preguntas que pretenden responderse con cada estrategia de seguimiento, que se definan las especies objetivo o los esfuerzos de muestreo o que se justifique la selección de las técnicas de muestreo empleadas. La alta frecuencia con la que se detectan estas deficiencias puede deberse, al menos en parte, al hecho de que las metodologías validadas y estandarizadas desde el punto de vista científico-técnico no estén inmediatamente disponibles, encontrándose dispersas en muy diversas fuentes, algunas de ellas de difícil acceso. También contribuye la dificultad de consulta de la información generada por los seguimientos ambientales de los proyectos ya ejecutados, lo que impide el análisis crítico de su adecuación a los objetivos planteados y, muy especialmente, la descripción de los errores cometidos. Esto hace difícil que los nuevos proyectos puedan incorporar lo aprendido de experiencias anteriores.

En este volumen, tras resumir muy brevemente el marco administrativo y legal que rige la evaluación y seguimiento de los impactos de las vías de comunicación, se analiza la información generada por numerosos seguimientos ambientales sobre el uso y la

efectividad de más de 1.000 estructuras de cruce instaladas en infraestructuras lineales de transporte del territorio español. Se describen las metodologías más ampliamente utilizadas en los seguimientos y las limitaciones en su uso, tanto las intrínsecas de las técnicas (p.ej. variaciones en la probabilidad de detección de diferentes organismos) como en el diseño y planificación del seguimiento, su ejecución y documentación. Los resultados de estos análisis junto con los avances recientes en el seguimiento de estructuras de paso, reflejados en la bibliografía, permiten ofrecer un conjunto de prescripciones y recomendaciones para mejorar la estandarización de los protocolos de toma de datos en los seguimientos ambientales asociados a infraestructuras de transporte, incluyendo conceptos básicos y metodologías de diseño experimental para el seguimiento de la efectividad de las medidas de mitigación del efecto fragmentador de las vías de comunicación.

1.3 Objetivos

Es objetivo del documento proveer las herramientas necesarias para que el diseño de los seguimientos ambientales, la toma de datos y su posterior gestión garanticen la extracción de conclusiones robustas sobre la efectividad de las medidas de mitigación del efecto fragmentador de las vías de transporte. El uso de esas herramientas hará posible mejorar la utilidad, aplicabilidad y replicabilidad de los resultados de los seguimientos y facilitará la difusión del conocimiento generado en los mismos para mejorar proyectos futuros. Se pretende, en última instancia, que la publicación de este documento constituya un punto de inflexión a partir del cual se produzca un incremento significativo de la calidad de los seguimientos ambientales asociados a las infraestructuras lineales de transporte y, particularmente, de la evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación.

1.4 Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de estas prescripciones técnicas son los seguimientos ambientales asociados a cualquier fase del ciclo de vida de las vías de transporte (estudio, diseño, construcción, explotación y conservación).

Su impacto sobre el medio debe ser identificado, evitado, minimizado y restaurado, y, en su caso, deberá ser compensado siguiendo el esquema jerárquico clásico de los procedimientos destinados a evitar la pérdida neta de biodiversidad, como es el caso de la EIA. Para ello es necesario considerar las fases de planificación, ejecución y documentación de los seguimientos ambientales, que en este caso abarcaría desde los primeros muestreos asociados al inventario ambiental hasta las diferentes tareas de vigilancia recogidas en la DIA. No obstante, también se llevan a cabo seguimientos ambientales en otros escenarios no necesariamente vinculados a la EIA (desarrollo de medidas compensatorias, actuaciones de desfragmentación y otros procedimientos), para los que este documento también pretende ser útil.

1.5 Destinatarios

Como el resto de la serie de Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, este documento se dirige a los profesionales de la planificación, proyección, construcción, explotación y conservación de las infraestructuras de transporte terrestre, tanto del ámbito público como privado. Dentro de este amplio abanico profesional, los contenidos del texto serán de especial interés para los técnicos involucrados en los procedimientos de EIA, en la vigilancia de la ejecución de los proyectos y en los PVA, pero también para los profesionales que efectúan el diseño y la ejecución de los estudios de seguimiento de la efecti-

vidad de las medidas correctoras del efecto barrera, estén incluidas o no en un procedimiento de EIA.

Este documento se dirige, además, a las administraciones y empresas que participan en la explotación de estas infraestructuras, tanto en tareas de mantenimiento como en las relacionadas con la seguridad vial. En particular, el texto puede ser de especial interés para las empresas dedicadas a la conservación integral de las vías o para los agentes forestales y de tráfico, que desarrollan tareas para el seguimiento de la efectividad de las medidas destinadas a minimizar los impactos de las infraestructuras sobre la fauna. También para los proyectistas, directores de proyecto, directores de obra e inspectores de concesionarias.

Las personas implicadas en estas labores o responsables de ellas encontrarán en estas páginas, indicaciones y protocolos útiles para aprovechar, en beneficio de la protección y conservación del medioambiente, la ingente cantidad de información que se ha ido acumulando gracias al quehacer diario de muchos profesionales.

Finalmente, este documento será previsiblemente muy útil para los profesionales de la formación en las áreas de las infraestructuras y el medioambiente.



Vista aérea de paso inferior en la A-494, en el límite suroccidental del Espacio Natural de Doñana. Foto: Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía.

2

El seguimiento y la vigilancia ambiental en el ciclo de vida de una infraestructura lineal de transporte

1

Presentación

2

Seguimiento
y vigilancia

3

Análisis de
seguimientos

4

Diseño de
muestreos

5

Fichas
descriptivas

6

Bibliografía y
Apéndice

2.1 Organización e integración de las herramientas ambientales

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, establece en su Anexo I que todos los proyectos de construcción o ampliación de carreteras y vías férreas deberán someterse a evaluación ambiental. Esta evaluación podrá ser ordinaria o simplificada en función de las características del proyecto, según los criterios establecidos en los Anexos I y II de la citada ley. Su objetivo es el de reducir en lo posible el impacto de la infraestructura sobre el medio, promoviendo la continuidad de hábitats y de poblaciones silvestres a un lado y a otro de la infraestructura. El desarrollo de la evaluación ambiental está regulado por la Ley 21/2013 y por su actualización de diciembre de 2018 (Ley 9/2018), así como por normativas complementarias y adicionales desarrolladas por las comunidades autónomas. De forma complementaria, la ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental es aplicable a cualquier actividad que pudiera provocar daños al medioambiente, incluso en el caso de que estos fueran accidentales o imprevisibles. Considera que se deberá devolver los recursos naturales dañados a su estado original, sufragando el operador responsable de los daños el total de los costes a los que asciendan las correspondientes acciones preventivas o reparadoras.

Los elementos más importantes de la evaluación ambiental se desarrollan y se aplican en diferentes fases sucesivas que conforman el ciclo de vida de las infraestructuras (planificación, proyecto, construcción y explotación; véase Figura 1). Así, el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y la consecuente Declaración de Impacto Ambiental (DIA) se centran en la fase de estudio del proyecto, mientras que el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) se plantea en la fase de estudio (junto con el EsIA y la DIA), se dimensiona en la fase de proyecto (sin super-

visión por parte del Órgano Ambiental) y se aplica fundamentalmente en las fases de construcción y explotación. La Figura 1 presenta, de forma muy resumida, los principales documentos relativos a la evaluación de impacto ambiental que se elaboran durante las diferentes fases del proyecto, así como las actuaciones necesarias para su elaboración.

Por otra parte, las diferentes administraciones pueden, al margen del procedimiento general de EIA, promover estudios sobre la efectividad de las medidas mitigadoras o compensatorias destinadas a prevenir o reducir el efecto barrera causado por las infraestructuras lineales de transporte. Administrativamente, dichas actuaciones son mucho más simples, pero también implican el diseño y ejecución de seguimientos ambientales o el análisis de la información proveniente de estos.

En la Figura 2 se representa el encaje de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental en un contexto más amplio de planificación y ordenación territorial y se subrayan en color verde aquellas actuaciones relacionadas con la elaboración y aplicación del PVA (para más detalles, véase Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2008).

Con carácter general, el procedimiento es el siguiente: cuando se plantea la necesidad de una infraestructura de transporte, su promotor encarga la realización de un estudio informativo que analice la selección de la mejor alternativa para su implantación en el territorio. Sobre dicho estudio informativo se lleva a cabo la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y la posterior DIA por parte del órgano ambiental competente, que será el encargado de elaborar, en su caso, el Informe de afección a Red Natura 2000 y a especies y hábitats de las Directivas Aves y Hábitats. Previa a la aprobación definitiva del estudio informativo, este debe incorpo-

rar las consideraciones contenidas en la DIA. Posteriormente se elaboran tanto el proyecto de trazado como el proyecto constructivo, que incluirán de forma detallada las medidas preventivas, correctoras y compensatorias planteadas en la EIA y en la DIA.

En este punto es necesario aclarar que el término de “medidas compensatorias” pue-

de hacer referencia a dos tipos de medidas: aquellas establecidas a raíz de la afección a espacios de la Red Natura 2000, especies de la Directiva Aves o hábitats de la Directiva Hábitats, cuyo procedimiento y protocolo de actuación están perfectamente definidos en dichas directivas, y aquellas establecidas en el DIA para compensar los impactos resi-

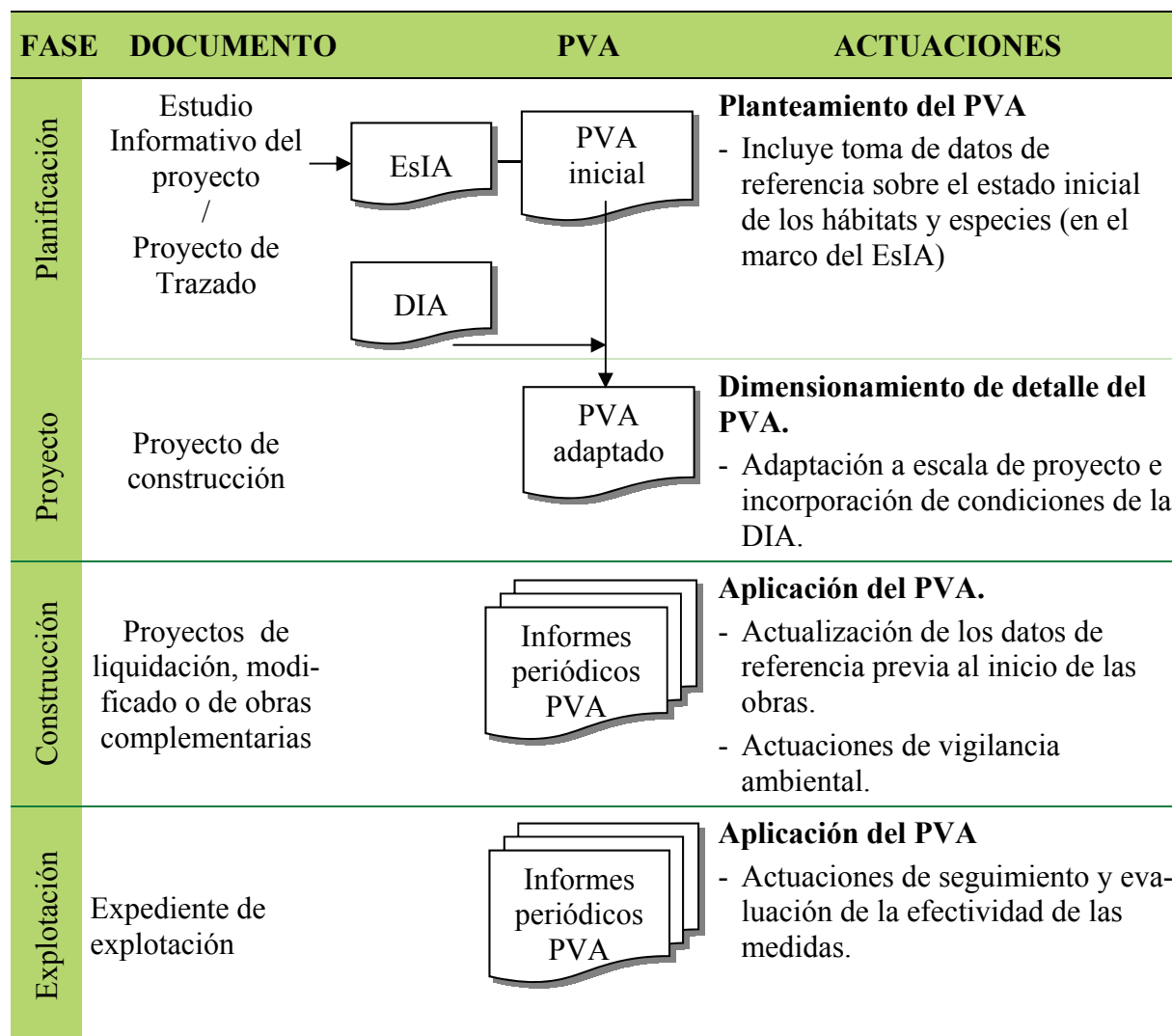


Figura 1. Estructura general de la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura a la que se aplica. DIA es el acrónimo de Declaración de Impacto Ambiental, PVA de programa de vigilancia ambiental y EsIA de Estudio de Impacto Ambiental.

duales que el proyecto pueda tener sobre el medio y que no siguen un protocolo específico. A pesar de dichas diferencias, que deberán ser consideradas por los agentes implicados en su gestión, en este documento se hará uso del término de forma global, incluyendo ambos tipos de medidas.

Cuando se alcanza este nivel de detalle del proyecto, es necesario adaptar el PVA, definir las variables que serán objeto de seguimiento durante la fase constructiva y la de explotación de la vía, estableciendo los lugares de muestreo donde se tomará la información ambiental necesaria tanto para actualizar los datos de referencia de la situación previa a la construcción de la vía como para evaluar el impacto de la infraestructura (véase Capítulo 4), incorporando, además, las variables derivadas de los condicionados de la DIA. Es durante la fase de explotación cuando se lleva a cabo el seguimiento y evaluación de las medidas de desfragmentación instaladas en la vía. Puesto que los seguimientos ambientales no son exclusivos de la EIA, este documento también pretende servir de guía para contribuir a su mejora y estandarización, haciéndolos más útiles tanto para la evaluación de los impactos de una infraestructura concreta o de la mitigación de estos a través de diferentes medidas como para entender de forma más general los efectos de las vías de transporte sobre el medioambiente.

En el caso del procedimiento de EIA, este incluye, generalmente, numerosos seguimientos ambientales de diferente naturaleza, por lo que es necesario conocer de forma detallada el procedimiento administrativo inherente a la EIA para proponer mejoras. Las Figuras 3 y 4 ofrecen un resumen de los trámites y estudios que se llevan a cabo en la EIA ordinaria y simplificada, respectivamente. Se sintetizan los pasos más importantes y la contribución de cada uno de los órganos implicados. Dada su importancia de cara a mejorar el seguimiento

ambiental dentro de la EIA, es necesario subrayar la conveniencia de considerar el procedimiento de actuaciones previas de la EIA ordinaria, a pesar de que, actualmente, no es de obligado cumplimiento para el caso general, por lo que no todas las administraciones públicas lo contemplan dentro de la tramitación ambiental. En estas actuaciones previas, el promotor presenta el Documento Inicial para solicitar la elaboración del Documento de Alcance por parte del Órgano Ambiental. En este documento de alcance se informa al promotor sobre la amplitud y nivel de detalle que deberá tener el proyecto en relación a su impacto sobre el medio, además de información adicional recabada de las administraciones públicas afectadas y personas interesadas. Toda esta información es susceptible de ser incorporada a la primera versión del PVA, lo que permitirá al promotor tener un mejor conocimiento de los impactos potenciales y estimar mejor los recursos necesarios para elaborar un EsIA y PVA ajustados al proyecto.

En caso de no llevarse a cabo estas actuaciones previas, el proceso de EIA ordinaria comienza con la elaboración del EsIA, que debe incorporar los diseños metodológicos y registro estandarizado de datos, que serán de aplicación tanto en la elaboración del propio EsIA como en el planteamiento y desarrollo del PVA. El PVA necesitará estos valores de referencia previos a la ejecución del proyecto para evaluar correctamente tanto los impactos como la efectividad de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias. El PVA, además, deberá ir incorporando las consideraciones introducidas durante el periodo de información pública del proyecto (que en ocasiones consiste en más de una ronda de consultas) y las mejoras sugeridas durante el análisis técnico del proyecto, así como por la DIA (véase Figura 3).

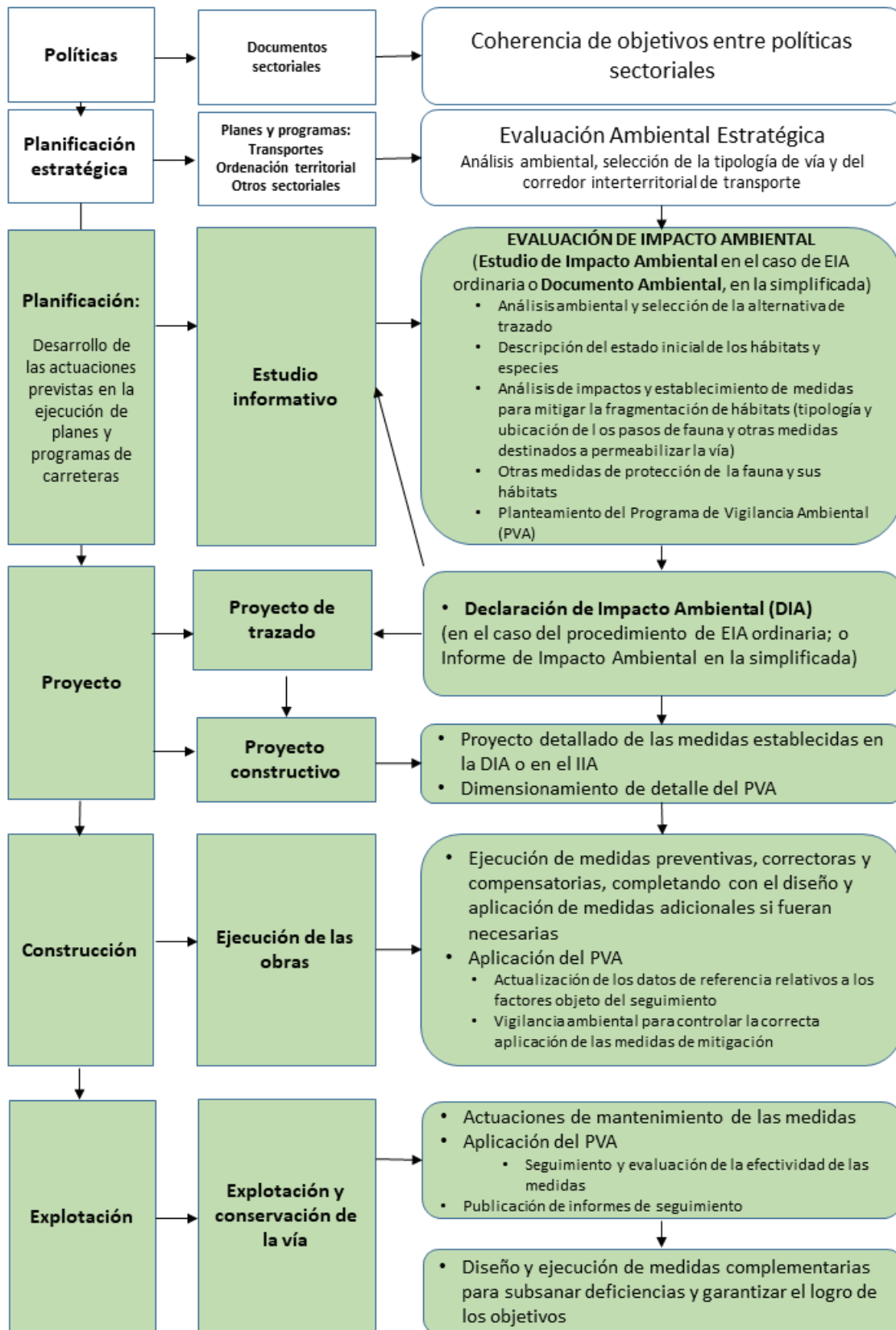


Figura 2. Contexto de aplicación de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) detallando las fases del ciclo de vida de la infraestructura y los procedimientos para mitigar su impacto ambiental. En verde se destacan las actuaciones relacionadas con la elaboración y aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

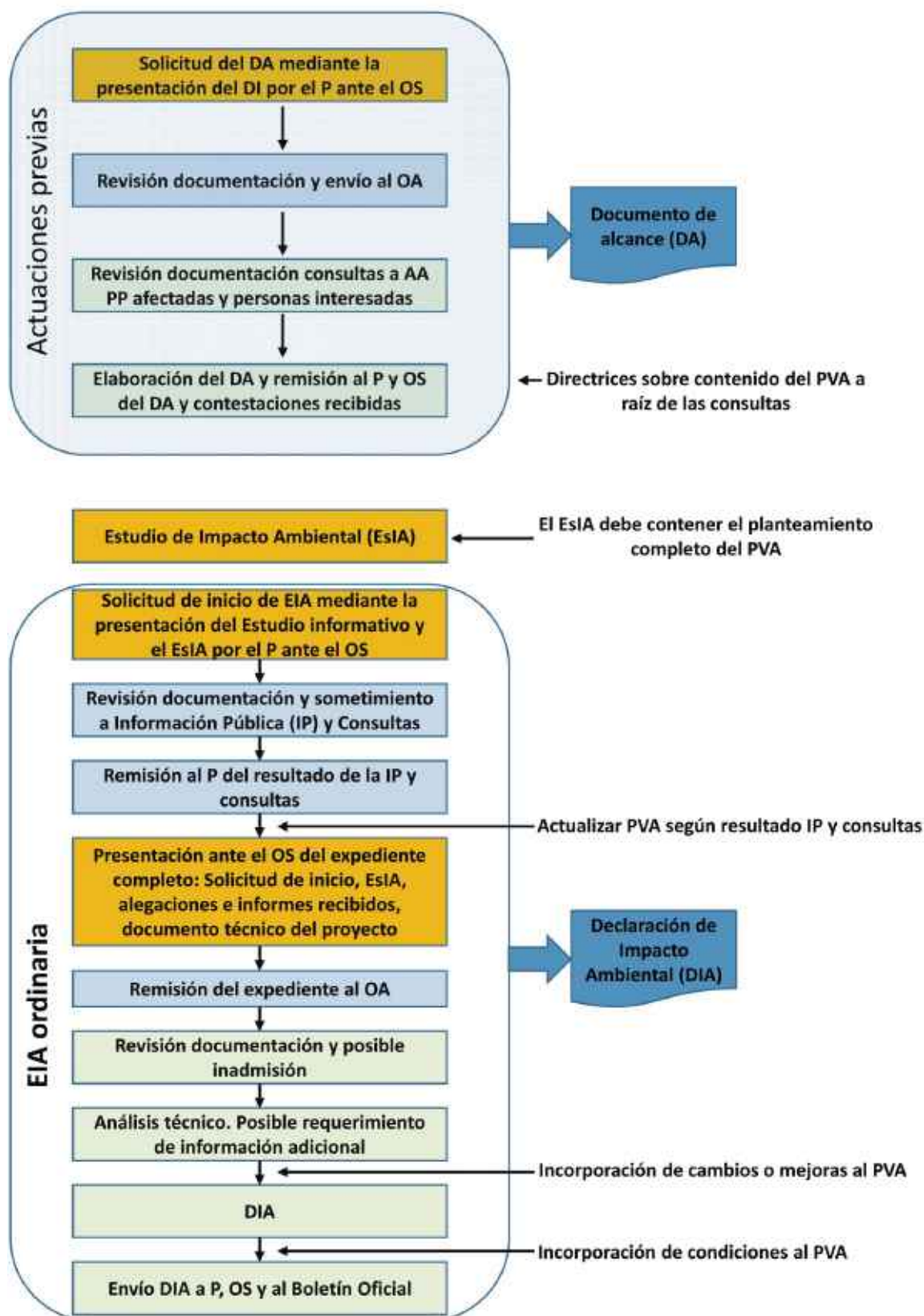


Figura 3. Esquema del procedimiento administrativo inherente a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) ordinaria y documentos generados durante las distintas fases (flechas azules). Con flechas negras se indican los pasos en los que el PVA puede requerir de actualización. Se utilizan los siguientes acrónimos, no explicados en la propia figura, para el Promotor: P, el Órgano Sustantivo: OS, el órgano ambiental: OA y las Administraciones Públicas: AAPP.

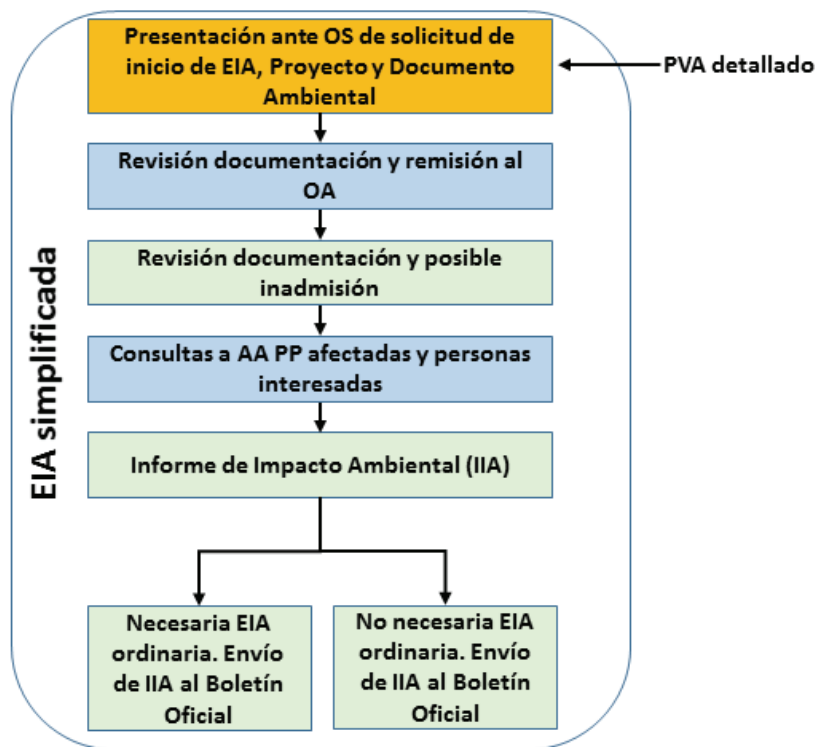


Figura 4. Esquema del procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) simplificada. Se utilizan los siguientes acrónimos, no explicados en la propia figura, para el Órgano Sustantivo: OS, el órgano ambiental: OA y las Administraciones Públicas: AAPP.

En el caso de que el proyecto no requiera el desarrollo de una EIA ordinaria, se llevará a cabo una EIA simplificada. Como su nombre indica, esta es menos exhaustiva tanto en los trámites administrativos como en la complejidad documental. No obstante, el seguimiento ambiental, necesario para elaborar y aplicar tanto el documento ambiental como el PVA, es susceptible de mejora con base en los mismos criterios planteados para el procedimiento de EIA ordinaria (planificación y estandarización de la toma de datos durante todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura).

2.2 Responsabilidades de los principales agentes implicados en el desarrollo del PVA

Como se ha comentado líneas arriba, en todo proceso de EIA pueden distinguirse cuatro figuras principales: 1) el promotor, 2) el órgano sustantivo, 3) el órgano ambiental y 4) las administraciones públicas afectadas y personas interesadas (Figura 3). Estos últimos pueden solicitar la incorporación al proyecto de información adicional aportada por ellos. Las atribuciones de las otras tres figuras en el proceso de evaluación de impacto ambiental son las siguientes:

2.1.1 Atribuciones del promotor

- Solicita el documento de alcance, iniciando el procedimiento de actuaciones previas en la EIA ordinaria.

- Solicita la autorización para la ejecución del proyecto.
- Contrata la dirección de obra y la dirección ambiental de obra, de forma conjunta o independiente.
- Asume los costes y las tareas administrativas y técnicas, incluyendo el proyecto constructivo, la elaboración y costes del correcto desarrollo del EsIA, incluyendo el PVA y los informes de vigilancia correspondientes. Es responsabilidad del promotor ajustar el nivel de detalle del PVA a las distintas fases del ciclo de vida del proyecto (estudio, diseño, construcción y explotación).
- Se encarga de la ejecución de otras tareas: mantenimiento de cerramientos y estructuras de pasos de fauna, retirada de animales atropellados, etc. Es responsable de la ejecución y asunción de costes de las medidas compensatorias establecidas en la DIA.

2.1.2 Competencias del Órgano Sustantivo

Aunque el promotor y el órgano sustantivo pueden ser el mismo (como es el caso de grandes infraestructuras viarias en las que es el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana o el órgano autonómico equivalente quien promueve la obra), a efectos administrativos son dos entes perfectamente diferenciados y delimitados en sus atribuciones. Así, el órgano sustantivo:

- Comprueba la adecuación del proyecto a la legislación vigente (incluida la ambiental) y concede la autorización.
- Supervisa la incorporación del PVA al estudio de impacto ambiental.
- Vela por el “adecuado diseño de detalle de las medidas correctoras y del PVA”.
- Garantiza el cumplimiento de la normativa general o específica, incluida la ambiental. Con respecto a la DIA, el artículo 52 de la ley 9/2018, establece que corresponde al órgano sustantivo o a los órganos que, en su caso, designen las CC. AA. respecto de los proyectos que no sean de competencia estatal, el seguimiento del cumplimiento de la DIA o del informe de impacto ambiental.
- Recibe los informes relativos al PVA y se encarga de su posterior tramitación al órgano ambiental correspondiente, si así lo requiere este.
- Recibe la información generada por la toma de datos que establezca el PVA o la DIA.

2.1.3 Competencias del Órgano Ambiental

- Define la amplitud y detalle del EsIA, lo valora y formula la DIA, que deberá reflejar de forma clara los requerimientos en materia de seguimiento ambiental para asegurar su cumplimiento de forma clara y efectiva.
- Es quien tiene competencia para establecer la viabilidad ambiental del proyecto con respecto a los valores ambientales del lugar en el que se asienta.
- Es quien establece las medidas para reducir su impacto y evalúa “la adecuación de las actuaciones de seguimiento y control en el PVA”.
- Orienta al promotor sobre los aspectos ambientales a considerar en el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas (incluyendo seguimientos específicos o medidas especiales en función de los impactos esperados).
- Pone a disposición del promotor toda la información relevante de que disponga para su consideración en el EsIA, especialmente aquellos seguimientos ambien-

tales que ya estuvieran en marcha (p. ej. especies amenazadas).

- Establece las medidas compensatorias necesarias para compensar el impacto residual del proyecto, procurando evitar la pérdida neta de biodiversidad. Dichas medidas compensatorias se establecerán de acuerdo con la normativa de cada espacio (véase aclaración en epígrafe 2.1). Asimismo, establece las medidas que puedan ser objeto de bancos de conservación, si estos estuvieran regulados oficialmente.
- Evalúa los contenidos del EsIA y las alegaciones recibidas. Tiene la potestad de requerir la aportación de información complementaria.
- En caso de afección a espacios de la red Natura 2000, hábitats de la Directiva Hábitats o aves de la Directiva Aves, es el encargado de elaborar el informe de afección a dichas figuras.
- En caso de que los daños causados por la infraestructura lleven consigo la aplicación de la ley de responsabilidad medioambiental, es el encargado de enviar el requerimiento para la corrección de dichos daños.
- Si bien la responsabilidad de la ejecución de la DIA no recae sobre el órgano ambiental, este puede en cualquier momento realizar comprobaciones y recabar información sobre su cumplimiento, así como evaluar la efectividad de las medidas practicadas.

2.1.4 Comisiones técnicas de seguimiento ambiental

En algunos casos, especialmente en obras de gran envergadura o complejidad o con una importante incidencia sobre el medioambiente, la DIA puede establecer la constitución de una comisión técnica de seguimiento ambiental (también llamada

comisión mixta de seguimiento y control ambiental), así como su composición y funcionamiento. Esta comisión suele estar compuesta por profesionales representantes de los diferentes agentes implicados en el proyecto: el promotor y la dirección facultativa, la dirección ambiental de obra, el órgano sustantivo, el órgano ambiental y otras administraciones o entidades implicados en el desarrollo del proyecto o relacionados con la gestión de algún aspecto concreto (agua, biodiversidad, residuos, patrimonio, etc.). Puede permanecer en vigor desde la emisión de la DIA hasta la finalización del seguimiento de la fase de explotación.

El objetivo de esta comisión es contribuir a una mejor coordinación de los distintos agentes implicados en la construcción y evaluación ambiental del proyecto. Además, simplifica el proceso de evaluación de los informes, facilitando el consenso respecto a la modificación de las medidas establecidas que suelen surgir debido a los imprevistos característicos de la ejecución de las obras.

2.3 Claves de la vigilancia ambiental

El objetivo principal del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es “la evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles, directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la flora, la fauna, la biodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua y los factores climáticos, entre otros”. El EsIA debe incluir un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas preventivas, correctoras y compensatorias contenidas en el EsIA. El PVA debe asimismo contemplar la posibilidad de que se produzcan impactos diferentes a los previstos, tanto en naturaleza como en intensidad, que será necesario corregir o minimizar en un proceso de continuo refinamiento que redunde en un menor impacto de la vía sobre el entorno. Además, hay que

tener en cuenta que la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) puede establecer condiciones adicionales sobre vigilancia y seguimiento que han de ser incorporados a los PVA.

Al margen del procedimiento de EIA, las diferentes administraciones pueden promover seguimientos ambientales sobre cualquiera de los aspectos citados anteriormente, por lo que pueden ser de aplicación alguno de los objetivos particulares considerados en este procedimiento:

A. La caracterización de los hábitats y las poblaciones en el entorno de las infraestructuras y el seguimiento de la evolución de los elementos ambientales relevantes antes, durante y después de la ejecución del proyecto. Dicho seguimiento se basa en la comparación de la situación previa a la implantación de la infraestructura (fase de estudio) con las fases subsiguientes de construcción y explotación de esta. En dicha comparación se usan como referencia los muestreos llevados a cabo para completar el inventario ambiental del EsIA, por lo que resulta crucial que sean suficientes (espacial y temporalmente) y estén bien definidos y documentados (véase Capítulo 4). Esta información también permitirá evaluar el efecto fragmentador de la infraestructura sobre los hábitats y poblaciones de su entorno. La calidad del diseño de los muestreos y su documentación en el inventario ambiental condiciona profundamente la capacidad de evaluación de cualquier seguimiento ambiental ejecutado en fases subsiguientes.

B. La detección y corrección de desviaciones con relevancia ambiental respecto a lo proyectado en las diferentes fases del ciclo de vida de la infraestructura. En este apartado, la comparación con la situación previa vuelve a ser crucial, dando de nuevo relevancia a la calidad de la información recogida para el inventario ambiental del EsIA, que no podrá limitarse a una mera recopilación bibliográfica con visitas esporádicas al lugar en que se desarrolle el proyecto.

C. La supervisión de la correcta ejecución de los elementos constructivos que configuran las estructuras de permeabilización de las infraestructuras o de la protección de la fauna (pasos de fauna, sistemas de escape, sistemas anticolidión, mallas y barreras), así como de su mantenimiento durante la fase de explotación (véanse criterios en Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2015).

D. La evaluación de la efectividad de las estructuras correctoras y de la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas, así como diseñar mecanismos de actuación ante la aparición de efectos inesperados o mal funcionamiento de las medidas correctoras previstas. Dicha efectividad debe entenderse no solo en el sentido de que la medida o el conjunto de medidas haya sido construida de forma correcta, sino que además cumpla con el objetivo para el que fue construida (evite o reduzca los impactos sobre la biodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, las poblaciones humanas o el patrimonio cultural). Se debe velar, además, por la sinergia positiva entre medidas destinadas a corregir diferentes impactos, evitando que unas medidas comprometan la efectividad de otras.

En el caso de las medidas permeabilizadoras, la evaluación de su efectividad debe verificar que efectivamente contribuyen, tanto de forma individual como conjunta con el resto de las medidas, a que los individuos presentes a ambos lados de la infraestructura se comporten como una única población, usando el hábitat presente a un lado y otro de la infraestructura, sin que ello afecte a parámetros esenciales de su dinámica poblacional (natalidad, mortalidad, inmigración y emigración). Al ser un objetivo frecuente de las diferentes administraciones implicadas, la evaluación de la efectividad de las medidas mitigadoras cobra especial relevancia en los seguimientos ambientales no asociados al procedimiento de EIA.

En el escenario de EIA es evidente que el conjunto de estudios y análisis particulares que conforman el EsIA para identificar, evaluar, predecir, prevenir, mitigar y compensar el impacto del proyecto evaluado sobre el medio es muy amplio y generalmente complejo. Por ello conviene contar, desde las fases más tempranas, con un diseño y una planificación del seguimiento ambiental que permitan extraer resultados fiables y robustos que garanticen la toma de decisiones informadas. En el siguiente capítulo se analizan diferentes estudios de evaluación de la efectividad de las medidas correctoras y se ofrecen protocolos de mejora sobre sus aspectos más limitantes.

3

Análisis de los seguimientos de pasos de fauna

1

Presentación

2

Seguimiento
y vigilancia

3

Análisis de
seguimientos

4

Diseño de
muestreos

5

Fichas
descriptivas

6

Bibliografía y
Apéndice

3.1 Revisión de proyectos y meta-análisis

Siguiendo las directrices legales, durante los últimos años se han desarrollado en España numerosos seguimientos de estructuras de cruce para la mitigación del efecto barrera de las vías de comunicación. La gran cantidad de información generada debería haber sido una base robusta para aprender de posibles errores de diseño de las estructuras de cruce, de los seguimientos o de ambos, y para desarrollar estrategias estandarizadas y sólidas para la evaluación de la eficacia de estas estructuras. Sin embargo, este proceso de aprendizaje se ha visto limitado por la falta de acceso público a los informes de seguimiento ambiental en España. Dicho acceso, bien mediante la publicación de dichos informes en revistas científico-técnicas o bien en virtud del derecho de acceso a la información ambiental que otorga la ley 27/2006, de 18 de julio, que incorpora las directrices de la Unión Europea 2003/4/CE y 2003/35/CE, habría permitido someter a escrutinio los trabajos realizados. A pesar de ello, la mayor parte de los seguimientos ambientales terminan su ciclo de vida en forma de informe final, archivado por las administraciones que encargaron o requirieron el seguimiento.

Realizamos aquí una primera revisión de informes de seguimiento ambiental a partir de documentos proporcionados por la Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico que han sido puestos a disposición para este estudio por las administraciones competentes, en el seno del Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte. Los objetivos de la revisión

son: a) conocer el tipo de información que se está registrando y almacenando; b) identificar posibles errores y limitaciones en los diseños de los muestreos y toma de datos, y c) extraer patrones generales de eficacia de las diferentes estructuras de cruce para distintas especies o grupos de especies, a través de un meta-análisis. Los resultados obtenidos se usan, además, como base para generar prescripciones y recomendaciones para el seguimiento de las estructuras de cruce por la fauna en vías de transporte. Se ofrece aquí una versión simplificada, huyendo de las complejidades de los procedimientos y las metodologías de análisis.

3.1.1 Información recogida: limitaciones y preparación para el análisis de datos

En total se recopilaron 48 documentos, correspondientes al seguimiento de 65 tramos de infraestructuras de transporte entre 2001 y 2016, de las que 11 fueron líneas de ferrocarril de alta velocidad y el resto carreteras. En estos tramos se analizaron 1.078 estructuras de cruce para la fauna, es decir, un promedio de 15.8 estructuras de cruce por cada tramo (mínimo: 1; máximo: 122). Estas estructuras de cruce fueron muy diversas, tanto en tipología como en dimensiones (véanse Tabla 1 y Fichas 13 y 14). La clasificación de las estructuras en tipologías presentó a menudo dificultades, ya que la descripción de las estructuras no fue homogénea entre los distintos documentos, lo que también hizo difícil extraer información que fuera directamente comparable. Para muchas estructuras no se aportó información sobre las dimensiones o se hizo de forma parcial, faltando algunas de las medidas posibles (compárense tamaños de

muestra en Tabla 1. Véase Ficha 14). Además, es probable que exista variación en la forma en la que se midieron las dimensiones de las diferentes estructuras de paso, aunque resulta difícil saberlo con certeza a partir de la información contenida en los documentos, lo que genera incertidumbre en la interpretación de las dimensiones registradas (véase p. ej. longitud máxima en viaductos; Tabla 1) y su influencia sobre la efectividad de las estructuras. Tampoco fue

homogénea la información sobre aspectos muy relevantes de las estructuras de cruce, como la presencia de cercados perimetrales de exclusión y sus características. De la revisión de las dimensiones se puede concluir, además, que algunas de ellas no siguen las prescripciones recogidas en el documento número 1 de esta serie (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2015).

Tabla 1. Número de estructuras de cruce de acuerdo con su tipología (véase Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2015) y medidas principales (promedio \pm desviación estándar, mínimo-máximo y tamaño de muestra). Se advierte que en viaductos la forma de medir la anchura y la longitud pudo ser intercambiada (véase Ficha 14).

		N	Longitud	Anchura	Altura
PASOS INFERIORES	General	233	39.6 \pm 19.4 (6-90) n=170	7.4 \pm 5.6 (1.8-70) n=218	4.2 \pm 1.7 (1.1-8.5) n=220
	Específicos para la fauna	77	37.6 \pm 17.0 (12-96) n=75	10.8 \pm 9.3 (2-60) n=77	4.63 \pm 2.25 (1.2-15) n=77
	Multifuncionales	43	36.7 \pm 17.1 (14-85) n=37	6.9 \pm 2.4 (3-12) n=39	4.8 \pm 1.5 (2-8.8) n=39
	Obras de drenaje	366	41.7 \pm 23.4 (5-196) n=339	3.1 \pm 2.7 (0.8-31.5) n=290	2.3 \pm 1.0 (0.8-8) n=289
	Drenajes adaptados a la fauna	134	34.4 \pm 18.9 (9.7-93) n=97	4.5 \pm 2.6 (1.8-15) n=126	2.9 \pm 1.35 (1.8-12) n=123
	Puente	2	12.5 \pm 2.5 (10-15) n=2	7.5 \pm 4.5 (3-12) n=2	2.0 \pm 1.0 (1-3) n=2
	Viaducto	72	361.5 \pm 331.5 (16-1176) n=68	33.3 \pm 42.4 (6-214) n=32	35.8 \pm 54.9 (5-280) n=35
PASOS SUPERIORES	General	103	79.4 \pm 62.3 (6-370) n=99	7.5 \pm 2.2 (2-20) n=100	5 \pm 1 (4-6) n=2
	Específicos para la fauna	15	55.0 \pm 18.0 (15-83) n=14	11.2 \pm 5.1 (2-20) n=15	2.4 \pm 1.1 (1.3-3.5) n=2
	Multifuncionales	7	127.6 \pm 91.3 (27-315) n=7	9.9 \pm 8.6 (5-30) n=7	6 n=1
	Ecoducto	6	37.5 \pm 24.9 (20-80) n=4	63.5 \pm 50.0 (15-155) n=6	100.0 \pm 0 (100-100) n=2
	Túnel	15	511.0 \pm 557.7 (85-2020) n=15	145.3 \pm 91.5 (16-210) n=3	
	Falso túnel	5	107.8 \pm 27.1 (65-137) n=5	69.0 \pm 58.4 (15-140) n=5	

Los datos de uso de las estructuras por parte de la fauna fueron también muy heterogéneos, variando en cuanto a los métodos empleados, la intensidad del muestreo y la cantidad de información recogida, la clasificación de las observaciones o la agregación de datos procedentes de varios muestreos. Las metodologías más frecuentemente empleadas fueron el fototrampeo, las trampas de huellas con marmolina y la combinación de ambas técnicas (véase la descripción detallada de estas técnicas en la Ficha 9). La información extraída de los documentos tuvo también una resolución temporal muy variable. Así, los registros (las filas de la base de datos) pueden corresponder a la información acumulada para un cierto periodo de tiempo (p.ej. la periodicidad con la que se revisan las trampas de huellas) o ser registros únicos, que informan de un uso de la estructura hecho por una especie (p.ej. una fotografía con fecha y hora).

La variabilidad en las metodologías empleadas y en la agrupación temporal de la información obtenida dificultó enormemente el uso de indicadores de esfuerzo de muestreo. En el caso del seguimiento del uso de estructuras de cruce, el esfuerzo de muestreo sería el número de visitas que se realiza a la trampa de huellas o la cantidad de tiempo que una cámara está activa (asumiendo que cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor va a ser la probabilidad de detección). Conocer el esfuerzo de muestreo es, por tanto, fundamental para analizar la falta de uso de una estructura por parte de la fauna. Por ejemplo, no es lo mismo no fotografiar una especie usando una estructura cuando la cámara de fototrampeo ha estado activa un día que cuando ha estado una semana, un mes o un año. La incertidumbre sobre el no-uso aumenta al ser menor el esfuerzo de muestreo (en el ejemplo, sería difícil estar seguro de que una especie no usa la estructura si la cámara ha estado activa solo un día). Igualmente, no ofrece la misma información el hecho de que una especie haya usado el paso 17 veces en un periodo de una semana, o que esas 17 ve-

ces se hayan repartido a lo largo de todo un año. El esfuerzo de muestreo, por tanto, permite utilizar todos los datos obtenidos, teniendo en cuenta el esfuerzo realizado. Lamentablemente, solo el 3 % de los registros recopilados tenía indicadores genuinos de esfuerzo de muestreo, lo que supuso una extraordinaria limitación para su análisis, imposibilitando, por ejemplo, la comparación entre estructuras usadas y no usadas durante un muestreo determinado.

En general, los documentos no aportaron información sobre la fauna que *a priori* podría utilizar una estructura de cruce (por estar presente en el entorno de la estructura), a pesar de que esos datos son fundamentales para entender los factores que hacen que una especie haga o no haga uso de esa estructura. Una aproximación rudimentaria a esta información podría obtenerse de atlas y otras fuentes de datos sobre distribución de especies. Pero los seguimientos ambientales deberían ir más allá y establecer un diseño de muestreos que permita conocer no solo la presencia sino también la abundancia relativa (individuos por unidad de longitud o de superficie) de las especies que podrían usar una estructura de cruce en el entorno de esa estructura y, de ese modo, evaluar desde las primeras fases de estudio del proyecto su inclusión como especie objetivo del seguimiento.

En total, se analizaron 39.912 registros de pasos de fauna, es decir, en promedio 37 observaciones (mínimo: 1; máximo: 1.915) por estructura, durante todo el seguimiento. Antes de tener en cuenta todas las limitaciones mencionadas anteriormente, y otras relacionadas con las posibilidades de análisis de estos datos que se introducirán en adelante, resulta ya sorprendente el bajo número medio de cruces observado. Treinta y siete datos de presencia de algún animal en una estructura de cruce no parecen, de partida, una información suficiente para conocer el papel desfragmentador de esa estructura para el conjunto de especies que podrían verse beneficiadas por ella. De he-

cho, la cantidad de información disponible en promedio por estructura fue aún menor, ya que el cálculo de ese promedio debería haber incluido las estructuras en las que no se había generado ningún registro de uso, dato que se desconoce. Esta limitación en la cantidad de información disponible puede deberse a distintas razones ligadas a los seguimientos (no usar metodologías apropiadas o no ser lo suficientemente exhaustivos), a las estructuras de cruce (apenas estar siendo utilizadas) o a la conjunción de ambos factores.

Para poder emprender el análisis de la información recopilada, los datos brutos se sometieron a un proceso de reclasificación y limpieza en múltiples pasos, que se describen a continuación:

Paso 1. Reclasificación de especies o grupos de especies. Los documentos analizados recogen los datos de fauna a diferentes niveles taxonómicos, por lo que ha sido necesario estandarizar la forma de nombrar a las especies o grupos de especies. Tras esa estandarización se crearon dos niveles adicionales de agrupación de las especies, por afinidad taxonómica y en función del número de registros (p. ej. el gamo de la información original o Grupo 1 se agruparía con otros cérvidos en el Grupo 2 y con todos los ungulados en el Grupo 3; véanse Tabla 2 y Apéndice). Estas agrupaciones tienen el objetivo de generar grupos coherentes según criterios ecológicos (tamaño, comportamiento) que puedan ser analizados por acumular un número suficiente de observaciones.

Paso 2. Eliminación de datos sin información sobre el número de días que el método de muestreo utilizado estuvo obteniendo información. En este paso se eliminaron 1.490 registros (quedando 38.421).

Paso 3. Agregación temporal de registros. Algunos documentos presentaron la información de la forma más detallada posible, sin agregaciones de ningún tipo durante el periodo de muestreo (cada registro o entra-

da en la base de datos es una única observación de una especie). La mayoría de los documentos, sin embargo, presentaron los datos agregados por periodos de muestreo, por lo que fue necesario agregar los datos de los documentos más detallados para que todos los datos fuesen comparables. De este modo, 17.159 registros únicos tuvieron que ser agregados en forma de 4.480 registros de totales de individuos por especie y periodo (quedando un total de 25.798 registros).

Paso 4. Extracción de totales de individuos por periodo de muestreo. En este punto, 15.220 registros no tuvieron información sobre el periodo de muestreo. Se trató de rescatar parte de esos datos infiriendo los periodos de muestreo en los casos en los que no eran explícitos. Se usó la fecha del primer y el último registro para calcular la duración de estos periodos de muestreo. Fue posible realizar este proceso para 13.371 registros, aunque fue necesario agruparlos siguiendo las categorías del Grupo 2 (Tabla 3). En algunos casos (1.882 registros) solo se registraron eventos de paso de la estructura, sin contar el número de individuos que cruzaron durante el periodo de muestreo. Ocurrió en cruces de grupos de ungulados (cuando cruza un grupo grande) o en los estudios de seguimiento centrados en una especie, como en los de lince ibérico, donde solo se anotó el número de cruces de esta especie. Para el resto de especies solo se anotó cruce o no cruce (sin número).

Contando solo los 13.371 registros que informan sobre número de individuos, se registraron un total de 120.330 individuos en 889 estructuras de paso (o un mínimo de 122.212 en 922 estructuras de paso si se considera al menos un individuo en los 1.882 registros sin número de individuos; Tabla 3).

Tabla 2. Valores reclasificados para las especies o grupos de especies incluidas en el Grupo 2.

Grupo 2	Grupo 1: Especies o grupo de especies, como aparecen en los documentos
invertebrados	invertebrado, araña, mariposa
paseriformes	acentor común, avión, bisbita pratense, carbonero, chochín, cogujada común, colirrojo tizón, corneja, córvido, escribano hortelano, escribano palustre, estornino, golodrina dáurica, gorrión común, jilguero, lavandera, lavandera blanca, lavandera cascadeña, lavandera sp., mosquitero, mosquitero común, mirlo, martín pescador, paseriforme, petirrojo, pinzón vulgar, ruiseñor, tarabilla común, urraca, verdecillo, verderón, zorzal común
otras aves	abubilla, alcaraván, ánade real, anátida, ave, cigüeña, garza, garza real, lechuza común, mochuelo, paloma, paloma torcaz, perdiz, perdiz roja, polla de agua, ratonero,
anfibios	anfibio, anuro, gallipato, rana común, rana sp., salamandra, sapo común, sapo corredor, sao de espuelas, urodelo
reptiles	reptil, quelonio, galápago, galápago leproso, lacértido, lagartija cenicienta, lagartija colilar-ga, lagartija ibérica, lagarto ocelado, lagarto verde, salamanquesa, salamanquesa común, saurio, ofidio, culebra, culebra de agua, culebra de escalera, culebra viperina
liebres	liebre, liebre europea, liebre ibérica
conejo	conejo
ciervo-gamo	cérvido, ciervo, gamo
corzo	corzo
jabalí	jabalí
gineta	gineta
martas	guarduña, marta, <i>Martes</i> sp.
meloncillo	meloncillo
pequeños mustélidos	armiño, comadreja, <i>Mustela</i> sp., mustélido, visón, visón americano, turón
lince	lince
gato montés	gato montés
nutria	nutria
tejón	tejón
zorro	zorro
otros pequeños mamíferos	ardilla, lirón careto, marmota, murciélago, musaraña gris, micromamífero, rata, rata común, rata de agua, rata negra, rata parda, ratón casero, ratón de campo, ratón moruno, roedor, topillo mediterráneo, topo
erizo	erizo
gatos	gato doméstico
perros	perro
ganado	ganado, rebaño, oveja, ovejas y cabras, vaca, caballo, cabra
personas	persona
vehículos	quad, bicicleta, motocicleta, vehículo

Paso 5. Filtrado de datos por método. Los métodos utilizados en los seguimientos analizados fueron: marmolina (8.786 registros), fototrampeo (2.822 registros), combinación de marmolina y fototrampeo (590 registros), observaciones puntuales de indicios o individuos (955 registros) y transectos de indicios (218 registros). Metodológicamente solo son comparables los datos obtenidos con fototrampeo, marmolina o la combinación de ambos métodos, ya que las observaciones puntuales no pueden considerarse un método estandarizado y los transectos de indicios tienen una gran dependencia de la bondad del sustrato para registrar rastros, una cualidad que varía tanto en el tiempo como en el espacio. Los seguimientos que usan marmolina, fototrampeo o los dos aportaron 12.198 regis-

tros (1.023 de ellos sin apuntar el total de individuos que cruzaron), con 118.829 individuos (119.852 incluyendo un individuo por registro cuando no se anotó el número de individuos). Dada la diferencia en detectabilidad de las distintas especies o grupos de especies que tienen los distintos métodos, los modelos estadísticos empleados siempre introdujeron una variable “método” para corregir este posible efecto.

De media, el esfuerzo de muestreo por registro fue de 17.7 días (rango: 1 - 440). Las observaciones agregadas en tiempos largos tienden a infravalorar los cruces, por saturación de las cámaras de trampeo o de la marmolina (baterías gastadas, tarjetas de memoria llenas o huellas superpuestas para distintos cruces). Hubo 50 registros cuyo

esfuerzo de muestreo fue superior a 90 días. Posiblemente se corresponden a periodos de muestreo más cortos pero que se agregaron estacional o anualmente, aunque no fue posible desagregar esta información a partir de los documentos analizados. En los análisis estadísticos siempre se introdujo el número de días que se ha muestreado en cada registro, para corregir este posible efecto de saturación.

3.1.2 Análisis de datos

Una vez preparada la base de datos generada a partir de los documentos de seguimientos ambientales, se inició el análisis estadístico de esa información, con el obje-

tivo principal de identificar las dimensiones de las estructuras de cruce que promueven un mayor uso por parte de la fauna. Idealmente, los análisis que nos permitirían detectar esos efectos con una mayor potencia estadística serían los que comparasen estructuras usadas por una especie o grupo de especies con las estructuras que no se han usado, a través de diferentes tipos de modelos matemáticos/estadísticos logísticos.

Esta aproximación requeriría una información como la que se muestra a modo de ejemplo en la Tabla 4, pero no fue posible aplicarla en esta revisión por falta de información de la ausencia de cruce en la mayoría de los estudios.

Tabla 3. Descriptores de los datos disponibles para el nivel de agregación 2 (Grupo 2). Cada registro corresponde a un periodo de muestreo con una duración determinada (total de días de muestreo) en el que se registra un número de cruces para cada especie. La descripción solo se refiere a datos tomados mediante marmolina, fototrampeo o la combinación de ambos. La tasa de cruce se refiere solo a aquellos registros en los que se anotó el número de individuos. Las filas marcadas con fondo gris corresponden a los bloques de análisis posteriores. "peqmust" agrupa pequeños mustélidos, mientras que "peqmam" agrupa pequeños mamíferos. *Entre paréntesis se da el número de registros que dan información del número de individuos detectados. **calculado solo con los registros que incluyen el número de individuos que cruzaron. ***no se da la tasa de cruces ya que no se registraron siempre los cruces incluso en los estudios donde se dan datos, ni se sabe que grupos de invertebrados se han registrado y cuales no.

Grupo 2	# registros*	#estructuras con datos	Total días de muestreo	Total cruces**	individuos por día y estructura media±SD (rango)
zorro	1305 (1176)	649	23728	8211	0.43±0.84(0.01-18.00)
tejón	966 (817)	475	17956	4542	0.34±0.61(0.02-9.20)
martas	400 (400)	265	8330	939	0.16±0.19(0.01-1.38)
gigeta	285 (207)	194	5055	518	0.18±0.23(0.02-1.90)
lince	180 (180)	24	3558	1345	0.40±0.43(0.03-3.5)
peqmust	166 (163)	119	2445	392	0.19±0.21(0.02-1.39)
meloncillo	113 (6)	46	1611	10	0.27±0.21(0.07-0.67)
gato montés	74 (70)	69	2342	146	0.09±0.09(0.02-0.60)
nutria	40 (33)	35	648	81	0.25±0.25(0.03-1.00)
jabalí	187 (149)	126	4097	1042	0.47±1.92(0.02-16.20)
corzo	116 (116)	85	2848	1327	0.60±2.06(0.02-18.70)
cérvidos	73 (61)	58	1249	285	0.29±0.43(0.03-2.80)
peqmam	1566 (1499)	700	24952	18948	0.81±1.44(0.01-29.96)
conejo	555 (439)	241	8405	8770	1.89±3.64(0.01-33.86)
liebre	270 (208)	135	3671	2118	0.91±1.74(0.02-12.29)
erizo	263 (262)	169	5321	924	0.33±0.61(0.01-4.00)
reptil	517 (517)	323	9571	1903	0.22±0.28(0.03-3.13)
anfibio	472 (472)	293	6964	1607	0.27±0.32(0.03-3.00)
paseriforme	349 (349)	159	7712	6962	0.83±2.17(0.01-21.46)
aves (otras)	250 (242)	178	3515	1241	0.50±0.65 (0.02-5.00)
persona	627 (627)	319	10826	6962	0.67±0.93 (0.02-9.40)
vehículo	500 (500)	219	9387	20307	2.32±3.38 (0.03-24.83)
perro	930 (819)	481	17457	6501	0.54±1.01(0.01-14.40)
gato	719 (623)	382	13523	5053	0.45±0.87(0.01-8.38)
ganado	197 (161)	137	3704	2372	1.36±6.23(0.02-75.17)
inverteb***	10 (-)	8	239	62	

Tabla 4. Ejemplo de tipo de datos que permitirían realizar un análisis estadístico potente del uso de las estructuras de paso, incluyendo información de todas las especies que pudiesen usar la estructura, hayan cruzado o no (p.ej. registros 1, 5, 7, 8 y 9), y de todas las estructuras, hayan registrado cruces o no (este último sería el caso de la Estructura 3).

<i>Registro</i>	<i>Muestreo</i>	<i>Estructura</i>	<i>Especie</i>	<i>Número de cruces</i>
1	Muestreo1	Estructura1	Especie1	0
2	Muestreo1	Estructura1	Especie2	1
3	Muestreo1	Estructura1	Especie3	3
4	Muestreo1	Estructura2	Especie1	1
5	Muestreo1	Estructura2	Especie2	0
6	Muestreo1	Estructura2	Especie3	2
7	Muestreo1	Estructura3	Especie1	0
8	Muestreo1	Estructura3	Especie2	0
9	Muestreo1	Estructura3	Especie3	0
..

El tipo de información que se pudo extraer de los documentos de seguimiento ambiental solo incluyó registros de uso de la estructura, por lo que solo fue posible analizar la intensidad de uso (número de individuos que cruzan por cada día de muestreo) en las estructuras que sí fueron usadas. Los resultados de este tipo de análisis son mucho menos informativos que los que analizan el uso o no uso de una estructura, ya que las estructuras que sí han sido usadas representan solo a los mejores diseños para el cruce, quedando infrarrepresentadas las de peor diseño. Por todo esto, la interpretación de los resultados que se presentan a continuación, y especialmente la ausencia de un efecto estadísticamente significativo, ha de hacerse con cautela.

Aunque el objetivo principal de estos análisis es estudiar el efecto de las características de los pasos sobre el uso que de ellos hace la fauna, centrarse exclusivamente en esas características obviaría el efecto del entorno inmediato de las estructuras. Se sabe, o puede asumirse, que los hábitats cercanos, la abundancia de las especies objetivo, el tipo de vía, la intensidad de tráfico que la recorre, la existencia de corredores o la distribución de recursos clave, como comida, agua o refugios, entre otros factores, afectan al uso que la fauna hace de una estructura de paso, independientemente de sus características. Sin embargo, es extremadamente complejo tener una descripción homogénea de todos estos aspectos en una base de datos tan amplia

como la que se usa aquí. Por ese motivo, se llevó a cabo un tipo de análisis estadísticos llamados modelos mixtos, que permiten eliminar el efecto producido por variables que sabemos que afectan al fenómeno que estamos analizando, pero que no hemos medido (llamados efectos aleatorios), para poder centrarnos en el efecto de las que sí hemos medido (llamados efectos fijos).

Para construir los diferentes modelos se usó como variable dependiente (aquella cuya variación pretendemos entender) la intensidad de uso (número de individuos que cruzan por cada día de muestreo), que se transformó logarítmicamente antes de ejecutar los modelos. Para eliminar los efectos locales de calidad de hábitat, intrínsecos a cada estructura y que no se han medido, la identidad de la estructura de cruce se introdujo como efecto aleatorio. De este modo, cada estructura y cada vía tendrán una intensidad de uso esperada y lo que se evalúa es cómo las características del paso (anchura, longitud, etc.) contribuyen a mejorar o empeorar la tasa de cruce esperada.

Como variables independientes (efectos fijos), se evaluó en un primer paso, y en todos los casos, el efecto del método empleado (marmolina, fototrampeo o combinación de los dos) y del esfuerzo de muestreo (número de días que el método estuvo activo), ya que se asumió *a priori* que estas variables metodológicas podrían afectar a las estimaciones de intensidad de uso. En un segundo paso se evaluó el efecto del

tipo de estructura de cruce (véase Tabla 1). Finalmente, se exploró el efecto de las dimensiones de las estructuras. Para cada especie o grupo de especies, y siempre que se dispuso de un número suficiente de datos, se realizaron análisis separados para estructuras de paso superior e inferior, ya que las características que determinan su uso podrían ser diferentes. Dado el gran número de datos que no se registraron (p.ej. algunas medidas de las estructuras), los tamaños de muestra pueden variar entre modelos para la misma especie o grupo de especies cuando varía la identidad de las variables independientes, lo que impide aplicar muchas de las herramientas existentes para comparar modelos entre sí. Por tanto, se siguió un procedimiento clásico, en el que se fueron introduciendo variables en bloques lógicos, eliminándolas cuando no hubo evidencia de efecto.

3.1.3 Resultados

Un primer resultado llamativo de los análisis es la poca frecuencia con la que se encontraron efectos significativos de las dimensiones de las estructuras de cruce sobre el uso que la fauna hace de ellas. De los 35 modelos finales que se muestran en el Apéndice, únicamente en siete (20 %) hubo un efecto significativo del tamaño de las estructuras de paso. En la mayoría de los casos, el efecto del tamaño fue positivo, con un uso más frecuente de las estructuras mayores, pero hubo excepciones a este patrón, como el uso más intenso que erizos y reptiles hicieron de los pasos inferiores más bajos. Sin embargo, estos resultados, especialmente la falta de efectos significativos, hay que tomarlos con mucha prudencia, por una serie de razones: a) la falta de ceros (es decir, ausencia de cruce) hace que los análisis se centren en estructuras que ya son de partida “buenas”; b) a pesar del volumen de seguimientos revisados, los tamaños de muestra (véase Apéndice) son pequeños en muchos casos, lo que dificulta

la obtención de resultados claros, una dificultad que aumenta al analizar conjuntamente los datos de pasos superiores e inferiores (otra vez, debido a la escasez de datos); c) la incertidumbre con respecto a las medidas obtenidas en algunos estudios (véase Tabla 1) limitaron su fiabilidad como variables predictoras, y d) las dimensiones de las estructuras están muy relacionadas con el tipo de estructura (algunos tipos son siempre grandes o pequeños), por lo que, al introducirse el tipo de estructura primero en los modelos, el efecto del tamaño puede quedar enmascarado. Una evaluación adecuada del efecto de las dimensiones de las estructuras de cruce requeriría por tanto recopilar conjuntos de datos de calidad (con ausencias claramente definidas) y abundantes (tamaños de muestra grandes) para cada tipo de estructura analizada o, al menos, para grupos de estructuras cuyas dimensiones puedan ser comparadas entre sí.

La metodología tuvo un efecto significativo en doce de los modelos finales (poco más de un tercio), y la aproximación más adecuada para detectar la intensidad de uso de las estructuras de cruce varió en función de las distintas especies o grupos de especies (véase Apéndice). La combinación de marmolina y fototrampeo fue el método más eficaz en la mitad de los casos, mientras el fototrampeo solo fue el método más destacado para detectar personas. La marmolina fue el método más idóneo para animales pequeños (pequeños mamíferos, erizos), pero falló para algunos de los más grandes (jabalí).

El tiempo que las metodologías empleadas estuvieron en uso fue la variable que más consistentemente estuvo relacionada con el uso que la fauna hace de las estructuras de cruce, estando presente de forma significativa en 21 de los modelos finales (60 %). Esta relación fue invariablemente negativa, indicando un efecto de saturación de las metodologías (tanto del fototrampeo como de la marmolina) que ya se había señalado anteriormente. Ante este efecto, cabe re-

comendar que las estructuras objeto de seguimiento sean visitadas con la frecuencia necesaria para que el sistema de detección no se sature. Es, además, imprescindible, que los resultados de cada visita queden clara e independientemente anotados y almacenados, para evitar que tengan que ser agregados en periodos de tiempo más largos, como se ha tenido que hacer en muchas ocasiones para esta revisión.

A partir de los resultados obtenidos en los análisis del Grupo 2 (véase primera tabla del Apéndice) se abordó un último conjunto de análisis que intentaba reducir la heterogeneidad de los datos para describir patrones más claros. Para ello, los modelos analizaron los datos de tipos de infraestructuras similares y con suficiente tamaño de muestra, restringiéndonos a obras de drenaje, pasos inferiores y pasos superiores (Tabla 1). Además, se analizaron conjuntos de especies similares, carnívoros silvestres, ungulados silvestres y pequeños mamíferos. En cada modelo se introdujeron como efectos aleatorios la especie (controlando así la variabilidad debida exclusivamente a la identidad de las especies) y la identidad de la estructura (como en los modelos anteriormente descritos). Por tanto, se controló la variabilidad debida a la localización de la estructura de paso (hábitat, etc.), la infraestructura (paisaje) y la propia especie (comportamiento, abundancia).

Dado que ya se conocía el efecto inducido por el método y el número de días de muestreo, esas variables se introdujeron como efectos fijos en todos los modelos iniciales. El tipo de estructura (reducido a los tres subtipos considerados) y sus dimensiones se incluyeron posteriormente, eliminando uno a uno los predictores con efectos irrelevantes.

Los resultados de estos modelos sobre conjuntos de especies y específicos para tipos particulares de estructuras (véase segunda tabla del Apéndice) tendieron a confirmar varios de los resultados observados para los modelos a nivel de Grupo 2. Así, apareció claramente el efecto de saturación de las distintas metodologías, ya que el tiempo en que estas estuvieron activas tuvo una relación negativa con el uso estimado en seis de los ocho modelos. La marmolina fue el método más idóneo para detectar carnívoros y pequeños mamíferos, pero el menos indicado para detectar ungulados, aunque estos efectos solo se observaron para las obras de drenaje, no siendo significativos para pasos inferiores ni superiores.

Solo los carnívoros mostraron preferencias claras por estructuras de mayor tamaño, al usar de forma más intensa las obras de drenaje y los pasos superiores más anchos. De todas formas, debe volver a insistirse en la prudencia al interpretar estos resultados, especialmente aquellos no significativos, por lo reducido del tamaño de muestra en muchos casos, además de por la falta de ceros en la que se ha incidido repetidamente.

4

Fundamentos de diseño de muestreos y aplicación al seguimiento ambiental

1

Presentación

2

Seguimiento
y vigilancia

3

Análisis de
seguimientos

4

Diseño de
muestreos

5

Fichas
descriptivas

6

Bibliografía y
Apéndice

Vistos los problemas metodológicos observados en la información analizada, se exponen a continuación una serie de indicaciones para el diseño, ejecución y documentación de los seguimientos ambientales asociados al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA, véanse Figuras 3 y 4). Se usa este marco de referencia por ser uno de los procedimientos más complejos en el que se llevan a cabo seguimientos ambientales. No obstante, será también de utilidad para otros seguimientos ambientales relacionados con infraestructuras lineales de transporte, aunque no estén vinculados con la EIA.

El seguimiento ambiental puede llevarse a cabo en cualquiera de las diferentes fases de vida de las infraestructuras, y en todas ellas si se trata de una EIA.

4.1 Fase de estudio y proyecto

Esta fase es, seguramente, la más compleja, especialmente en el caso de los seguimientos ambientales vinculados al proceso de EIA, porque debe establecerse el diseño de muestreos que se va a ejecutar en las siguientes fases, con sus correspondientes objetivos (p. ej. evaluar la conectividad entre los fragmentos de hábitat a ambos lados de la infraestructura), especies modelo, protocolos de toma de datos, archivo y documentación. Es por ello altamente recomendable contar con el asesoramiento de personal con formación en diseño experimental y muestreo de campo. No obstante, cualquier otro seguimiento ambiental, independientemente de su complejidad y de la fase del ciclo de vida de la infraestructura en la que se ejecute, deberá también establecer sus propios objetivos, especies mo-

delo y protocolos de toma de datos antes de acometer ningún muestreo.

Es importante señalar en este punto que, para algunos seguimientos, existen umbrales o indicadores cuya medición permite la evaluación del impacto (p. ej. los decibelios medidos en el entorno de la infraestructura). En otros casos, sin embargo, la evaluación debe hacer referencia a los valores de la variable de interés (p. ej. abundancia de una determinada especie animal) en el momento previo a la construcción de la infraestructura y en un lugar similar y cercano, pero no afectado por esta. En el primer caso, el diseño de muestreo se limitará a establecer la distribución espacial y temporal de varios puntos de muestreo que capturen la variabilidad del parámetro de interés (en este caso, decibelios) y permitan obtener un valor indicativo de su magnitud. En el segundo caso, sin embargo, será necesario establecer un diseño de muestreo que permita la comparación de los datos obtenidos en diferentes fases del ciclo de vida de la infraestructura y en diferentes lugares afectados por la infraestructura y no afectados por esta. Para que dicha comparación ofrezca resultados válidos, deberá hacerse un cálculo de los puntos y frecuencia de muestreo necesarios para que el método de seguimiento seleccionado permita llevar a cabo estimas fiables, lo que se conoce como diseño experimental. En los dos ejemplos citados se aplicarían estándares de diseño experimental. En el primer caso son relativamente sencillos de establecer, mientras que en el segundo es posible que fuera necesaria la colaboración de personal con conocimientos y experiencia previa en el uso de esta metodología.

Independientemente de su complejidad, el diseño experimental es parte integral y fun-

damental de cualquier seguimiento ambiental, puesto que:

- Permite obtener datos en calidad y cantidad suficiente para llevar a cabo análisis estadísticos robustos que permitan extraer conclusiones válidas.
- Requiere la aplicación de protocolos estandarizados en la toma de datos y promueve el uso de nomenclaturas comunes, lo que determina un alto grado de coherencia tanto entre grupos de trabajo como entre muestreos sucesivos a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura. Los datos así obtenidos son más fácilmente entendibles y replicables, lo que incrementa su utilidad no solo para el proyecto que ha promovido su registro sino también para proyectos futuros para los que dicha información pueda ser de utilidad.
- Facilita la planificación y estimación de recursos necesarios para el desarrollo del seguimiento ambiental y permite elaborar un presupuesto ajustado a dichos requerimientos.

Independientemente de la complejidad del seguimiento, todo diseño experimental pasa obligatoriamente por establecer la pregunta o preguntas que se quieren responder, que, en el ámbito de aplicación de este documento, suelen estar destinadas a cuantificar impactos tanto negativos (p. ej. efecto barrera por la construcción de una nueva infraestructura), como positivos (construcción o adecuación de un paso de fauna), pero que pueden ser de cualquier otra naturaleza.

- En el caso de que el seguimiento forme parte del procedimiento de EIA:
 - Las preguntas están implícitas en los objetivos del EIA.
 - La evaluación de la efectividad de las medidas mitigadoras es parte de esos objetivos y puede requerir diseños experimentales específicos difícilmen-

te previsibles en esta fase de diseño (véase Ficha 2). No obstante, es necesario considerar qué parámetros de referencia será necesario obtener en esta fase (p. ej. abundancia de las especies objetivo), para que los estudios de efectividad cuenten con información previa al desarrollo del Proyecto con la que poder comparar.

- En el caso de que el seguimiento no forme parte del procedimiento de EIA:
 - El seguimiento puede tener como objetivo evaluar la efectividad de las medidas mitigadoras, en cuyo caso las preguntas estarán destinadas a evaluar dicha efectividad (véase Ficha 8).
 - Si el seguimiento no tiene como objetivo evaluar la efectividad, necesitará formular preguntas ajustadas a dicho objetivo.

Una vez establecidas la pregunta o preguntas para las que se diseña el seguimiento, estas han de abordarse mediante la generación de información sobre variables medibles. En el caso de querer evaluar el impacto de una actuación, será necesario seleccionar unos objetos de estudio (hábitats, especies), así como los sensores o indicadores que se van a emplear para cuantificar dicho impacto de acuerdo a un protocolo estandarizado de recogida de la información, haciendo referencia al documento científico-técnico donde se describa dicho protocolo. Será necesario también definir cuál va a ser el punto de corte o el umbral a partir del cual se considera que existe un impacto y cuál es su signo. Todos estos aspectos determinarán el número de puntos de muestreo, así como la frecuencia de muestreo que se debe emplear para tener capacidad de respuesta, lo que se conoce como esfuerzo de muestreo. Igualmente, es necesario saber si se necesita información previa o adicional para ofrecer una respuesta válida a la pregunta sobre el impacto de

la infraestructura o la efectividad de la mitigación (estudios comparativos).

Dependiendo de los hábitats presentes en el entorno de la infraestructura (Carrascal y Palomino 2008; Davies et al. 2004), de su sensibilidad al proyecto (que determina un mayor número de seguimientos ambientales en unas zonas que en otras, véase Figura 7), y también por motivos logísticos, los seguimientos ambientales suelen llevarse a cabo por tramos, subdividiendo el proyecto en zonas más pequeñas en las que se llevarán a cabo una serie de muestreos. Por motivos semánticos, es importante distinguir estos “tramos” de muestreo de los “tramos” del proyecto constructivo, utilizando una notación completamente diferente que deberá hacerse explícita en las plantillas, en la base de datos y en la documentación asociada al seguimiento (Ficha 1 y Figura 5).

Esta transformación de objetivos en muestreos concretos repartidos en el espacio y en el tiempo resulta crucial, dado que permite calcular con bastante exactitud los recursos (personal, tiempo, materiales) necesarios para llevar a cabo el seguimiento. Si no se contara con los recursos suficientes, sería necesario reformular la pregunta o preguntas iniciales y redefinir el alcance del estudio.

A partir de este desglose de la información que va a recogerse, se establecerá la estructura de las bases de datos asociadas. Más concretamente:

- Se definirán los campos y unidades de la base de datos, elaborando un documento asociado donde se detalle esta información, que recibe el nombre de metadatos.
- Siempre que sea posible, se usarán bases de datos de referencia para los distintos parámetros a consignar durante el seguimiento. El objetivo de esta recomendación es doble. Por un lado se unifica la nomenclatura de gran parte de los campos contenidos en la base de datos

(véase Ficha 1 y Figura 5), y por otro, la extracción de dichos términos de una lista predefinida elimina los errores de escritura e interpretación e impide la creación de nuevas categorías o nomenclaturas no contempladas por el plan de seguimiento. Por ejemplo:

- Para los nombres de las vías se usarán los establecidos por la Red de Carreteras del Estado Español (Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre), o ADIF (código numérico de tres cifras).
- Para las especies, las listas patrón publicadas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- En el caso de los hábitats, la Agencia Europea del Medio Ambiente recomienda el uso de la clasificación EUNIS (Davies et al. 2004), que cuenta con una clave muy sencilla con tutorial en línea que además permite establecer distintos niveles de precisión. Una de las opciones recomendadas es usar los tres primeros niveles para describir los hábitats. En caso de ser necesario, existen niveles adicionales que permitirían una categorización más detallada. Otra clasificación de hábitats de referencia es la propuesta por la organización SEO-Birdlife, responsable de muchos de los censos de aves que se llevan a cabo en territorio nacional. Es una clasificación bastante clara y fácil de seguir que también puede tomarse como referencia (véase Carrascal y Palomino 2008).
- Independientemente de si se eligen estos u otros estándares (p. ej. usos del suelo del CORINE, Catastro, etc.), el plan de seguimiento debe hacer explícita qué base de datos o lista general va a tomarse como referencia en todos y cada uno de los parámetros en que esto sea posible.

- Cuando no sea posible definir los valores de los parámetros sobre la base de una lista de referencia ya existente, la terminología o datos de referencia deberá ser creada exprofeso para cada proyecto. Es el caso del nombre de los tramos constructivos o los pasos de fauna que serán objeto de seguimiento y que vendrán definidos en la memoria del proyecto (nombres o identificadores, características: ubicación, material, dimensiones, etc.). Estos formarán parte de una base de datos propia del proyecto, que podrá usarse, asimismo, como referencia en los muestreos.
- La base de datos debe contener un campo para consignar el esfuerzo de muestreo que se esté aplicando en cada seguimiento (número de días de muestreo, tiempo de actividad de los mecanismos de detección, longitud o tiempo de ejecución, etc., según la metodología empleada).
- La información recogida en la base de datos debe ser en forma de datos brutos, esto es, cada registro en el muestreo (p. ej. un rastro de una especie), será un registro en la base de datos. Bajo ningún concepto deberán introducirse datos agregados por localidad o periodo de muestreo (p. ej. cinco rastros de una especie en las últimas tres visitas o diez rastros de una especie en los tres pasos de fauna revisados hoy).
- En términos generales, se usarán unidades internacionales de medida tal y como establece el artículo segundo de la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de metrología, siguiendo los estándares vigentes en la Unión Europea.
- Se deberá definir e identificar qué información procede de agentes externos al proyecto, como los agentes de tráfico, agentes forestales o personal de mantenimiento de las vías, y que con mucha probabilidad habrán seguido metodolo-

gías de muestreo diferentes a las establecidas en el diseño de muestreo.

La documentación del seguimiento ambiental es tan importante como su correcto diseño y ejecución y deberá planificarse de forma minuciosa. En la fase de diseño, la documentación asociada debe recoger todos los aspectos de diseño y planificación del seguimiento ambiental. Esto incluye la justificación de la elección de las variables, metodologías de muestreo y su descripción detallada (número de réplicas, frecuencia de muestreo, etc.). Es importante subrayar que esta documentación debe permitir la correcta interpretación del diseño del plan de seguimiento y de las bases de datos donde se almacene la información. A corto plazo, esto permitiría ejecutar el seguimiento ambiental a cualquier equipo de trabajo, aunque no haya participado en su diseño, lo cual resulta muy útil cuando la infraestructura pasa de una fase a otra de su ciclo de vida, ya que los equipos de trabajo no suelen mantenerse. A largo plazo, esto facilita la consulta de la información generada por parte de las administraciones o entidades interesadas.

Por ese motivo, el plan de seguimiento contará con un plan de documentación que indique la periodicidad de los informes y establezca un formato de referencia. Los informes deben contener el diseño de muestreo, los métodos empleados y adjuntar los datos en bruto y los metadatos para su interpretación. Deberán asimismo establecerse los destinatarios de los informes, incluyendo explícitamente si estos serán remitidos al órgano sustantivo o también al órgano ambiental, así como la información que deberá ser remitida a dichos órganos.

Vía	1	Tramo	2	Código estructura	3	PK estructura	4
Coordenadas (X,Y)		4					
Fecha y hora de la instalación			5	Material utilizado como sustrato		6	
					<input type="checkbox"/> Marmolina <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Lecho de tinta		
Fecha inspección		5	Hora	5	Responsables de la inspección		7
Condiciones meteorológicas		8					
Especies detectadas en el paso							
Especie / Grupo	Dimensiones huellas ¹	Nº mín. individuos	Dirección	Cruza (sí/no)	Observaciones		
9	10	11	12	13			

1. Utilizar la nomenclatura oficial (Fomento, ADIF, etc.) de las vías de transporte
 2. Tramo:
 - a. Distinguir si se refiere a tramo de proyecto constructivo o corresponde a otra clasificación
 - b. En el primer caso, utilizar la nomenclatura que el tramo tenga en el proyecto constructivo. En el segundo caso, definir de forma inequívoca con un identificador único
 3. Si el paso tiene un identificador único en el proyecto constructivo, utilizar dicha nomenclatura. En caso contrario, definir de forma inequívoca
 4. Aunque se indique el PK, será también necesario apuntar las coordenadas en el sistema (UTM, geográficas, etc.), precisión (número de decimales) y datum que defina el plan de seguimiento y que será común a todos los muestreos (Berrocoso et al. 2004; Martín 1990)
 5. El formato de fecha y hora debe ser el definido en el plan de seguimiento y ser común a todos los muestreos. *
 6. Siempre que sea posible, se utilizarán campos predefinidos, como en este ejemplo. Las características y particularidades de cada uno de los métodos (marca, modelo, protocolo, etc.) figurará en tabla relacional aparte (véase Ficha 1)
 7. Obtenido de tabla relacional en la que figuren todos los observadores, utilizando un código único para cada uno de ellos, que será el que se use siempre en las plantillas.
 8. El plan de seguimiento debe definir cómo se consignan las condiciones meteorológicas. En caso de no usar variables cuantificables mediante sensores (temperatura, humedad, presión, etc.), se deberán establecer *a priori*, utilizando, en lo posible, campos prestablecidos, como en el punto 6, con su correspondiente tabla relacional explicativa.
 9. Obtenido de una tabla relacional elaborada a partir de la lista de especies del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Dicha tabla establecerá qué nombre único va a emplearse en todos los seguimientos, no pudiendo haber seguimientos donde este campo se consigne de forma diferente (p. ej. zorro, zorro rojo, *Vulpes vulpes*, etc.)
 10. Datos brutos obtenidos en campo. El plan de seguimiento detallará qué dimensión o dimensiones deben medirse y con qué criterios (véase Brown et al. 2003; Calzada y Fernández 2003). Dicha información puede consignarse en la tabla de datos relacional referente al método de forma similar a lo indicado en el punto 6.
 11. 12 y 13. Datos brutos obtenidos en campo. El plan de seguimiento detallará los criterios para su registro
- * Siempre que sea posible, se separará la información correspondiente a los diferentes niveles de la base de datos: muestreo, visita y datos brutos (véase Ficha 1)

Figura 5. Ejemplo de la aplicación de algunas de las recomendaciones dadas en el texto. Se utiliza como ejemplo una de las fichas del segundo documento de esta serie: *Prescripciones técnicas para hacer efectivos los seguimientos de las medidas de mitigación del efecto barrera de las infraestructuras de transporte* y se ofrecen prescripciones y recomendaciones para su archivo y documentación.

4.2 Fase de construcción

Dada la complejidad del procedimiento de EIA, en esta fase el promotor designa una persona que se encarga de la coordinación medioambiental, que será quien ponga en marcha y vele por el correcto desarrollo del PVA y la correcta ejecución de las medidas correctoras y mitigadoras, así como de la elaboración y entrega de los informes pertinentes. Es necesario, por tanto, que tenga la formación necesaria para comprender el diseño y planificación de los muestreos y velar por su cumplimiento.

Normalmente, además, es necesario actualizar la información existente relativa al estado previo del área de influencia de la infraestructura respecto a hábitats y especies afectados por el proyecto (inventario ambiental), porque suelen ser estudios que pueden haberse quedado obsoletos y se elaboran con una información muy general sobre el proyecto constructivo. Constituyen, sin embargo, una parte fundamental, al ser información de referencia para evaluar el efecto de la infraestructura sobre el medio. Por ese motivo, es esencial que dicha actualización se lleve a cabo de acuerdo al diseño experimental establecido en la fase de diseño (réplicas, controles, frecuencia de muestreo, etc.), utilizando la misma estructura de base de datos y nivel de detalle para su documentación. Este levantamiento de información cobra más relevancia y necesidad cuanto mayor sea el tiempo transcurrido entre la realización del inventario ambiental del proyecto y el comienzo de las obras y cuanto más limitada fuera la información del inventario.

Los muestreos llevados a cabo para actualizar el PVA, junto con los realizados durante el inventario, permiten recoger la variabilidad temporal inherente a cualquier sistema natural, lo que contribuye a una mejor evaluación del estado del medio previo a la fase de construcción. También será necesario actualizar o complementar las medidas preventivas, mitigadoras o compensatorias propuestas por la existencia de nuevos elementos (hábitats, poblaciones, etc.) no

tenidos en cuenta en la elaboración del EsIA. Por último, la DIA establece los hábitats y especies que resultan esenciales en la evaluación y que deberán ser incluidos (si no lo estaban ya) en el seguimiento ambiental, siguiendo los criterios y metodologías establecidos en el diseño experimental (véase punto 4.1).

Cualquier otro seguimiento ambiental no vinculado a EIA que se lleve a cabo durante esta fase, generalmente con el objetivo de conocer el impacto de la actividad constructiva, deberá contar con un diseño experimental que considere la comparación de la situación previa con la obtenida durante esta fase (véase Ficha 2).

En esta fase se aplicarán los mismos criterios de archivado y documentación de los seguimientos definidos en la fase de planificación, documentándose todas las modificaciones que hayan podido surgir durante la ejecución del seguimiento.

4.3 Fase de explotación y conservación

En esta fase el PVA se mantiene en vigor durante el tiempo que defina la DIA o el propio PVA. Es frecuente que coincida con el periodo de garantía de la obra y suele contemplar objetivos similares a los de la fase de construcción, añadiendo aquellos más relacionados con la explotación de la vía, como las medidas anticolidión y electrocución de fauna, medidas de prevención de incendios y medidas de integración paisajística y estabilidad de los taludes, así como la evaluación de la efectividad de las medidas instaladas. A menudo, estos objetivos adicionales requieren que se lleven a cabo diseños de muestreo específicos, ajustados a la realidad del proyecto, pero que en la medida de lo posible utilizarán protocolos de toma de datos, archivo y gestión de la información similares a los empleados durante el resto de las fases, documentando las modificaciones que hayan podido surgir durante su ejecución. Si, por ejemplo,

la evaluación de la efectividad de un paso de fauna se hace con estimaciones de abundancia de las especies para las que ha sido construido (véase Ficha 3), es fundamental que los datos obtenidos sean comparables con los valores de abundancia obtenidos durante las fases de diseño y construcción. El uso de los mismos métodos y frecuencias de muestreo e incluso la misma estructura de la base de datos facilitan enormemente esta tarea.

Terminado el plazo de vigencia del PVA no se establecen, de forma general, medidas de control adicionales en el tiempo. No obstante, algunas de las tareas incluidas en los planes de vigilancia, como el mantenimiento de las infraestructuras auxiliares (vallados, drenajes, pasos de fauna, escapes, dispositivos anticolidión, etc.), corren a cargo de las contratistas de mantenimiento que las vías tienen a lo largo de toda su vida útil. Otras tareas como el control de especies exóticas invasoras (EEI), control de los atropellos y designación de puntos conflictivos en el trazado se han incorporado más raramente a estas labores rutinarias de mantenimiento. Dada su importancia, es muy recomendable que se incorporen de forma sistemática al mantenimiento de la vía, estableciendo canales de comunicación con la autoridad ambiental competente para que quede informada de las actuaciones (p. ej. retirada de EEI o de cadáveres de animales de las vías o sus márgenes) y pueda ofrecer respuestas técnicas apropiadas a los problemas asociados que pudieran surgir (véase Ficha 16).

4.4 Aplicación del diseño experimental en la evaluación de las medidas preventivas, mitigadoras y compensadoras en las infraestructuras de transporte

Cuantificar el efecto que tanto las infraestructuras lineales de transporte como las medidas de corrección tienen sobre las poblaciones animales es un trabajo que re-

quiere mucha planificación y amplia experiencia profesional. Además, las aproximaciones y metodologías pueden ser variables entre especies y situaciones, lo que hace el estudio de los impactos y su atenuación aún más complejo. Estos múltiples niveles de dificultad son la causa de la rareza de los estudios que cuantifiquen de forma explícita los impactos, ya sean de índole negativa (fragmentación) o positiva (desfragmentación). De hecho, en la mayor parte de las ocasiones se asume que existe un impacto fragmentador negativo de la infraestructura sobre el medio, y se considera una mitigación aceptable si ciertas especies animales usan las estructuras construidas para mitigar esa fragmentación. Para la evaluación de ambos impactos, esta aproximación es, a todas luces, insuficiente.

Los objetivos más frecuentes de las medidas de desfragmentación instaladas en las vías de comunicación son reducir la fragmentación del territorio y el riesgo de accidentes, siendo a menudo objetivos complementarios. En el primer caso, las medidas correctoras buscan minimizar el impacto de las infraestructuras en las poblaciones animales, reduciendo su efecto barrera, de forma que la conectividad de poblaciones a ambos lados del vial se aproxime a la que existía antes de la construcción de la vía. En el segundo caso, dichas medidas tienen como objetivo reducir la tasa de atropello y, como un caso específico de esta, la siniestralidad, entendida como los accidentes provocados por colisiones de vehículos con animales, normalmente grandes ungulados, que pueden provocar víctimas humanas.

Un objetivo adicional de algunos de los proyectos asociados a medidas de mitigación en infraestructuras de transporte es aprender qué estructuras funcionan mejor para la desfragmentación de las poblaciones o para reducir los atropellos, de cara a mejorar las existentes o dar mejores pautas para las de nueva construcción.

Evaluar la efectividad de las medidas correctoras debería hacerse siempre en términos

de resolución o no del problema para el que fueron creadas o en función del grado de mitigación del impacto causado. En el caso concreto del impacto de las infraestructuras, se debe evaluar si se ha mejorado la viabilidad de las poblaciones animales. Para ello, se pueden considerar dos situaciones de mejora:

- La conectividad es suficiente para asegurar la persistencia de la población. En este caso existen muchos parámetros poblacionales que podrían ser estudiados para evaluar la viabilidad de las poblaciones (tasas de mortalidad, movimiento, distribución de edades y sexos, natalidad, emigración, inmigración, etc.), pero lo más habitual es utilizar la abundancia relativa de la especie u especies objeto de estudio como un indicador del estado de las poblaciones y analizar sus cambios frente a distintas situaciones véanse Fichas 3, 9 y 10). Se puede hablar de evaluación de la efectividad cuando se verifica el restablecimiento de la conectividad entre las poblaciones a ambos lados del vial, y por tanto se responde a la pregunta de si las estructuras de cruce han sido capaces de revertir de forma efectiva la fragmentación causada por la infraestructura.
- Las especies objetivo utilizan las estructuras construidas para la desfragmentación, aunque no tenemos conocimiento de si lo hacen de forma que afecte o no a su viabilidad poblacional. En este caso, bastaría con comprobar que la estructura es usada de forma regular por la especie o grupo de especies para las que fue construida. En este caso, no se evalúa la efectividad, sino el uso que las diferentes especies hacen de la estructura. Aunque esta sea la aproximación más utilizada, no responde a preguntas relevantes sobre el impacto de las vías y su posible mitigación.

Dependiendo del objetivo al que esté dirigido el muestreo, será necesario elaborar

diseños de muestreo robustos que permitan obtener respuestas concluyentes, ajustando los recursos a las necesidades del muestreo.

En la figura 6 se ofrece un esquema de toma de decisiones en los procesos de evaluación del efecto de la construcción de una nueva infraestructura o su ampliación o de la ejecución, ampliación o mejora de medidas correctoras. Ambas tienen planteamientos de diseño experimental semejantes, pero en el primer caso nos servirá para saber si debemos corregir un impacto negativo y en el segundo para conocer la efectividad de las medidas correctoras establecidas para reducir ese impacto negativo. En este proceso de toma de decisiones es crucial establecer los umbrales a partir de los cuales se considera que el impacto es alto (inaceptable) o bajo (aceptable) para los parámetros de interés.

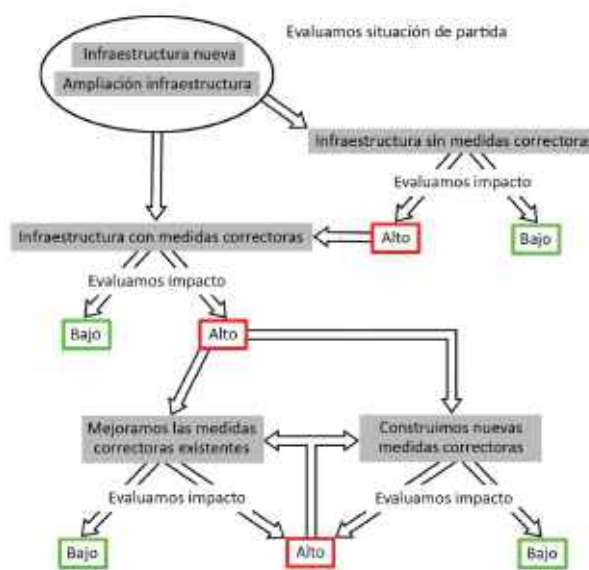


Figura 6. Proceso de toma de decisiones para evaluar el efecto de las infraestructuras y de las medidas correctoras. Se indican los puntos del proceso en los que sería susceptible una evaluación del estado de las poblaciones. Los cuadrados en gris pueden ser tanto pasos de un proceso como puntos de partida de la situación a evaluar; por ejemplo, puede darse el caso de que se evalúe la implantación de una nueva infraestructura o de tener que evaluar la mejora de unas medidas correctoras ya existentes.

Una vez ubicado nuestro estudio en este esquema de toma de decisiones, se describen a continuación los pasos principales que deben seguirse para definir los parámetros principales de nuestro diseño experimental:

a. Selección de objetivos (hábitats y especies)

Dada la imposibilidad de aplicar el seguimiento a todos los organismos y hábitats presentes en el entorno de la infraestructura, generalmente el seguimiento comienza con la selección de un subconjunto de hábitats cuyo grado de afección será evaluado mediante el seguimiento de una serie de organismos que servirán como indicadores del estado del medio y de su evolución, así como de un conjunto de localidades que sean capaces de capturar la variabilidad ambiental existente, tanto espacial como temporal (p. ej. para especies invernantes y estivales). Tanto en la selección de objetivos como de localidades se usará el conocimiento existente sobre los efectos que la implantación de infraestructuras de transporte tiene sobre el medio en el que se asientan, usando aquellos hábitats y especies que hayan demostrado una mayor sensibilidad.

Deberán incluirse todos los hábitats prioritarios definidos por la Directiva Hábitat y la correspondiente normativa tanto nacional como autonómica, así como las especies amenazadas o de particular interés de conservación que sean particularmente sensibles a los efectos de las vías de transporte. En este grupo se consideran las especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Especial Protección (LESPRE) y, especialmente, las incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE 2019). Se deberán tener en cuenta los Planes de Recuperación o de Conservación aprobados que incluyan prescripciones referidas a la necesidad de mantener la conectividad entre sus poblaciones, así como

los datos del estado de conservación de sus poblaciones, que puedan servir de base para el diseño de los muestreos. Igual consideración se dará a las especies incluidas en categorías equivalentes en otros referentes normativos, tales como los autonómicos.

La presencia de estas especies requerirá la realización de seguimientos ecológicos particulares destinados a determinar el impacto de la infraestructura sobre la especie en cuestión.

De forma general, los seguimientos ambientales incluyen los siguientes grupos faunísticos:

- Carnívoros (gineta, lobo, meloncillo, nutria, oso, tejón, zorro, etc.).
- Ungulados (cabra montés, ciervo, corzo, jabalí, etc.).
- Anfibios (ranas, sapos, tritones, etc.).
- Reptiles (lagartos, lagartijas, serpientes, tortugas, etc.).
- Murciélagos.
- Aves.
- Roedores e insectívoros (ardillas, erizos, musarañas, ratones, topillos, etc.).
- Invertebrados (escarabajos, libélulas, mariposas, etc.).
- Lagomorfos (liebres y conejo).
- Peces.

Para cada uno de estos grupos existen técnicas apropiadas de muestreo, que deberán usarse en los lugares y momentos más propicios para obtener información de su presencia, abundancia o cualquier otro parámetro de interés (véase Ficha 3). Todas las especies seleccionadas deberán figurar explícitamente en el plan de seguimiento como especies objetivo, es decir, especies de las que se van a anotar siempre los regis-

tros, para que pueda consignarse un cero en todos aquellos muestreos en los que no se detecte su presencia.

b. Selección de parcelas o puntos de muestreo

Para la obtención de respuestas robustas, cada pregunta que se haga en el seguimiento ambiental deberá estar relacionada con los valores que toma una variable en distintas situaciones (antes o después de construir una vía, con o sin estructuras de mitigación, a un lado u otro de la vía, etc.). Los puntos o parcelas que están en la misma situación se denominan réplicas. En función de los hábitats o especies seleccionados, será necesario establecer varias de estas réplicas con el objetivo de obtener valores promedio del parámetro de interés (presencia, abundancia, etc.), y así disponer de un valor que nos informe de la variabilidad existente entre los puntos o parcelas de muestreo elegidos. Si solo se dispone de un punto o parcela, no podemos conocer si los resultados obtenidos son una tendencia general de la población o una característica particular de esa ubicación. El conjunto de localidades deberá ser representativo de la variabilidad ambiental existente. Estas réplicas deberán ubicarse debidamente espaciadas para poder ser consideradas independientes. Para ello, es necesario conocer cómo las especies objeto de muestreo ocupan el espacio. Por ejemplo, lugares de muestreo separados 1 km estarán probablemente muestreando diferentes poblaciones de micromamíferos, pero la misma población de ciervos.

También es necesario considerar que, aproximadamente, la mitad de las réplicas deberá estar en el entorno de la infraestructura para informar de la respuesta del medio a su implantación, mientras que la otra mitad deberá estar fuera del entorno de la infraestructura para informar del devenir del medio en su ausencia (lo que en experimentación se llama control, véanse círculos de línea punteada en Figura 7).

En este contexto, y especialmente en un proyecto a largo plazo como el PVA, es recomendable sobredimensionar ligeramente el número de réplicas espaciales, ya que, por un lado, pueden perderse alguna de esas réplicas por acontecimientos imprevistos, y por otro, el PVA podría ir incorporando nuevos aspectos no considerados en la planificación inicial (p. ej. derivados de la DIA).

c. Frecuencia y periodo de muestreo

Deberán ajustarse a las dinámicas vitales de las especies. Especies con dinámicas vitales muy rápidas (p. ej. invertebrados, anfibios, etc.) requieren realizar muestreos con una frecuencia mayor. Por otro lado, el ciclo anual de las distintas especies condicionará también el momento de los muestreos, debiendo adecuarse a los momentos más favorables (p.ej. picos de actividad de anfibios) o cuando las especies estén presentes (p.ej. especies migradoras).

d. Variables de interés o variables dependientes

Es necesario definir qué parámetro de la especie de interés se va a medir en las localidades de muestreo con la periodicidad seleccionada. En especies que presentan respuestas numéricas rápidas (el número de individuos puede cambiar rápidamente por eventos de natalidad, mortalidad o migración), un muestreo de abundancia relativa resulta la mejor manera de evaluar el estado de las poblaciones, mientras que, en especies con dinámicas más lentas (el número de individuos en una zona tiende a variar poco), pueden ser más apropiados los conteos directos, los análisis genéticos u otras técnicas que permitan evaluar la respuesta de las poblaciones (Ficha 3).

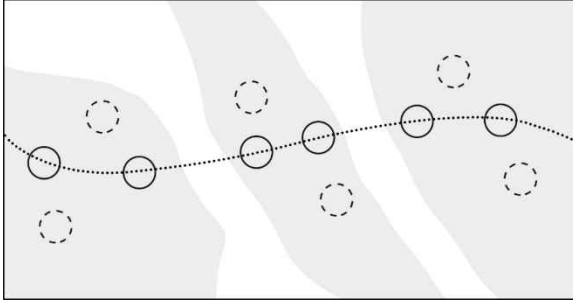


Figura 7. Esquema del diseño de toma de datos para conocer el efecto de la construcción de una nueva infraestructura sobre el hábitat de interés (sombreado en gris). La línea de puntos define el trazado aproximado de la infraestructura, y los círculos, los sitios de muestreo, que permitirán evaluar el efecto de la infraestructura sobre el medio en el que se asienta (círculos de línea sólida), en referencia a lugares similares que no reciben dicho impacto o controles (círculos de línea discontinua).

Estos cuatro pasos (a, b, c y d) configuran los ejes principales del diseño de muestreo, cuya ejecución en campo deberá planificarse de acuerdo a las exigencias del proyecto (véase Tellería 1986, 2012, Manly y Navarro 2015, OBrien et al. 2018 y otros manuales de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras -CEDR-). En el caso del proceso de EIA deberá considerarse, aunque sea de forma preliminar, desde la fase de elaboración del documento de alcance (caso de que se lleven a cabo actuaciones previas) o, en su defecto, durante el desarrollo del inventario ambiental del EsIA y para su uso por parte del PVA. Como se ha subrayado anteriormente, la complejidad de este procedimiento (diferentes especies, réplicas, controles, protocolos de muestreo, etc.) hace muy recomendable la consideración de personal con experiencia en diseño experimental y muestreo de campo.

5

Prescripciones y fichas descriptivas con métodos de seguimiento ambiental

1

Presentación

2

Seguimiento
y vigilancia

3

Análisis de
seguimientos

4

Diseño de
muestreos

5

Fichas
descriptivas

6

Bibliografía y
Apéndice

5.1 Prescripciones

La revisión llevada a cabo para el metanálisis ha permitido detectar frecuentes deficiencias en la toma de datos o en la presentación de la información que pueden dar lugar a una interpretación equivocada o confusa del uso que la fauna hace de las estructuras de cruce. Muchos de estos errores se han ido mencionando en el texto, pero volvemos a mostrarlos aquí en forma de prescripciones:

- Especificar claramente el método con el que han sido registradas las especies, especialmente si puede haberse usado más de un método (Fichas 9 y 10).
- Es recomendable unificar la nomenclatura de todas las variables consideradas en el seguimiento (estructuras, especies o grupos taxonómicos, hábitats, meteoros, etc.) indicando qué listados oficiales, bases de datos, etc. se han usado como referencia (véase epígrafe 4.1).
- Se deben unificar criterios para la interpretación de los resultados. Por ejemplo, si los datos obtenidos a través de fototrampeo están referidos al número de individuos fotografiados o al número de eventos registrados por la cámara, o si cada rastro en marmolina se asigna a un individuo o si la totalidad de los rastros de la misma especie se asignan al mismo individuo.
- Indicar adecuadamente el esfuerzo de muestreo aplicado en la descripción de la metodología, incluyendo un campo específico en la base de datos (días de muestreo, distancia recorrida o tiempo empleado, según el tipo de metodología utilizada; Véanse Fichas 1 y 2).
- Registrar todos los resultados de cada uno de los muestreos, aunque sean negativos (se visitó el sitio de muestreo en la fecha consignada y el resultado fue de cero individuos de las especies-objetivo).
- Las bases de datos deben informar sobre los individuos de cada especie identificada en cada evento de muestreo y, siempre que sea posible, asignarles el día concreto en que fueron registrados. No deben registrarse datos agregados en forma de total de individuos para el conjunto de los días de muestreo.
- Los datos de las fichas de campo deben tener fiel reflejo en las bases de datos asociadas y en las tablas de los informes, que adjuntarán las bases de datos con los datos en bruto y adecuadamente clasificados en campos, idealmente auto-explicativos, pero en cualquier caso adjuntando una leyenda explicativa de los mismos (metadatos).
- Si los datos se presentan en múltiples hojas de cálculo (frecuentemente, archivos de Excel con varias hojas diferentes), hay que asignar códigos que permitan conectar unas con otras para poder relacionarlas.
- Cuando se clasifiquen o caractericen estructuras de cruce, se deberá seguir la clasificación y nomenclatura señalados en Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015) y en este documento.
- Las mediciones hechas para caracterizar las estructuras de cruce deberán seguir los criterios de medición de estructuras especificados en este documento (véase Ficha 14).
- Los dispositivos de escape y los huecos en el vallado deberán caracterizarse adecuadamente, indicando sus dimensiones.

5.2 Fichas descriptivas con métodos de seguimiento ambiental

Como se ha mencionado en el capítulo 1, este documento revisa y desarrolla el documento *Prescripciones técnicas para hacer efectivos los seguimientos de las medidas de mitigación del efecto barrera de las infraestructuras de transporte* (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008), que se centraba en la elaboración de los PVA y daba indicaciones sobre cómo efectuar algunos seguimientos. Así pues, para un conocimiento amplio de esa temática conviene tener en cuenta ambos libros. En el documento presente no se incide tanto como en el previo en la elaboración de los PVA, sino que las indicaciones que se efectúan en relación con estos son las relativas a la mejora de la evaluación ambiental y las que permiten diseñar y ejecutar seguimientos de efectividad de los que se pueden obtener resultados robustos y fiables.

Dado que muchas de las fichas del documento arriba citado se insertan en el propósito de este, se incorporan al presente documento, señalando los cambios realizados. Las mejoras que se introducen tienen que ver con las cuestiones en las que se han encontrado limitaciones más importantes (véase capítulo 3 y epígrafe 5.1), haciendo hincapié en las pautas de trabajo, especialmente las relativas al diseño de los seguimientos, el registro en campo y el almacenamiento de la información, de forma que permita una mejor evaluación de la efectividad de las medidas correctoras tanto a nivel de proyecto individual como a nivel colectivo, para considerar información proveniente de más de un proyecto que permita obtener conclusiones generalizables.

Las fichas elaboradas o actualizadas en el presente manual se presentan en orden cronológico siguiendo el ciclo de vida de las infraestructuras de transporte, distinguiendo entre fase de estudio o fase previa al inicio de las obras, fase de construcción y fase de explotación. Aquellas fichas que se utilizan en más de una fase solo se presentan en la primera de ellas y se incluye una referencia en las siguientes (véase Figura 8).

Dentro de la fase previa al inicio de cualquier seguimiento ambiental es importante destacar la Ficha 1, dirigida a mejorar la planificación de la toma de datos, su archi-

vo y documentación. En ella se ofrecen algunas prescripciones y recomendaciones generales que se complementarán con la ofrecida en el resto de fichas. No se trata por tanto de una ficha de campo, sino una guía previa a la ejecución del seguimiento ambiental.

De forma similar, y en línea con el objetivo principal de este documento, en la ficha número 2 se detallan las consideraciones previas a tener en cuenta a la hora de evaluar el impacto sobre las poblaciones animales de las diferentes actuaciones llevadas a cabo en las vías. Este no es un objetivo sencillo, fundamentalmente porque es difícil disponer en una misma infraestructura de un número suficiente de réplicas de cada estructura correctora. No obstante, se ofrecen indicaciones para que el estudio se adecue a las especies objeto de estudio y cuente con un diseño de muestreo robusto.

La ficha número 3 es la primera ficha de campo incluida en este documento y actualiza la ficha de estimaciones de abundancia mediante las técnicas más frecuentemente utilizadas. Se aplica en la fase previa al inicio de las obras para conocer el estado de las poblaciones de las especies objetivo que defina el plan de seguimiento ambiental. Se aplica asimismo en cualquiera de las demás fases con el objetivo de evaluar el impacto del proyecto sobre dichas poblaciones (p. ej. EIA) o para cualquier otro objetivo que requiera de estas estimaciones.

La ficha número 4 actualiza la ficha de caracterización de hábitats adyacentes a las estructuras transversales, considerando una mayor estandarización de la información recogida durante los seguimientos, de acuerdo a los estándares establecidos en la Ficha 1.

Para su consideración durante la fase de construcción, las fichas número 5, 6 y 7 se centran en la estandarización de la recogida de información relativa a la construcción de estructuras de cruce, la caracterización de sus accesos y hábitats adyacentes y la instalación del cerramiento perimetral, actualizando la información ofrecida en Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2008.

De aplicación en la fase de explotación de las infraestructuras, la ficha número 8 ofrece pautas para el diseño de muestreos dirigidos a conocer el uso que los diferentes

vertebrados terrestres hacen de las estructuras de cruce. Esta ficha no se centra en ofrecer indicaciones para las diferentes especies que puedan verse beneficiadas por la construcción de estas estructuras, sino que está dirigida a evaluar la efectividad de estos pasos, independientemente de las especies objetivo. Como complemento a esta ficha, la número 9 ofrece un resumen de la correcta aplicación de las técnicas más frecuentes para conocer la abundancia de vertebrados terrestres en el entorno de la infraestructura. Aunque está centrada en la evaluación del uso de las estructuras de cruce, que es la motivación principal de este documento, las técnicas descritas pueden ser de aplicación para alguna de las estimaciones de abundancia de vertebrados en cualquier otra fase.

Por constituir un grupo que requiere de una aproximación diferente, la Ficha 10 actualiza la información referente a la evaluación del uso de los pasos que hacen los peces. No obstante, los métodos empleados son muy similares a los necesarios para llevar a cabo estimaciones de abundancia de estos vertebrados, por lo que se incluyen indicaciones adicionales para su uso con este objetivo.

Las Fichas 11 y 12 dan continuidad a los seguimientos ambientales de los accesos y hábitats del entorno de las estructuras de cruce y del cerramiento perimetral.

Mención especial requieren las Fichas 13 y 14, centradas en estandarizar la tipología de las estructuras y la medida de sus dimensiones. Tanto en esta revisión, como en revisiones anteriores llevadas a cabo desde el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se han detectado importantes variaciones tanto en la identificación de tipologías como en forma de medir las dimensiones, lo que sugiere la necesidad de indicaciones estandarizadas extensas que eviten la variabilidad hallada durante los seguimientos. Estas dos fichas pretenden cubrir estas carencias, ofreciendo criterios aplicables a la mayor parte de las situaciones.

La ficha número 15 se centra en la obtención de información relevante sobre colisiones y atropellos de fauna, distinguiendo entre diferentes metodologías y el tipo de información que ofrece cada una de ellas.

Por último, la Ficha 16 actualiza los contenidos a integrar en los contratos de conservación y explotación de las vías, añadiendo los aspectos recogidos en el documento de esta misma serie titulado *Efectos de borde y efectos en el margen de las infraestructuras de transporte y atenuación de su impacto sobre la biodiversidad*, de reciente publicación.

Para facilitar el acceso a las fichas en función de los objetivos de los diferentes seguimientos y teniendo siempre en cuenta los pasos previos indicados, se exponen a continuación algunos ejemplos de situaciones comunes en la realización de seguimientos ambientales en infraestructuras lineales de transporte que pueden ser más o menos frecuentes:

Situación 1: Evaluar el efecto de una infraestructura en las poblaciones animales.

- Paso 1: Elaborar un diseño con información previa (BACI: before, after, control, impact) si se trata de implantar una nueva infraestructura o un diseño sin información previa (CI: control, impact) si se trata de evaluar una infraestructura ya construida (Ficha 2). Ubicando parcelas o puntos de muestreo tanto en el área de influencia de la infraestructura como en las zonas control.
- Paso 2: Elección de la técnica de muestreo adecuada a las especies y objetivos del diseño planteado (Fichas 3, 9 y 10).
- Paso 3: Elaboración de las bases de datos siguiendo los modelos indicados en la Ficha 1.

Situación 2: Evaluar el efecto de implantar medidas correctoras.

- Paso 1: Elaborar un diseño BACI si se trata de implantar nuevas estructuras correctoras o un diseño CI si se trata de evaluar unas estructuras ya construidas (Ficha 2). Ubicando parcelas o puntos de muestreo tanto en el área de influencia de la infraestructura como en las zonas control.
- Paso 2: Elección de la técnica de muestreo adecuada a las especies y objetivos de nuestro diseño (Fichas 3, 9 y 10).

- Paso 3: Muestreo del uso de las estructuras para ver si son la causa de los efectos observados en la población (Ficha 8).
- Paso 4: Elaboración de las bases de datos siguiendo los modelos indicados en la Ficha 1.

Situación 3: Evaluar el efecto de las mejoras realizadas en un paso.

- Paso 1: Como en este caso se trata de observar si existe un incremento del uso asociado a las mejoras en la estructura de cruce, lo mejor es elaborar un diseño BA. En el caso en el que haya varios pasos y solo se realicen mejoras en alguno de ellos se podrá realizar un diseño BACI (Ficha 2).
- Paso 2: Elección de la técnica de muestreo adecuada a las especies y objetivos de nuestro diseño, que será aplicada en las estructuras de cruce (Fichas 9 y 10).
- Paso 3: Elaboración de las bases de datos siguiendo los modelos indicados en la Ficha 1.

Situación 4: Eliminación puntos negros de atropello o colisión.

En este caso tendremos identificado un punto negro de atropellos que se pretende eliminar, por lo que tendremos datos previos y se podrá realizar un diseño BA. Si tenemos varios puntos negros y hacemos las mismas mejoras en varios de ellos y en otros no, podremos usar un diseño BACI, empleando los no mejorados como control (Ficha 2).

Situación 5: Evaluar qué tipo de paso es mejor.

En este caso no suele haber, en un solo proyecto, un número suficiente de réplicas de cada tipo de paso que nos permitan evaluar de forma robusta su efectividad. La mejor estrategia a seguir en este caso es juntar los datos de múltiples proyectos y evaluarlos en conjunto. Para ello es esencial la elaboración de unas buenas bases de datos (Ficha 1).

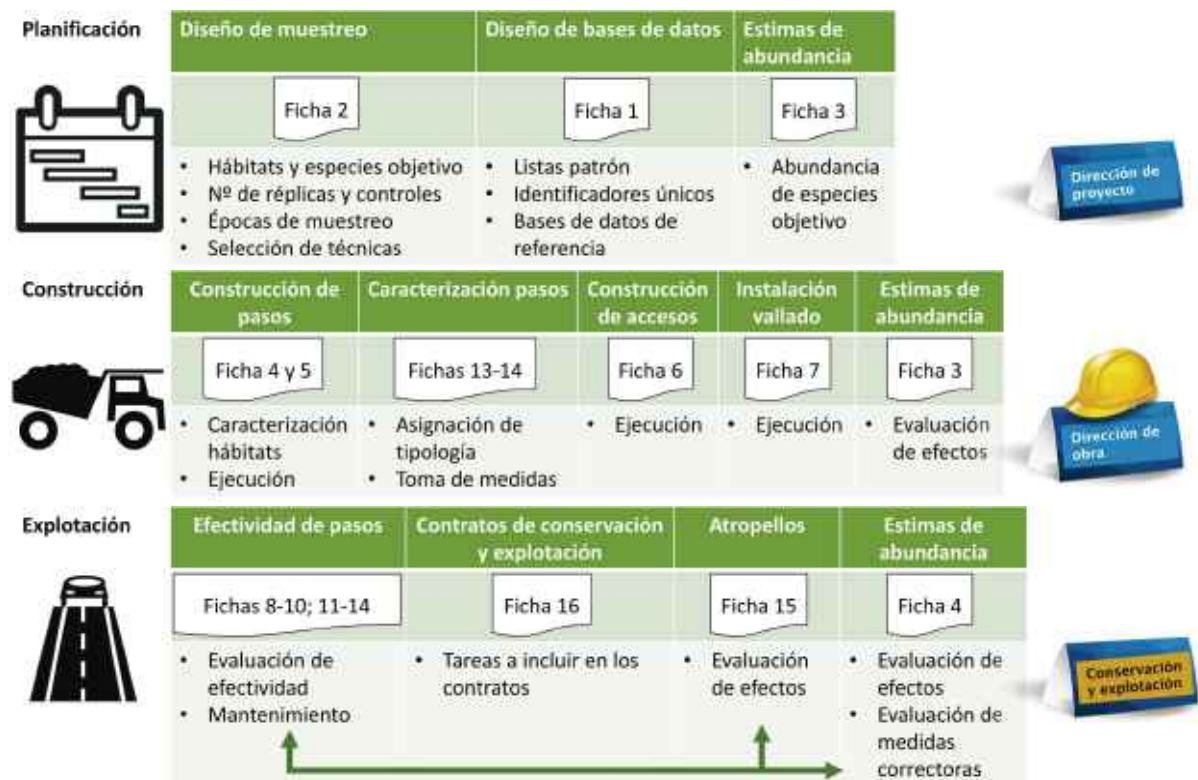


Figura 8. Esquema de uso de las fichas de este documento en función de la fase del ciclo de vida de la infraestructura, las tareas normalmente desarrolladas en dicha fase y sus responsables.

Índice de fichas descriptivas de medidas

Fase de planificación

Ficha 1: PLANIFICACIÓN, DOCUMENTACIÓN Y ARCHIVO DE RESULTADOS

Ficha 2: DISEÑO DE MUESTREOS

Ficha 3: ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA DE VERTEBRADOS TERRESTRES

Fase de construcción

Ficha 4: CARACTERIZACIÓN DE LOS HÁBITATS ADYACENTES A LAS ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Ficha 5: VIGILANCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LOS PASOS DE FAUNA Y OTRAS ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Ficha 6: VIGILANCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ACCESOS Y EFECTOS EN LOS HÁBITATS ADYACENTES

Ficha 7: VIGILANCIA DE LA INSTALACIÓN DEL CERRAMIENTO PERIMETRAL Y OTROS ELEMENTOS ASOCIADOS

Fase de explotación

Ficha 8: EVALUACIÓN DEL USO DE LOS PASOS DE FAUNA TERRESTRE

Ficha 9: INFORMACIÓN CLAVE A RECOGER EN LOS MUESTREOS DE USO DE LOS PASOS POR FAUNA TERRESTRE

Ficha 10. SEGUIMIENTO DEL USO POR LOS PECES DE LOS DRENAJES ADAPTADOS Y OTRAS ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Ficha 11. VIGILANCIA DEL ESTADO DE LOS ACCESOS Y HÁBITATS ADYACENTES A LAS ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Ficha 12. VIGILANCIA DEL ESTADO Y MANTENIMIENTO DEL CERRAMIENTO PERIMETRAL Y OTROS ELEMENTOS ASOCIADOS

Ficha 13. TIPOLOGÍAS DE PASOS DE FAUNA Y OTRAS ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Ficha 14. MEDICIÓN DE DIMENSIONES DE PASOS DE FAUNA Y OTRAS ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Ficha 15. INFORMACIÓN CLAVE A RECOGER EN EL SEGUIMIENTO DE MORTALIDAD DE FAUNA EN VÍAS DE TRANSPORTE

Ficha 16. CONTENIDOS A INTEGRAR EN LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS VÍAS

Objetivo

- Ayudar a la planificación de la toma de datos, archivo y documentación durante los muestreos del seguimiento ambiental.

Justificación

- Planificar el modo en que se realizará el registro de la información generada en los seguimientos ambientales facilita que esta información sea aprovechada en todo su potencial y resulta útil para otros seguimientos ambientales y, en general, para evaluar de forma más completa el impacto de las vías de transporte. Esta planificación debe dar lugar a plantillas de campo claras e inequívocas, que definan qué se va a registrar, qué nombres utilizaremos en esos registros (para las especies animales y otras variables) y qué unidades tendrán o qué categorías, umbrales o listas de referencia se van a emplear. Igualmente deberán definirse *a priori* los criterios para el registro de la información que, por cualquier motivo, se preste a diferentes interpretaciones. Por ejemplo: antes de comenzar un trabajo de campo empleando marmolina conviene decidir si cada rastro se considerará un individuo o todos los rastros del mismo tamaño se considerarán del mismo individuo, dejando claramente registrada esta información y convirtiéndola en regla de trabajo para todos los encargados de llevar a cabo los muestreos.
- Dicha planificación es también esencial en el proceso de archivo y documentación de la información obtenida. El hecho de que la información se recoja de forma homogénea es más importante cuanto mayor sea la envergadura del proyecto y mayor el número de equipos de campo involucrados en la obtención de información. Solo mediante una buena planificación es posible que el volcado de la información en una base de datos común mantenga una estructura coherente. Esta coherencia es, a su vez, indispensable para el correcto análisis de la información generada.

Estructura de las bases de datos

- El tipo de base de datos adecuada para los datos recogidos en un seguimiento ambiental es el de una base de datos relacional. Esta consta de un conjunto de tablas relacionadas en las que almacenar los datos. No es el objeto de este documento el de abordar cómo elaborar una base de datos relacional, aunque en el capítulo 3 se dan algunas indicaciones sobre su planteamiento (véase Figura 5), que nos puede ayudar a entender los datos que debemos almacenar.
- Nuestros datos son los que recogemos cuando aplicamos una metodología de muestreo. Normalmente no son muestreos puntuales, sino que se tienen que repetir en el tiempo. Por ello, la información tiene que estar estructurada de forma que seamos capaces de identificar e individualizar cada estructura muestreada, cada periodo de muestreos desarrollados en esa estructura, cada visita o evento de muestreo dentro de un periodo y los datos brutos recogidos en esa visita o evento de muestreo.
- En los diferentes protocolos de muestreo tenemos distintos niveles de información, que deben almacenarse en tablas diferentes, pero que debemos ser capaces de relacionar entre sí de forma inequívoca mediante códigos únicos. Estos niveles de información se encuentran anidados (los diferentes registros de cada visita se anidan en la serie de visitas que tiene p. ej. una estructura de cruce y esta en la serie de estructuras que se encuentran dentro del plan de seguimiento).
- Para los tipos de muestreo más habitualmente utilizados, identificamos, al menos, tres niveles (tablas de datos) que debemos tener:
 - Nivel 1. Identificación del muestreo. Un muestreo es una técnica que se aplica de una determinada forma, durante el tiempo que establezca el diseño experimental. En nuestro caso un muestreo puede ser un recorrido, una cámara trampa, un manguero buscando anfibios, un detector de murciélagos, etc.

realizado o colocado de la misma forma siempre que se lleve a cabo. En esta tabla se reunirá información sobre las características comunes de dicho muestreo: longitud, punto inicial y punto final de un recorrido, coordenadas de la ubicación del muestreo, etc.

- Nivel 2. Identificación de la visita o evento de muestreo. En esta tabla se reunirá información asociada a cada visita realizada como, por ejemplo, la fecha de la visita, la hora, las condiciones meteorológicas, quién realiza la visita, etc. Con visita entendemos situaciones como las siguientes: hacer un recorrido, recoger una tarjeta de la cámara, revisar una trampa de huellas, etc.
- Nivel 3. Observaciones del muestreo. En esta tabla se registran las observaciones realizadas. Pueden ser cada una de las fotos (o serie de fotos de un mismo animal) de una cámara, un rastro, número de individuos observados de cada especie, etc., y la información asociada a esa observación, como la hora, coordenadas,

comportamiento, etc.

- Con estas tres tablas seremos capaces de identificar los muestreos, caracterizar las distintas visitas realizadas y disponer de las observaciones recogidas. Dado que en la planificación del seguimiento se han indicado las especies de las que se van a anotar todas las observaciones, todas las visitas en las que dichas especies no hayan sido observadas registrarán un cero para todas ellas. En este sentido es más importante aún que todas las visitas (nivel 2) queden registradas, independientemente de su resultado, pero especialmente si no se ha registrado ningún evento de cruce. Esta sería la única manera de inferir los ceros para las especies objetivo que no hayan aparecido en el muestreo.
- Dado que la forma más habitual de almacenamiento de la información es en hojas de cálculo (frecuentemente, archivos de Excel con varias hojas diferentes), hay que asignar códigos o identificadores únicos que permitan conectar unas con otras y poder relacionarlas (véase Figura 1.1).

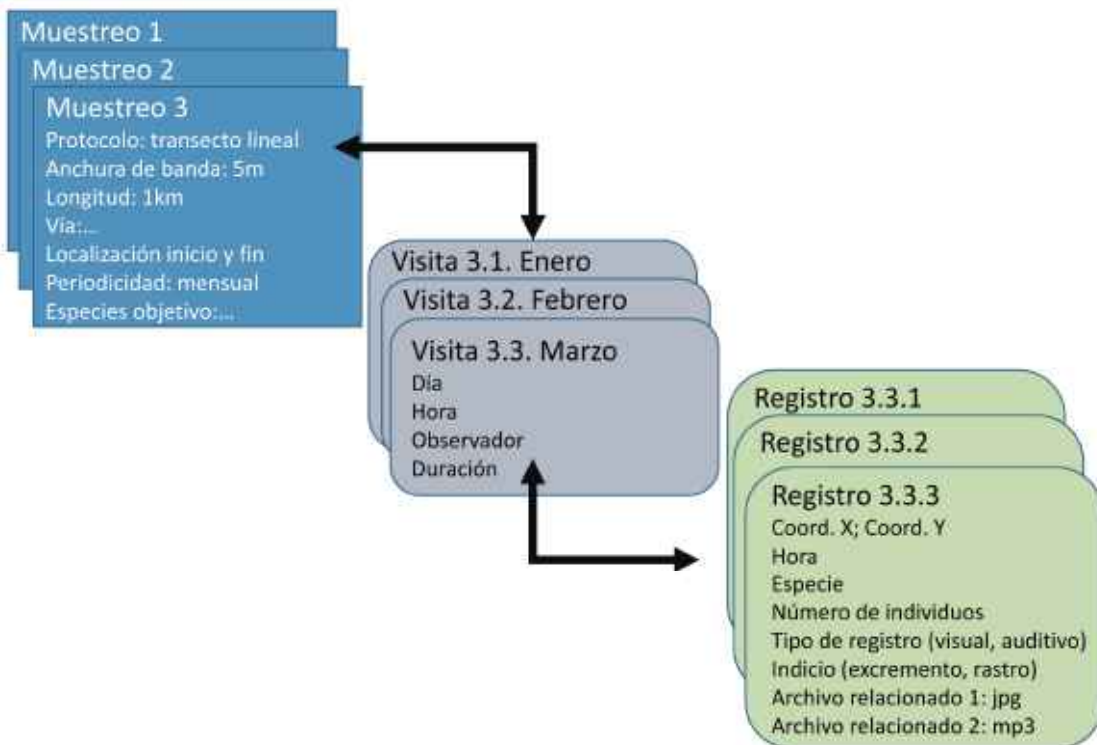


Figura 1.1. Esquema de los tres niveles en los que se almacena la información de los seguimientos ambientales.

Objetivo de la actuación

- Establecer pautas para el diseño de muestreo que permitan evaluar el impacto sobre las poblaciones animales de las infraestructuras de transporte y de las actuaciones y estructuras diseñadas para mitigar esos impactos.

Método

- Dentro de las muchas posibilidades de diseño experimental, se recomienda establecer un diseño BACI (acrónimo de before, after, control, impact). El diseño tipo BACI está específicamente pensado para evaluar las consecuencias de un evento que va a producirse en un lugar determinado.
- Es importante destacar que la palabra *impact* aquí no tiene un significado negativo, sino que se refiere a las consecuencias de la actuación, que pueden ser negativas (fragmentación de poblaciones por vías de transporte), o positivas (reconexión de poblaciones gracias a un paso de fauna).
- El diseño BACI asume que se realizarán muestreos para las poblaciones y variables de interés antes (*before*) de la actuación y después (*after*) de que esta se haya realizado. Asume también que se llevarán a cabo muestreos en el lugar donde se produce la actuación (*impact*) y fuera de su área de influencia (*control*). En esta ficha se ofrece la información necesaria para llevar a cabo este tipo de diseño con algunos ejemplos.
- Un control es una zona de muestreo que no ha sufrido el efecto de la actuación (*impact*) que se pretende evaluar. Si no existen controles en las evaluaciones, no es posible asignar los cambios observados al efecto de la actuación, ya que no sabemos si se han producido cambios similares fuera de su área de influencia. El tipo de control va a depender de la situación y objetivos a evaluar, por lo que no existe una receta única para definir las zonas de control. Si se quiere evaluar el impacto de una infraestructura, el control debe ser una zona similar y cercana, pero sin infraestructura. Si se trata de evaluar el impacto

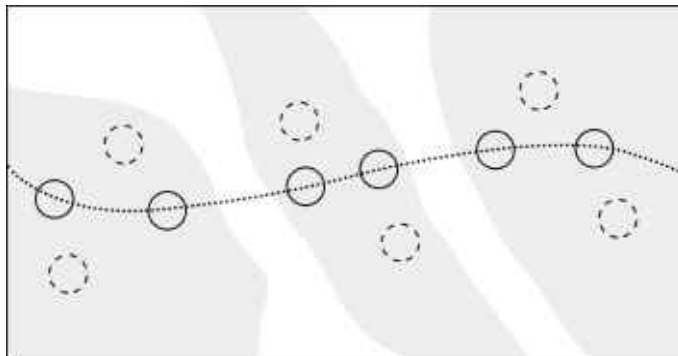
de la colocación de medidas correctoras en la vía, el control estará ubicado en una zona de la misma infraestructura, pero sin medidas correctoras, etc.. Las zonas control deben ser lo más parecidas posible a las zonas de la actuación, de forma que los cambios en las poblaciones animales sean achacables tan solo al efecto de la actuación y no a otras variables (ambientales, de las infraestructuras, etc.). Sobre el terreno, no es posible elegir zonas control que sean exactamente iguales a las de actuación, por lo que son necesarias múltiples réplicas de los controles para que otras variables no enmascaren el impacto a evaluar.

- Como parámetro a tener en cuenta se recomienda la abundancia de individuos, por ser fácil de medir (véase Ficha 3) y un buen indicador del estado de las poblaciones, aunque deberá considerarse la posibilidad de utilizar otros parámetros (actividad, comportamiento, presencia-ausencia) para evaluar impactos sobre especies y circunstancias concretas.
- En ocasiones, no es posible aplicar un diseño BACI. Por ejemplo, si se trata de evaluar el efecto de una sola actuación de mejora, no se podrán establecer réplicas de la actuación. Si la especie elegida para evaluar solo está presente en un punto muy concreto del vial y se actúa en ese punto, no podremos establecer controles por no disponer de otros sitios con las mismas condiciones, por lo que en este caso solo se podrá establecer un diseño BA, sin réplicas (por ejemplo, una población de anfibios en una charca). También puede darse el caso de que se pretenda evaluar una actuación ya construida. En este caso no se dispondrá de datos previos y solo se podrá establecer un diseño CI. En todas estas situaciones los resultados obtenidos serán menos fiables y menos extrapolables.
- En la presente ficha se detallan, esquemáticamente, ejemplos de diseños de muestreo BACI para distintos objetivos y diferentes resultados esperables en función del diseño. Para estas evaluaciones, y debido a su complejidad, es importante contar siempre con el concurso de personal con formación en diseño experimental.

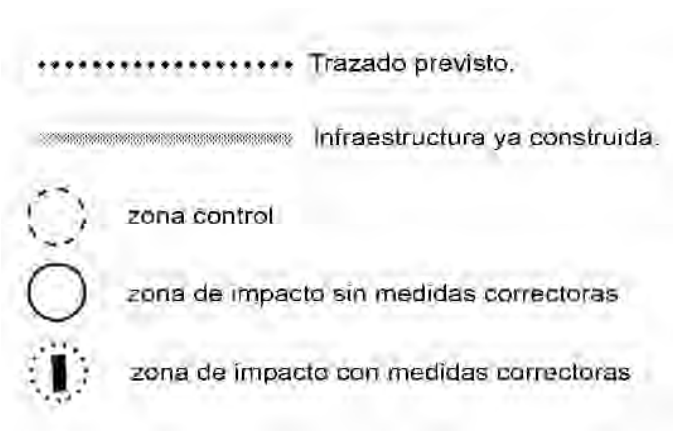
Cuadro 1: Ejemplos de diseños BACI para evaluar el **impacto de la construcción de una nueva infraestructura**. Se expone el caso hipotético de tener que evaluar el impacto en las poblaciones de una especie o grupo de especies animales frente a la construcción de una nueva infraestructura. En “muestreos antes” se indica un ejemplo de elección de zonas en las que muestrear antes de realizar la actuación, teniendo en cuenta las que serán zonas de impacto y las que serán de control. En “muestreos después” se plantean distintas situaciones, que son las siguientes:

- Construcción de la infraestructura sin medidas correctoras (Situación 1). En este caso deberá hacerse un muestreo previo tanto en zonas por las que va a transitar la infraestructura como en zonas control. Con el muestreo *a posteriori* de estas mismas zonas se podrá evaluar el impacto de la infraestructura.
- Construcción de la infraestructura con medidas correctoras. En este caso puede haber dos tipos de zonas de control.
 - Solo se dispone de controles externos, fuera de la infraestructura (situación 2), no permite conocer si los cambios observados son o no debidos a la ejecución de las medidas correctoras. Un caso particular sería el paso por la situación 1, que sería evaluada, y después por la 2. En ese caso tendríamos diseño de BA en dos fases que nos aportaría más robustez.
 - Control de las medidas correctoras (situación 3). Mediante el desarrollo de este segundo tipo de control se podrán determinar si los cambios observados en las poblaciones son debidos a la infraestructura o a la medida correctora.

Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo en los hábitats de interés (zonas grises): **muestreos antes**

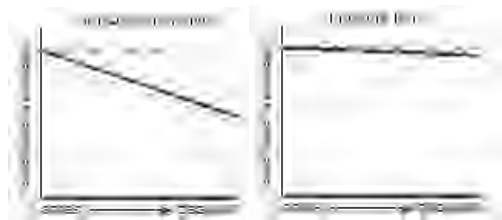
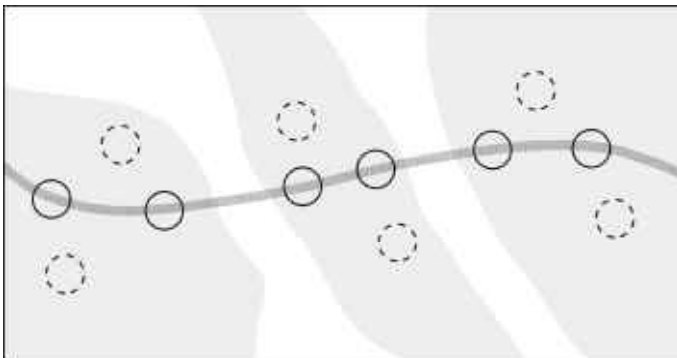


Leyenda general para los símbolos usados en las figuras de esta ficha

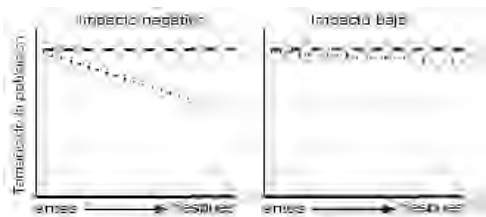
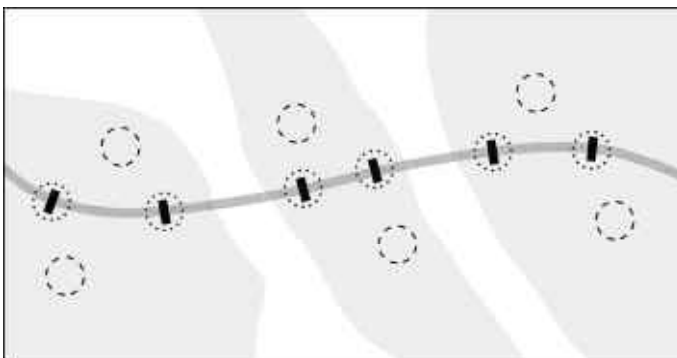


Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos después**

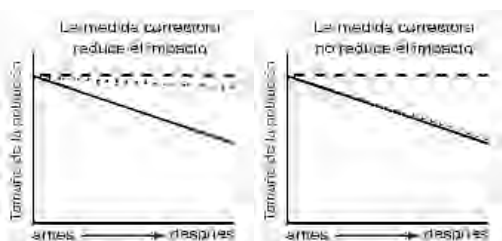
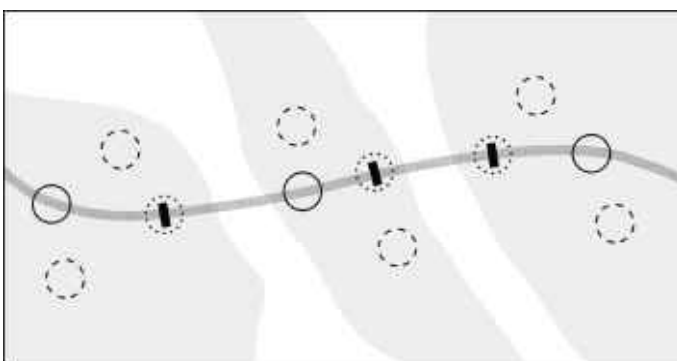
Situación 1. Esquema de una construcción sin medidas correctoras en la que se llevan a cabo muestreos antes y después de su implantación en zonas con impacto y zonas control (diseño BACI). Las gráficas de la derecha representan los posibles resultados del estudio: en la de la izquierda, el tamaño de población se reduce a la mitad tras la instalación de la infraestructura, cambio que no sucede en los controles (línea discontinua), lo que significa un alto impacto de la actuación. En la de la derecha, la reducción de la población es mucho más sutil, con un comportamiento similar al control, de lo que se deduce que el impacto es bajo.



Situación 2. Esquema de lo que sería una construcción con medidas correctoras, pero en la que solo se muestrean zonas con medidas correctoras siguiendo un diseño BACI. Al igual que en el caso anterior, se puede evaluar si el impacto es alto o bajo, pero no se puede asegurar que el efecto sea debido a las medidas correctoras o a otras variables no controladas.



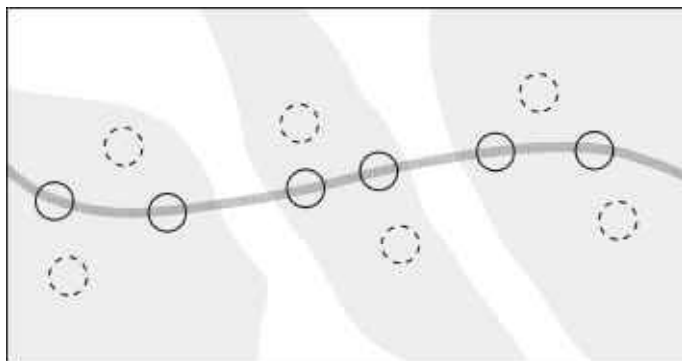
Situación 3. Esquema de lo que sería una construcción con medidas correctoras en la que se establecen zonas de muestreo con y sin medidas correctoras siguiendo un diseño BACI. En este caso sí puede apreciarse un impacto de la infraestructura y si las medidas correctoras son capaces de paliarlo (izquierda) o no (derecha).



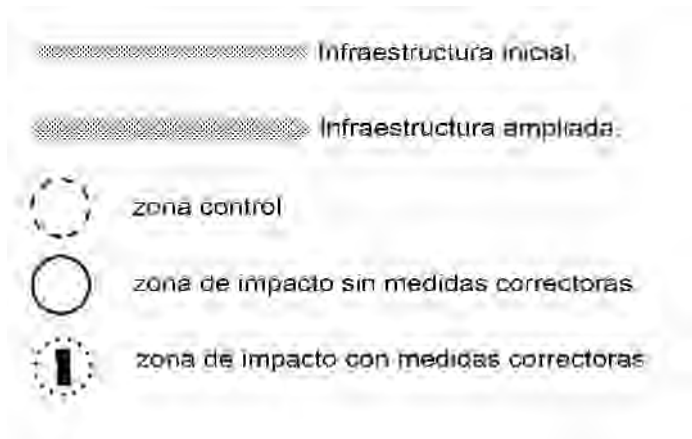
Cuadro 2: Ejemplo de diseños BACI para evaluar el impacto de la ampliación de una infraestructura (p. ej. por desdoble de algún carril). Se expone la situación de tener que evaluar el impacto en las poblaciones de una especie o grupo de especies animales frente a la ampliación de una infraestructura ya existente. En este caso, partimos de una situación diferente de la anterior. En “muestreos antes” se indica un ejemplo de elección de zonas en las que muestrear antes de realizar la actuación, teniendo en cuenta las que serán zonas de impacto y las que serán de control. Al igual que en el Cuadro 1, en “muestreos después” se plantean distintas situaciones, que son las siguientes:

- Ampliación de la infraestructura sin establecer medidas correctoras (Situación 4). En este caso se deberán hacer muestreos previos tanto en zonas afectadas por la ampliación de la infraestructura como en zonas control. Con el muestreo *a posteriori* de estas mismas zonas se podrá evaluar el impacto de la ampliación.
- Ampliación de la infraestructura añadiendo medidas correctoras. En este caso se deberá contar con dos tipos de zonas de control.
 - Control externo fuera de la infraestructura (situación 5), que nos permitirá conocer si los cambios observados pueden o no ser debidos a nuestras actuaciones. De nuevo, en este caso, podemos contar con una situación secuencial en la que se pase de una ampliación sin medidas correctoras, como en la situación 4 (que debe ser evaluada), y *a posteriori*, desarrollar las medidas, como en la situación 5.
 - Control de las medidas correctoras (situación 6). Si no se aplica este control, no se podrán determinar si los cambios observados en las poblaciones son debidos a la ampliación de la infraestructura o a la medida correctora.

Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos antes**

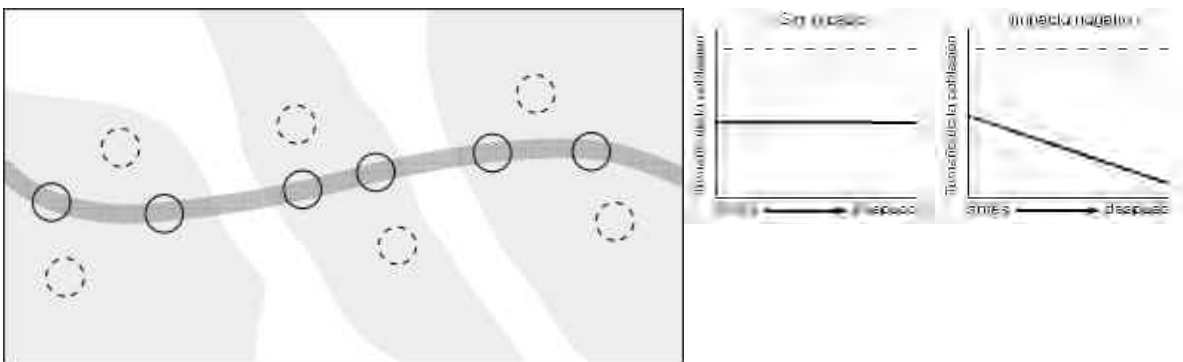


Leyenda general para los símbolos usados en las figuras de esta ficha

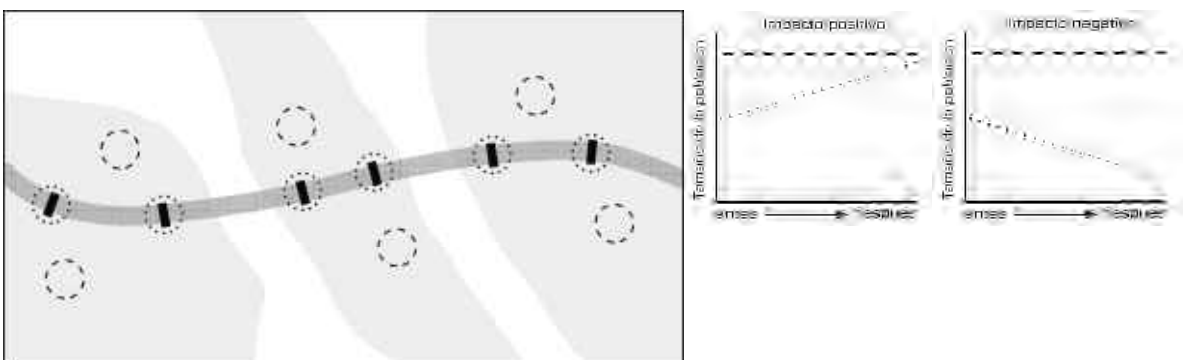


Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos después**

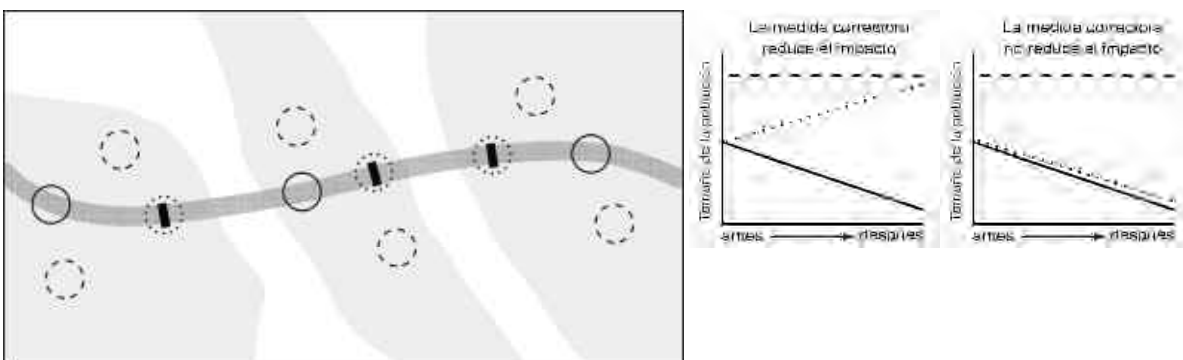
Situación 4. Esquema de una ampliación sin medidas correctoras en la que se llevan a cabo muestreos antes y después de su implantación en zonas con impacto y zonas control (diseño BACI). Las gráficas de la derecha representan los posibles resultados del estudio: en la de la derecha, la población prácticamente desaparece tras la ampliación de la infraestructura, cambio que no sucede en los controles (línea discontinua), lo que significa un alto impacto de la actuación. En la de la izquierda, el tamaño de la población se mantiene estable, con un comportamiento similar al control, de lo que se deduce que la ampliación no ha tenido impacto.



Situación 5. Esquema de lo que sería una ampliación con medidas correctoras, pero en la que solo se muestrean zonas con medidas correctoras siguiendo un diseño BACI. Al igual que en el caso anterior, se puede evaluar si el impacto es alto o bajo, pero no se puede asegurar que el efecto sea debido a las medidas correctoras o a otras variables no controladas.



Situación 6. Esquema de lo que sería una construcción con medidas correctoras en la que se establecen zonas de muestreo con y sin medidas correctoras siguiendo un diseño BACI. En este caso sí se puede cuantificar la importancia de las medidas correctoras.

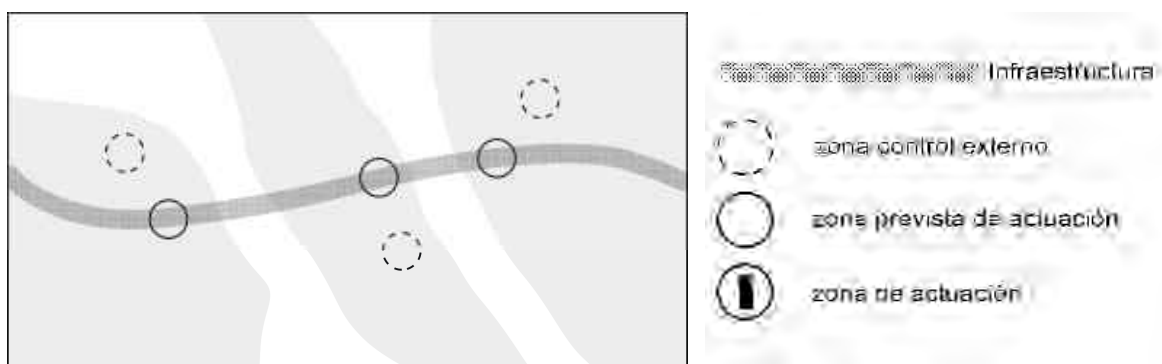


Cuadro 3: Ejemplo de diseños BACI para evaluar el **impacto de la implementación de medidas correctoras**. Se expone la situación de tener de partida una infraestructura sin medidas correctoras. Se indican los casos de contar con uno o dos tipos de controles. En “muestreos antes” se indica un ejemplo de elección de zonas en las que muestrear antes de realizar la actuación, teniendo en cuenta las que serán zonas de impacto y las que serán de control. Se plantean dos situaciones

- Solo con control externo fuera de la infraestructura (situación 7), que no nos permitirá descartar si los cambios observados son o no son debidos a las actuaciones.
- Con control de las medidas correctoras (situación 8). Si no se aplica este control, no se podrán determinar si los cambios observados en las poblaciones son debidos a la infraestructura o a la medida correctora.

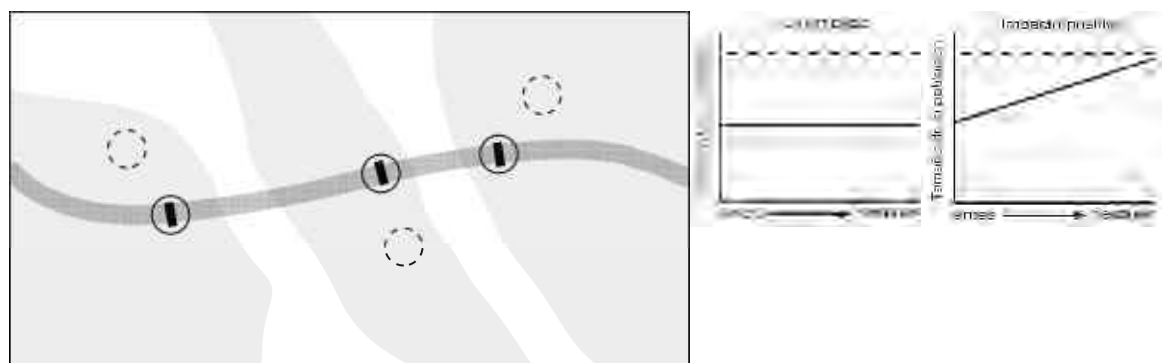
Situación 7: Esquema de lo que sería la evaluación de la construcción de medidas correctoras en la que se llevan a cabo muestreos antes y después de su implantación en zonas con impacto y zonas control (diseño BACI) pero en la que solo se muestrean zonas con medidas correctoras.

Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos antes**



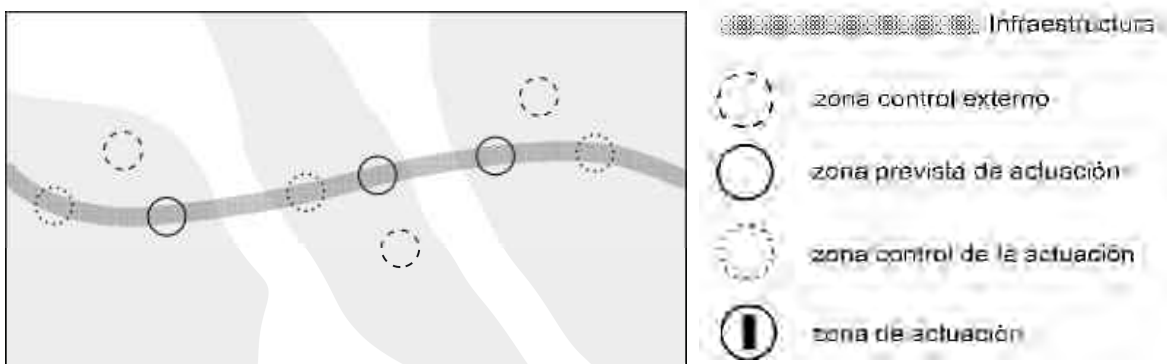
Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos después**

Las gráficas de la parte inferior derecha representan los posibles resultados del estudio: en la de la izquierda, no se observan cambios en el tamaño de la población tras la instalación de medidas correctoras. En la de la derecha, el tamaño de la población aumenta, de lo que se deduce que el impacto es positivo, aunque no se puede descartar el efecto de otros factores no controlados.



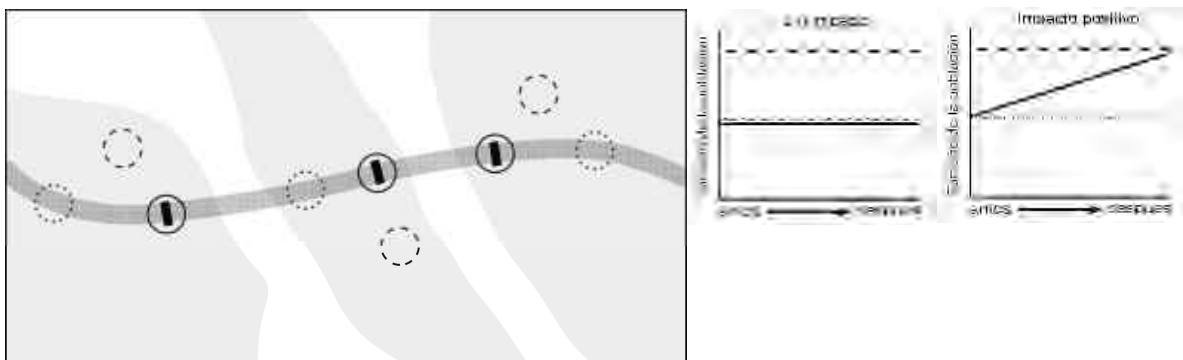
Situación 8: Esquema de la evaluación de la construcción de medidas correctoras en la que se lleven a cabo muestreos antes y después de su implantación en zonas con impacto y zonas control (diseño BACI), incluyendo zonas en las que se han ejecutado medidas correctoras y zonas en las que no. En este caso sí se puede cuantificar la importancia de su ejecución.

Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos antes**



Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos después**

Las gráficas de la parte inferior derecha representan los posibles resultados del estudio: en la de la izquierda no se observan cambios en el tamaño de la población tras la instalación de medidas correctoras, de lo que se deduce que no han tenido efecto. En la de la derecha, el tamaño de la población aumenta en los lugares con medidas correctoras. Lo hace hasta llegar a niveles de población similares a los controles externos y es atribuible a la construcción de medidas correctoras, puesto que en los controles internos (zonas dentro del trazado de la infraestructura, pero sin medidas correctoras se mantienen con niveles poblacionales similares a los que ya tenían antes de la construcción de estas estructuras).

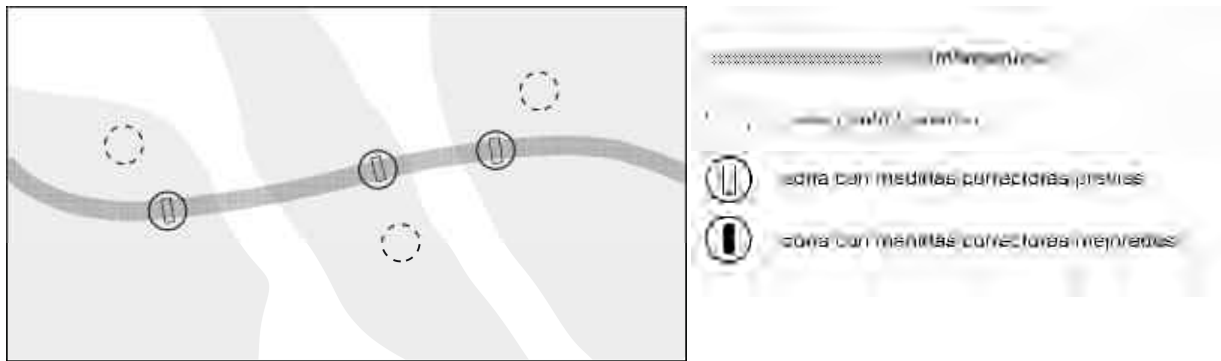


Cuadro 4: Ejemplo de diseños BACI para evaluar el **impacto de la mejora en las medidas correctoras**. Se expone la situación de tener de partida una infraestructura con medidas correctoras que parecen no funcionar adecuadamente y se ejecutan obras de mejora. En este caso, debemos contar con dos tipos de controles. En “muestreos antes” se indica un ejemplo de elección de zonas en las que muestrear antes de realizar la actuación, teniendo en cuenta las que serán zonas de impacto y las que serán de control. Se plantean dos situaciones:

- Solo control externo fuera de la infraestructura, (situación 9), que no nos permitirá descartar el efecto de otras variables en los cambios observados.
- Control de las mejoras de las medidas correctoras (situación 10). Aplicando este control adicional se puede determinar si los cambios observados en las poblaciones son debidos a la mejora de las medidas correctoras.

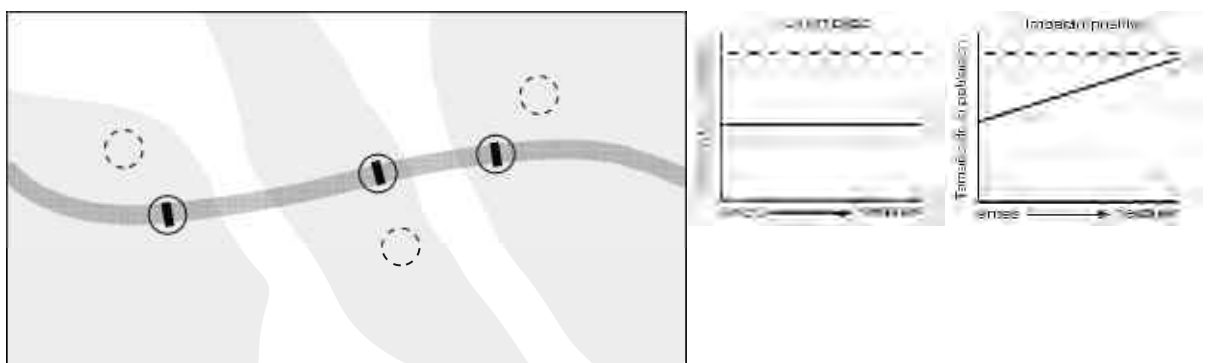
Situación 9: Esquema de lo que sería la evaluación de la mejora de las medidas correctoras en la que se llevan a cabo muestreos antes y después de su implantación en zonas con impacto y zonas control (diseño BACI) pero en la que solo se muestrean zonas con medidas correctoras mejoradas. En este caso se puede evaluar si el impacto es alto o bajo, pero no se puede descartar el efecto de otros factores no controlados.

Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos antes**



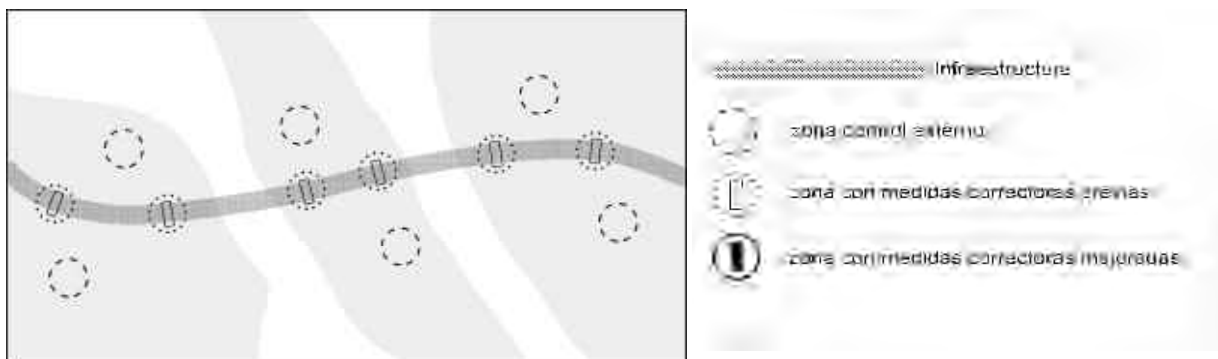
Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos después**

Las gráficas de la parte inferior derecha representan los posibles resultados del estudio: en la de la izquierda, no se observan cambios en el tamaño de la población tras la mejora de las medidas correctoras. En la de la derecha, el tamaño de la población aumenta en los lugares con medidas correctoras mejoradas. Lo hace hasta llegar a niveles de población similares a los controles externos pero no sabemos si es atribuible a la mejora de las medidas correctoras o a otros factores como el aumento de la población en el entorno de la infraestructura.



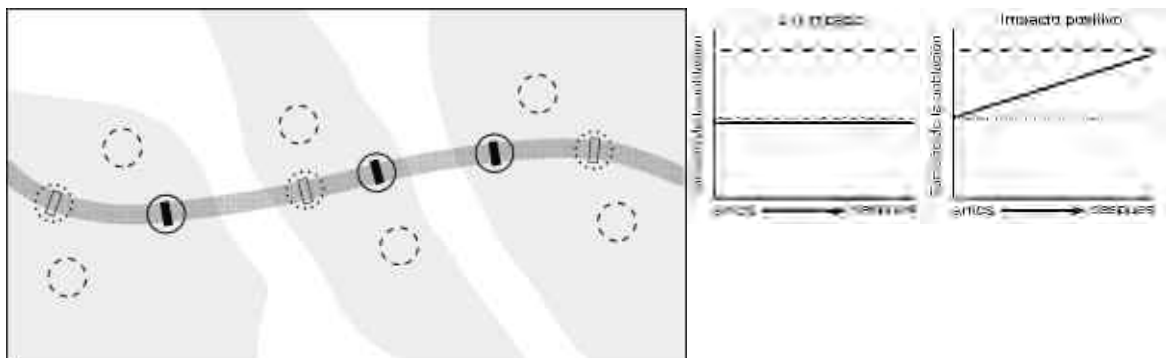
Situación 10: Esquema de la evaluación de la mejora de las medidas correctoras en la que se llevan a cabo muestreos antes y después de su implantación en zonas con impacto y zonas control (diseño BACI), incluyendo zonas en las que se han mejorado las medidas correctoras y zonas en las que no. En este caso si se puede cuantificar la eficacia de su modificación.

Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos antes**



Ejemplo de la ubicación de las zonas de muestreo: **muestreos después**

Las gráficas de la parte inferior derecha representan los posibles resultados del estudio: en la de la izquierda no se observan cambios en el tamaño de la población tras la mejora de las medidas correctoras, de lo que se deduce que no han tenido efecto. En la de la derecha, el tamaño de la población aumenta en los lugares con medidas correctoras. Lo hace hasta llegar a niveles de población similares a los controles externos y es atribuible a la construcción de medidas correctoras puesto que en los controles internos (zonas dentro del trazado de la infraestructura, pero sin mejoras en las medidas correctoras, se mantienen con niveles poblacionales similares a los que ya tenían antes de la construcción de estas estructuras).



Fases de aplicación

- Antes del inicio de las obras, durante y después de terminada la obra.

Objetivo de la actuación

- Estimar la distribución y abundancia relativa de las distintas especies de vertebrados terrestres presentes en los hábitats adyacentes al trazado de la infraestructura. Este conocimiento previo del estado de las diferentes poblaciones de vertebrados permite detectar posibles cambios significativos derivados de la implantación de la vía en el territorio.
- Es recomendable llevar a cabo las mismas estimaciones en zonas control no afectadas por la implantación de la infraestructura. Ello permite aplicar un diseño tipo BACI, que como se ha visto en la Ficha 2 permite mejores evaluaciones.
- Si existieran áreas de especial interés (Directiva hábitats, especies amenazadas, etc.) que pudieran resultar afectadas por instalaciones auxiliares, préstamos, vertederos o caminos de acceso, estas serán incorporadas al seguimiento.

Aspecto objeto de control

- La abundancia de las diferentes especies de vertebrados terrestres en el área de influencia de la infraestructura.

Métodos

- En general, se llevarán a cabo muestreos encaminados a la obtención de indicadores indirectos de la abundancia de diferentes especies o grupos de especies, utilizando índices generados a partir de indicios (fundamentalmente huellas y excrementos) o detección de individuos mediante transectos o detección visual, acústica, de ultrasonidos, etc. desde puntos fijos. Sin embargo, en algunos casos (especies raras, amenazadas o de elevado interés) pueden ser necesarias estimaciones directas del tamaño de población.
- Se deberá definir la lista de especies objetivo a partir de la información más reciente y más fiable posible de la distribución de los vertebrados terrestres de España: atlas na-

cionales y regionales, monografías y otros documentos recopilados en el proceso de EsIA o en poder del Órgano Ambiental competente, así como mediante la consultas a expertos.

- En cada uno de los tramos previamente definidos se obtendrán estimas indirectas a ambos lados de la línea de trazado de la infraestructura realizando prospecciones en una franja de terreno adecuada a las especies objetivo. Por ejemplo, especies pequeñas, como los anfibios, deberán muestrearse a pocas decenas de metros de la infraestructura; para especies de mayor tamaño, como los ungulados, la banda de muestreo deberá establecerse a una escala de cientos de metros, adecuándose en función de la extensión de las áreas de campeo de las especies objeto de seguimiento (véase Figura 3.1).
- La metodología deberá ser específica, adecuándose a las especies o grupos faunísticos objetivo, y en todo caso, se debe contar con réplicas espaciales y temporales que permitan estimar valores medios y variabilidad de los datos:
 - Carnívoros y ungulados. Las estimaciones de abundancia podrán realizarse mediante recorridos de muestreo predefinidos en los que se lleven a cabo censos de huellas y otros indicios, como los excrementos, que son reflejo de la actividad diaria de los animales en el entorno en el que habitan (Figuras 3.2 y 3.3). La abundancia de estos rastros es un indicador de la densidad poblacional de las especies que los producen, y por ello el conteo de tales evidencias indirectas puede ser utilizado como índice de abundancia de dichas especies.
 - Anfibios y reptiles. En ambos casos pueden aplicarse métodos visuales con o sin captura, tanto en transectos como en parcelas de superficie conocida. En el caso de los anfibios, se pueden emplear métodos basados en el registro de cantos y también la búsqueda visual.

- Micromamíferos. Para este grupo se recomiendan métodos de estimaciones de densidad basados en captura y recaptura, que requieren trapeo y marcaje de los individuos capturados.
- En aquellas áreas en las que estén presentes especies de máximo interés de conservación, será necesaria la aplicación de seguimientos ecológicos particulares que permitan estimar densidades reales de dichas especies (censos o recuentos).

Fase de aplicación

- Previa al inicio de las obras (proyecto), así como durante las fases de construcción y la de explotación.

Frecuencia de control

- Con carácter general, los muestreos deberán repetirse al menos estacionalmente para recoger la variabilidad temporal inherente a las poblaciones animales. No obstante, en aquellos casos en que sea necesario, se llevarán a cabo en los períodos de mayor movilidad de las especies objetivo, que pueden estar condicionados por sus ciclos biológicos, perturbaciones, etc. Para el caso de ungulados y carnívoros se recomienda la realización de los muestreos en primavera y otoño. Para el caso de los anfibios y reptiles habrá que programar los muestreos en función del área geográfica a estudiar, aunque pueden ser más adecuados varios muestreos a finales de invierno y primavera para los anfibios, y al principio del verano y en otoño para los reptiles.

Indicadores

- De forma general se utilizarán las variables registradas y el esfuerzo de muestreo con el que fueron recogidas. La variable de observación dependerá de la especie de que se trate, siendo habituales las observaciones directas de individuos para aquellas especies más abundantes o menos huidi-

zas, e indirectas (huellas, excrementos) en el resto de los casos. El esfuerzo de muestreo suele medirse en términos de longitud del recorrido realizado o de tiempo de búsqueda empleado (véase bibliografía recomendada al final del capítulo 4). A continuación se relacionan los indicadores más ampliamente utilizados:

- Índices kilométricos de abundancia (IKA) por especie. Se trata de un método sencillo de estimación indirecta, que puede servir para la comparación interanual de los resultados obtenidos. Se calculan utilizando los datos extraídos de los transectos del muestreo teniendo en cuenta la distancia recorrida en cada transecto.
- Índices por tiempo. Se establecen índices relativos en función del esfuerzo de prospección (p. ej. estaciones de escucha, tiempo de fototrampeo, etc.).
- En el caso de que se hayan realizado censos de alguna especie en concreto, la variable de referencia se expresará en individuos por unidad de superficie.
- En todos los casos, los muestreos contarán con réplicas tanto espaciales como temporales que permitan mostrar, por un lado, el valor central de las estimaciones (media o mediana), y por otro, la dispersión de los datos (rango, varianza, etc.), de modo que permitan su posterior análisis estadístico.

Umbral de efectividad

- Para la fase previa al inicio de las obras no se definen umbrales, sino que la información generada determinará los umbrales de aplicación en las fases de construcción y explotación de la infraestructura. Para el establecimiento de estos se partirá del valor medio de cada variable y sus márgenes de variabilidad (rango, intervalos de confianza, varianza, etc.) obtenidos durante el estado inicial, previo al inicio de las obras.

Los datos de las siguientes fases podrán compararse con estos valores de referencia y determinar si se han producido cambios estadísticamente significativos y de qué signo.

Informes

- Se elaborará un informe único que integre de forma detallada toda la información obtenida en los diferentes muestreos, incluyendo los datos brutos de los muestreos en formato de base de datos.

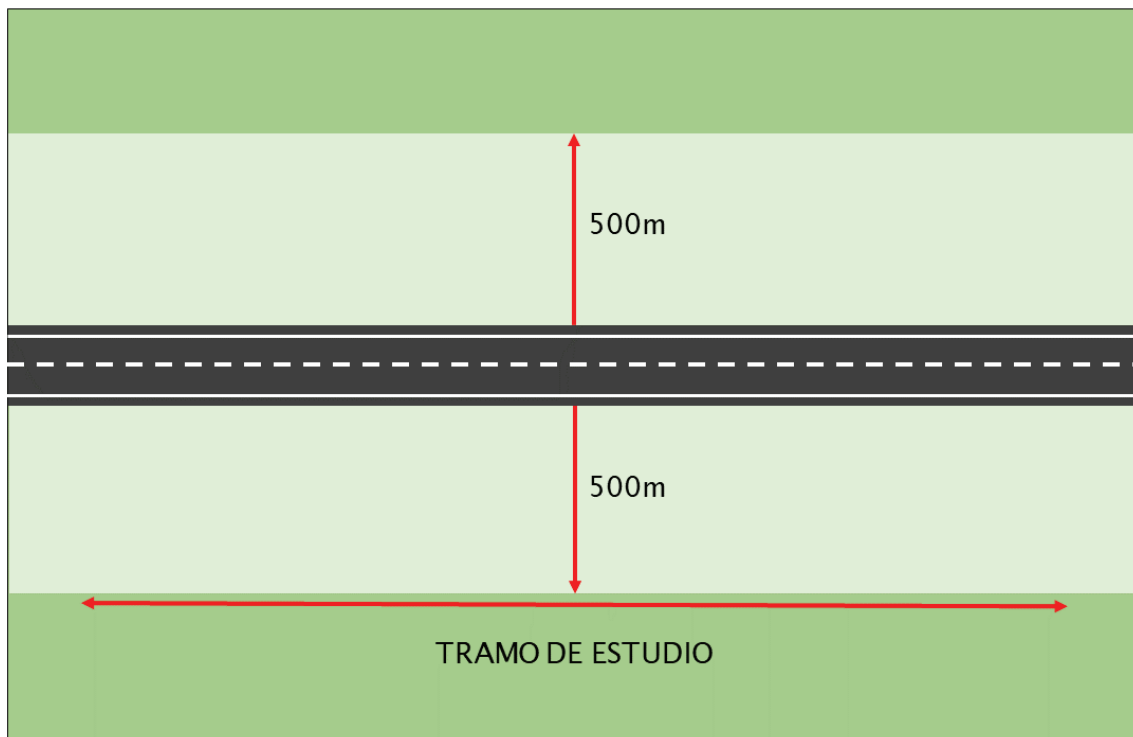


Figura 3.1. Esquema de la zona en la que se propone realizar las prospecciones para obtener las estimaciones de abundancia de vertebrados en un tramo de una vía hipotética.



Figura 3.2. Rastro de galápagos leproso (*Mauremys leprosa*) sobre arena. Foto: Jacinto Román.



Figura 3.3. Excrementos de corzo (*Capreolus capreolus*) en pinar. Foto: Carlos Rodríguez.

Objetivo de la actuación

- Caracterizar los hábitats adyacentes a las estructuras, así como otras áreas afectadas por instalaciones auxiliares, préstamos, vertederos o caminos de acceso fuera de la zona de afección directa del proyecto. Se trata de obtener un nivel de detalle suficiente que sirva de referencia para evaluar el estado de estas áreas en las fases sucesivas del proyecto. Constituye un objetivo clave de cara a mantener áreas de interés conector, incrementando así la permeabilidad de la vía.
- Esta caracterización servirá para definir con mayor acierto las actividades de protección de la biodiversidad a llevar a cabo durante las fases de construcción y explotación, contrastar su afección a los hábitats adyacentes a las vías y evaluar la necesidad de ejecutar tareas de restauración. En líneas generales, se persigue la correcta integración en el territorio de las estructuras transversales y la prevención y control de posibles afecciones a estos hábitats.

Aspecto objeto de seguimiento

- En todos los casos, se caracterizarán los hábitats alrededor de las estructuras proyectadas para el paso de fauna (sean específicas, multifuncionales o drenajes adaptados). En el caso de aquellos tramos que afecten a hábitats o poblaciones de especies muy sensibles a la fragmentación, o en caso de que la DIA así lo indique, se incluirán también otras estructuras potencialmente utilizables por la fauna (p. ej. drenajes no adaptados susceptibles de ser usados por anfibios), excluyéndose únicamente aquellas que tengan obstáculos en sus accesos que impidan el paso de animales (arquetas, pozos u otros).

Método de control

- Toma de datos sobre los hábitats adyacentes a las estructuras transversales en un área que, de forma general, se establece en 200 m de radio desde el eje de la infraestructura, pero que, en algunos casos (p. ej. pasos para anfibios) podrá ser menor, para

poder prestar atención a cuestiones de microtopografía o microhábitat en las inmediaciones del paso, dada su importancia para estas especies y siempre atendiendo al criterio de expertos. En ecoductos, sin embargo, es posible que sea necesario ampliar el radio de 200 m hasta incluir el ancho total de la embocadura y poder caracterizar el hábitat circundante. También se incluirán áreas de interés que puedan resultar afectadas por instalaciones auxiliares, préstamos, vertederos, etc. Una vez construidas, la distancia de control deberá adaptarse al tamaño de la estructura, su embocadura y las especies objetivo. Es importante prever que las embocaduras de las estructuras de cruce de mayores dimensiones pueden llegar a estar bastante alejadas del eje de la vía (véase Figura 6.1).

- Los datos a recopilar se muestran en el modelo de ficha de toma de datos. Parte de esta información puede estar presente en el correspondiente EsIA, aunque a menor resolución, por lo que la caracterización de hábitats deberá llevarse a cabo *in situ*, mediante trabajo de campo en todos los puntos en los que se ubicaran estructuras. Sólo de esa forma es posible evaluar correctamente el impacto de su construcción y dirigir la restauración de las zonas afectadas de cara a potenciar el uso de la estructura por parte de la fauna. Se complementará la información con una representación esquemática de la estructura de la vegetación del entorno, que deberá hacerse sobre una ortoimagen (véase Figura 4.1).

Fase de aplicación

- Previa al inicio de las obras, durante la fase de construcción.

Frecuencia de control

- Se realizará una única campaña hasta completar la caracterización de los hábitats adyacentes a todas las estructuras. En caso de que las especies objetivo presenten algún tipo de estacionalidad, se ejecutarán campañas adicionales que permitan la correcta evaluación de su situación.

Indicadores

- Porcentaje de cobertura de cada tipo de hábitat o formación vegetal.
- Listado y ubicación de actividades de la obra que puedan afectar a los desplazamientos de fauna.

Umbrales de efectividad

- Para la fase previa al inicio de las obras no se definen umbrales, sino que la información generada en esta determinará los umbrales de aplicación en las fases de construcción y explotación de la infraestructura. Se contrastará el estado inicial de los accesos a las estructuras y hábitats adyacentes en las sucesivas fases del proyecto (véase Ficha 6).
- Posteriormente, los umbrales deberán defi-

nirse de manera específica para cada caso, en función del tipo de hábitat y las poblaciones animales afectadas. En general, los umbrales de efectividad estarán dirigidos a mantener, o en todo caso mejorar (p.ej. restaurando áreas concretas), la estructura original de los distintos hábitats adyacentes a las estructuras transversales de la infraestructura para favorecer de este modo su función como cuenca de captación de la fauna que utilizará los pasos, lo que en definitiva incrementará la permeabilidad de la vía.

Informes

- Se elaborará un informe único que integre de forma detallada toda la información obtenida en la campaña o campañas de muestreo, incluyendo los datos brutos.

Modelo de la ficha de toma de datos. Véanse instrucciones al final de la ficha.

Vía	Tramo		Código estructura		PK estructura					
Coordenadas (X,Y)										
Fecha inspección		Hora		Responsables de la inspección						
CARACTERÍSTICAS DE LOS HÁBITATS EN LA SUPERFICIE ENGLOBADA POR EL RADIO DE INFLUENCIA* DEL PASO										
Estructura de la vegetación (según se indica al pie de esta plantilla y en las instrucciones al final). Indicar distribución espacial según se muestra en la Figura 4.1)										
Tipo ¹	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Cobertura ²										
Altura máxima vegetación (m)										
Altura media vegetación (m)										
Especie arbórea	Cobertura ²	Especie arbustiva	Cobertura ²	Especie herbácea	Cobertura ₂					
Usos del suelo										
Urbano	Periurbano	Agrícola	Cultivo abandonado	Forestal	Otro:					
Actividades										
Coto de caza	Cultivo	Explotación forestal	Finca vallada	Otro:						
Observaciones										



Instrucciones para la toma de datos

Vía: Se consignará el nombre oficial de la vía, usando la nomenclatura de la Red de Carreteras del Estado, del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias o de quien corresponda.

Tramo: Dado que los proyectos de infraestructuras frecuentemente utilizan este concepto como identificador del proyecto y su licitación, es importante distinguir si “tramo” se refiere a dicho identificador, o si supone una unidad funcional definida por el equipo de trabajo para organizar la vigilancia en bloques asumibles por el personal que los lleva a cabo. En este caso, se recomienda no utilizar nomenclaturas que puedan dar lugar a confusión con el nombre del proyecto constructivo o alguno de sus apartados.

Código estructura: cada estructura tendrá un código único en la base de datos que será el que deba consignarse aquí. Se puede adoptar el código que figure en el proyecto constructivo o se puede crear uno nuevo, pero debe ser único de esa estructura. Dicho código será el que se emplee en todas las fichas en las que esta estructura de cruce esté involucrada, y a él pueden asociarse, mediante base de datos relacional, todos sus atributos: tipología (Ficha 13), dimensiones (Ficha 14), materiales constructivos, etc. que puedan ser de interés.

PK y Coordenadas: Se utilizará el método descrito en el plan de seguimiento ambiental (p. ej. coordenadas geográficas con cuatro decimales o coordenadas UTM sin decimales) y el punto kilométrico de la vía, que permita identificar de forma inequívoca el lugar donde se lleva a cabo la caracterización de los hábitats. Idealmente, se usará el centro geométrico de la estructura o su intersección con la vía. Si por necesidades operativas se consignara el código kilométrico del proyecto (por ejemplo, PK 0+300), este nunca sustituirá a las coordenadas, sino que será un dato adicional.

***Radio de influencia:** De forma general, el radio será de 200 m desde el eje de la infraestructura, pero puede variar en función de las dimensiones de la estructura y de las especies objetivo (véase método de control).

Fecha de inspección: Se recomienda consignar la fecha en formato día/mes/año. En caso contrario es necesario indicar qué formato de fecha se usa. En cualquier caso, este campo tendrá el formato fecha/hora en la base de datos.

Hora: Se apuntará la hora local a la que se lleva a cabo el muestreo. En caso contrario, se especificará el formato de hora utilizado.

Responsables de la inspección: Se identificará a los miembros integrantes del equipo de muestreo según base relacional asociada (véase Ficha 1), y especialmente a la persona encargada de apuntar la información proporcionada por el resto del equipo, por si surgieran dudas al digitalizar la información.

¹Tipo: A: roquedo; B: cultivo; C: humedal; D: vegetación de ribera; E: pastizal; F: matorral bajo; G: matorral alto abierto; H: matorral cerrado; I: arbóreo sin sotobosque; J: arbóreo con sotobosque.

²Cobertura: Se estimará el porcentaje de cobertura de los hábitats principales en el radio de influencia de la estructura, según las clases 0=0; 1=1-10 %; 2=10-25 %; 3=25-50 %; 4=50-75 %; 5>75 %.

Se estimará la **Altura máxima y media** de la vegetación en metros.

Especie arbórea, arbustiva y herbácea. Se consignarán las coberturas de las especies dominantes en orden descendente (de la más abundante a la menos). Si no se conocieran las especies, se consultará con botánicos conocedores de la flora local, consignando entretanto descripciones, identificadores de imágenes, etc, que nos permitan corregir esa información *a posteriori* tan pronto como se conozca la especie. Bajo ningún concepto se obviarán especies dominantes por no ser capaces de determinarlas.

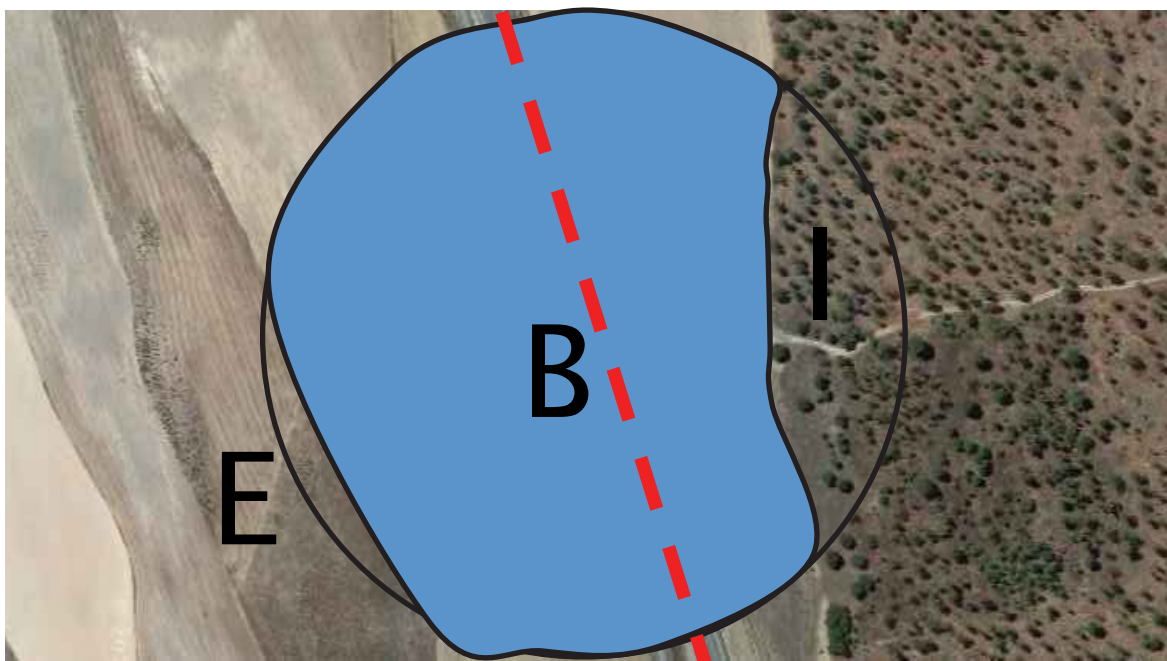


Figura 4.1. Representación esquemática de la estructura vegetal de los hábitats adyacentes a un paso de fauna. Al estar proyectado un paso superior, se caracteriza la vegetación existente en una parcela de 200 m de radio alrededor de la estructura (línea roja discontinua). Las letras corresponden a las clases de vegetación definidas en las instrucciones. Base cartográfica: Sigpac, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Objetivo de la actuación

- Asegurar que el proceso constructivo de las estructuras de cruce para la fauna se ciñe a las indicaciones del proyecto y al condicionado de la DIA y que las desviaciones que aparezcan no disminuyen su efectividad. Este control se complementa con el seguimiento de los accesos y hábitats adyacentes a las estructuras de cruce que se detalla en la Ficha 6.

Aspecto objeto del seguimiento

- Pasos de fauna y otras estructuras transversales de acuerdo con los criterios indicados en la Ficha 13.

Método de control

- El procedimiento básico consistirá en la realización de inspecciones periódicas a las obras de construcción de las estructuras transversales para controlar, con el apoyo de listas de chequeo, que las estructuras se construyen de acuerdo con lo establecido en el proyecto constructivo, dando cumplimiento al condicionado de la DIA, y causando la mínima perturbación posible en el entorno del paso.
- Las listas de chequeo orientativas para el desarrollo de las tareas de vigilancia relativas a este ámbito se presentan al final de esta ficha. Estas deberán adaptarse para cada proyecto a las características concretas de este, así como a las prescripciones que pudieran derivarse del condicionado de la DIA.
- En particular se controlará:
 - Que se construyen todos los pasos de fauna previstos en el proyecto.
 - Que su ubicación es la proyectada o, si las variaciones del proyecto obligan a alterarla, que la localización alternativa prevista es adecuada.
 - Que las características estructurales coinciden con las establecidas en el proyecto: dimensiones, materiales de

construcción y, en las estructuras que dispongan de estos elementos, características de banquetas laterales secas, adecuación de bajantes escalonados, apantallamientos, vegetación, etc.

- Que el tratamiento de las superficies del paso es adecuado y se integra de manera correcta en el entorno, prestando atención al drenaje del paso y a la microtopografía de la entrada y la salida, que impida la existencia de resaltes y encharcamientos. Se comprobará, en particular, la ausencia de obstáculos que dificulten los desplazamientos de la fauna silvestre, la conexión de rampas con hábitats adyacentes, las revegetaciones de superficies y embocaduras, la disposición de hileras de piedras o tocones de árboles, etc.
- Se asegurará, en general, que los cambios incluidos en el desarrollo final del proyecto no mermen la potencial efectividad de las estructuras en la mitigación del efecto barrera para la fauna.
- De manera general, se controlará que el procedimiento constructivo causa la mínima afección a los hábitats adyacentes a la vía.

Fase de realización

- Construcción

Frecuencia de control

- Dependiendo de la magnitud de la obra, podrá ser semanal para las más sencillas (p. ej. pasos prefabricados de anfibios) y mensual para obras de gran envergadura (p. ej. ecoductos) durante el proceso de construcción de las estructuras.

Indicadores

- Se controlará que no se produzcan desviaciones importantes en cada uno de los aspectos incluidos en las listas de chequeo.

Umbrales de efectividad

- Cualquier desviación importante y no justificada que suponga un riesgo de pérdida de efectividad de la estructura requerirá la aplicación de actuaciones correctoras.
- En particular, se considerarán umbrales inaceptables la ausencia de pasos de fauna referidos en la DIA, una inadecuada ubicación de las estructuras, así como dimensiones inferiores a las prescritas en el proyecto constructivo (y que deberán dar cumplimiento, también, a las establecidas en la

DIA).

Informes

- Informes mensuales.
- Informes extraordinarios: se emitirán con carácter de emergencia y en respuesta a cualquier actuación que se considere que anula la funcionalidad del paso de fauna (por ejemplo: sustitución de una estructura por otra de menores dimensiones, siendo la diferencia notable).

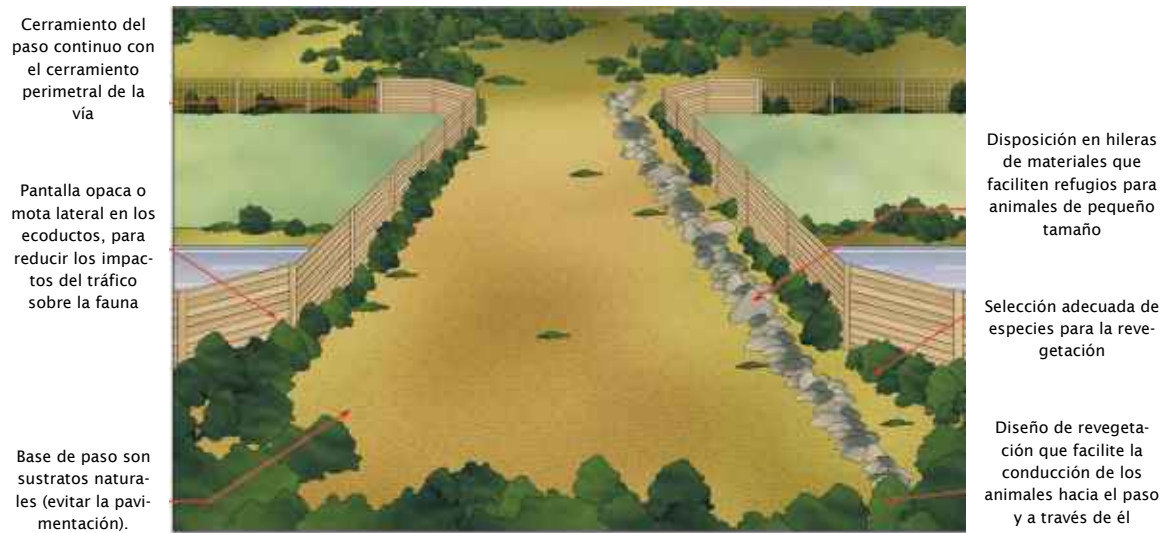


Figura 5.1. Principales aspectos a controlar en la fase de construcción de un paso superior específico para la fauna.

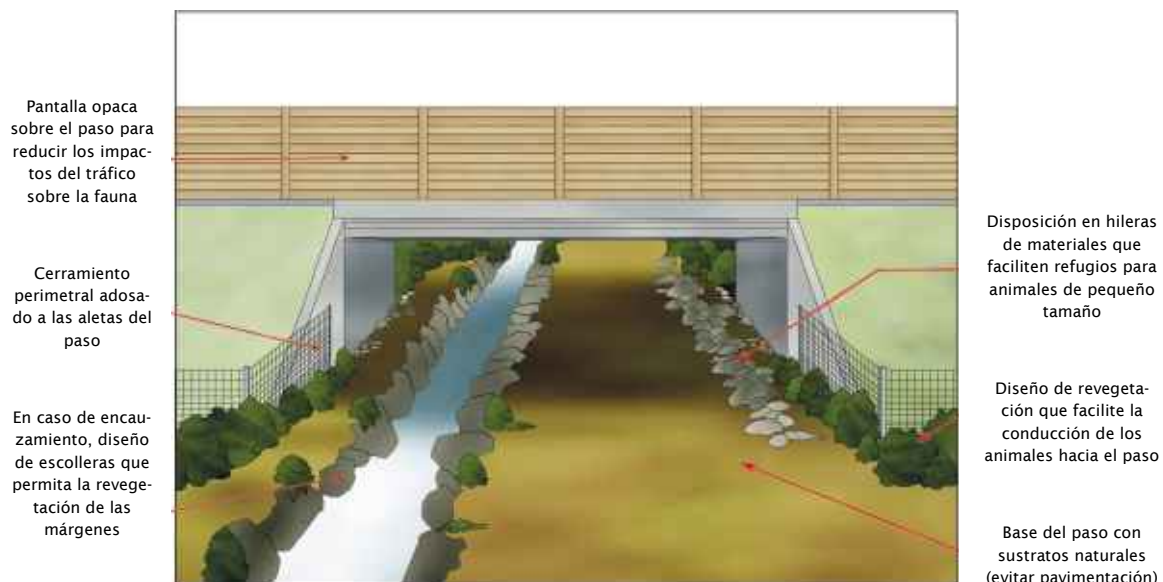


Figura 5.2. Principales aspectos a controlar en la fase de construcción de un paso inferior multifuncional, en el que se combina el paso de fauna con el cruce de un curso fluvial encauzado.



Figura 5.3. Principales aspectos a controlar en la fase de construcción de una estructura de drenaje adaptada para facilitar el paso de animales terrestres.

Modelo de la lista de chequeo—ASPECTOS A CONTROLAR**Vigilancia en la construcción de pasos superiores**

- 1. Dimensiones y ubicación correctas de acuerdo con el proyecto constructivo
- 2. Grosor y calidad de los materiales de la base adecuados a la tipología de plantación a realizar (herbácea, arbustiva o arbórea)
- 3. Selección adecuada de especies y de técnicas para la revegetación de la superficie y los accesos al paso: especies autóctonas, resistentes a la sequía y a las condiciones de la superficie del paso, periodos de plantación adecuados, etc.
- 4. Diseño de la revegetación de la superficie y los accesos adecuada, que facilite la conducción de los animales hacia el paso y que se integre de manera correcta en el entorno del paso estableciendo una adecuada continuidad con los hábitat adyacentes.
- 5. Mota lateral (en ecoductos) de dimensiones adecuadas o pantalla lateral al paso completamente opaca, para reducir el impacto visual y auditivo del tráfico sobre la fauna.
- 6. Cerramiento o pantalla lateral al paso continuos con el cerramiento perimetral (sin dejar huecos ni discontinuidades a lo largo del cerramiento).
- 7. Caso de existir accesos al cerramiento, estos deben tener base metálica para impedir el acceso de fauna por su parte inferior.
- 8. En pasos superiores multifuncionales, buen acondicionamiento de las franjas laterales (con tierra o zahorra, no con grava ni gravilla).
- 9. Medidas para evitar usos inadecuados en el paso y, especialmente, para evitar el paso de vehículos si se tratara de un paso específico para la fauna.
- 10. Ausencia de impedimentos a los desplazamientos de fauna en los accesos a la estructura.
- 11. Donde la anchura del paso lo permita, se habilitarán refugios para la pequeña fauna (ramas, troncos, piedras, etc. a lo largo del lateral o de los laterales del paso).

Vigilancia en la construcción de pasos inferiores

- 1. Habilitación de refugios para la pequeña fauna en forma de troncos o piedras.
- 2. Buen drenaje de los accesos de la estructura para evitar que su interior se inunde o para facilitar un rápido desagüe después de periodos de avenidas.
- 3. Diseño correcto de las adaptaciones para facilitar el paso de la fauna por el interior de los drenajes: banquetas laterales, rampas de acceso, etc.
- 4. Selección adecuada de especies y de técnicas para la revegetación de los accesos al paso: especies autóctonas, resistentes a la sequía y a las condiciones de la superficie del paso, periodos de plantación adecuados, etc.
- 5. Diseño de la revegetación de la superficie y los accesos adecuada, que facilite la conducción de los animales hacia el paso y que se integre de manera correcta en el entorno del paso estableciendo una adecuada continuidad con los hábitat adyacentes.
- 6. Cerramiento perimetral adosado a las aletas del paso (sin dejar huecos ni discontinuidades).
- 7. En pasos inferiores multifuncionales con uso compartido con caminos: buen acondicionamiento de las franjas laterales (con tierras o zahorra, no con grava ni gravilla).
- 8. En pasos inferiores multifuncionales con uso compartido con cauces fluviales: buen acondicionamiento del cauce aguas arriba de la estructura para evitar arrastres excesivos de materiales y aguas debajo de la misma para evitar socavamiento del lecho por erosión.
- 9. Medidas para evitar usos inadecuados en el paso y, especialmente, para evitar el paso de vehículos, si se trata de un paso específico para la fauna.
- 10. Ausencia de impedimentos a los desplazamientos de fauna en los accesos a las estructura.

Objetivo de la actuación

- Comprobar que la afección de las obras en los hábitats adyacentes a las estructuras transversales es mínima y que se ejecutan correctamente las actuaciones de revegetación con especies de flora local en los accesos a los pasos. También se incorporarán al seguimiento áreas de especial interés afectadas por instalaciones auxiliares, preséptamos, vertederos o caminos de acceso.

Aspecto objeto del seguimiento

- Accesos de las estructuras transversales (seleccionadas de acuerdo con los criterios indicados en la Ficha 13) con un mayor grado de vigilancia y exigencia en ecoductos, pasos específicos para la fauna y viaductos. Por accesos se entienden las zonas más próximas a las embocaduras incluidas en las zonas de ocupación de obras y que serán objeto de acondicionamiento y revegetación después de finalizar los movimientos de tierras y construcción de la estructura.
- Hábitats adyacentes a las estructuras transversales en las zonas de ocupación de obras que hayan podido verse alteradas.

Método de control

- El procedimiento básico consistirá en la aplicación de controles de vigilancia en los accesos y, en los casos en los que se establezca la necesidad, también en los hábitats adyacentes a las estructuras transversales en las zonas de ocupación de obras que hayan podido verse alteradas.
 - En ecoductos, viaductos y otros pasos específicos superiores e inferiores para la fauna, el nivel de exigencia debe ser máximo, con el fin de mantener la integridad de los hábitats situados en el entorno de estas estructuras. La realización de un jalonamiento específico permitirá que la superficie alterada sea la mínima posible y será de utilidad para garantizar que se conserva la integridad de los hábitats y se restablecen con

mayor rapidez los flujos de fauna al finalizar la construcción de la estructura. Se deberá controlar que no se producen vertidos o tránsito de maquinaria que no resulte imprescindible, ni se disponen caminos de obra, almacenes de material, plantas asfálticas u otras actividades complementarias que afecten el entorno de estas estructuras. Asimismo se supervisarán de forma detallada las labores de revegetación y restauración en el caso de que estuviesen indicadas.

- En los distintos tipos de estructuras transversales restantes: comprobar que se minimiza la alteración de los sectores adyacentes a los accesos y que se ejecutan correctamente las revegetaciones prescritas.
- La lista de chequeo orientativa para el desarrollo de las tareas de vigilancia relativas a este ámbito se presentan al final de esta ficha.

Fase de realización

- Construcción.

Frecuencia de control

- Dependiendo de la magnitud de la obra, podrá ser semanal para las más sencillas (p. ej. pasos prefabricados de anfibios) y mensual para obras de gran envergadura (p. ej. ecoductos), durante el proceso de construcción de las estructuras.

Indicadores

- Las variables que serán objeto de seguimiento serán las que permitan la comparación con el estado de los hábitats adyacentes en la fase previa al inicio de las obras. En particular la evaluación se centrará en los siguientes aspectos:
 - Superficie de hábitat no alterado por la obra, tomando como referencia la caracterización inicial (Ficha 4).

- Distancia de las embocaduras a la vegetación arbórea o arbustiva de los hábitats adyacentes.
 - Lista de control de aparición de actividades incompatibles con el paso de fauna por la estructura, procediendo a su caracterización en el caso de ser detectadas y considerando su superficie y ubicación.
- Se considerará un impacto inaceptable la alteración del entorno de los pasos de fauna más allá del jalonamiento que delimita la zona de obras, así como el establecimiento de actividades inadecuadas relacionadas con la fase de construcción (zonas de acopio de materiales, parques de maquinaria u otros elementos) que causen destrucción de los hábitats o perturbaciones muy relevantes en estos, como por ejemplo ruido o iluminación durante la noche.

Umbrales de efectividad

- La vigilancia debe asegurar el cumplimiento de todas las prescripciones incluidas en el proyecto constructivo y que deberán dar cumplimiento a las condiciones establecidas en la DIA, admitiendo solo aquellas desviaciones del proyecto debidamente justificadas, siempre y cuando estas no repercutan en una disminución de la efectividad de las medidas correctoras.

Informes

- Informes rutinarios mensuales.
- Informes extraordinarios: para notificar las alteraciones graves que requieran una rápida actuación para su corrección.

Modelo de la lista de chequeo—ASPECTOS A CONTROLAR

Vigilancia de los accesos de las estructuras transversales durante la fase de construcción

- 1. Límites del jalonamiento que delimitará la zona de ocupación de obras.
- 2. Estado general del entorno, contrastando con la caracterización inicial (véase Ficha 4).
- 3. Superficie de hábitat no alterado, tomando como referencia la caracterización inicial (véase Ficha 4).
- 4. Ejecución de las revegetaciones con planta autóctona local (adaptada al régimen de precipitaciones del lugar) y estado de las mismas.
- 5. Diseño de las revegetaciones en las embocaduras (adecuada conexión con los hábitats adyacentes a la estructuras).
- 6. Labores de restauración de zonas que hayan sido alteradas.
- 7. Presencia de vertidos: ubicación y superficie ocupada.
- 8. Tránsito de maquinaria: ubicación y niveles de intensidad de tránsito.
- 9. Actividades desarrolladas en el entorno: descripción y ubicación.

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia del entorno de las estructuras transversales durante la fase de construcción

Vía		Tramo		PK Inicial	PK Final
Coordenadas inicio (X,Y)				Coordenadas final (X,Y)	
Fecha inspección		Hora		Responsables de la inspección	
Estructura		Embocadura	Integridad del entorno ¹	Localización de alteraciones	Observaciones o medidas a considerar
Código	PK				
Observaciones					

¹Se toma como referencia el estado inicial, previo a la construcción (véase Ficha 4) y se mide según la escala:

- MB: Muy buena 100 % conservado, sin alteraciones
- B: Buena Más del 75 % bien conservado
- R: Regular Entre el 50 y el 75 % bien conservado
- M: Mala Menos del 50 % bien conservado. El resto ha sufrido alteraciones



Figura 6.1. Área de 100 m de radio sujeta a control de los hábitats adyacentes a una estructura de cruce. Ejemplo práctico: paso superior específico en la línea de alta velocidad 080 Madrid-Valladolid a la altura de Medina del Campo (Valladolid). Base cartográfica: SigPac, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia del entorno de las estructuras transversales durante la fase de construcción

Instrucciones para cumplimentar la ficha:

Fecha: Se recomienda consignar la fecha en formato día/mes/año. En caso contrario es necesario indicar qué formato de fecha se usa. En cualquier caso, este campo tendrá el formato fecha/hora en la base de datos.

Vía: Se consignará el nombre oficial de la vía, usando la nomenclatura de la Red de Carreteras del Estado, del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, o de quien corresponda.

Tramo: Dado que los proyectos de infraestructuras frecuentemente utilizan este concepto como identificador del proyecto y su licitación, es importante distinguir si "tramo" se refiere a dicho identificador, o si supone una unidad funcional definida por el equipo de trabajo para organizar la vigilancia en bloques asumibles por el personal que los lleva a cabo. En este caso, se recomienda no utilizar nomenclaturas que puedan dar lugar a confusión con el nombre del proyecto constructivo o alguno de sus apartados.

PK y coordenadas Inicio: Se consignará el punto kilométrico de la vía en cuestión, pero obligatoriamente se consignarán también sus coordenadas (en el formato especificado por el plan de seguimiento ambiental) para identificar de forma inequívoca el lugar donde comienza el tramo de muestreo. Si por necesidades operativas fuera necesario añadir el código kilométrico del proyecto (por ejemplo PK 0+300), este nunca sustituirá a las coordenadas, sino que será un dato adicional.

PK y coordenadas final: Se utilizará el mismo método para identificar el lugar donde finaliza el tramo de muestreo, que el usado para identificar el inicio.

Responsable de la inspección: Se identificará a los miembros integrantes del equipo de muestreo y especialmente a la persona encargada de apuntar la información proporcionada por el resto del equipo, por si surgieran dudas al digitalizar la información.

Hora: Se apuntará la hora local a la que se lleva a cabo el muestreo.

Código de la Estructura: Se utilizará un código alfanumérico único para cada estructura asociado a una base de datos relacional donde figuren todos sus atributos, incluidos su localización geográfica mediante coordenadas (véase Ficha 4). No obstante, se sugiere añadir el PK como criterio de doble control en caso de confusión con el código.

Embocadura: se vigilará la correcta construcción de los accesos a la estructura (revegetaciones, cerramiento perimetral, integración en el entorno, topografía, barreras a la circulación de vehículos, etc. Véase Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

Integridad del entorno: La construcción de la estructura puede afectar a la integridad del entorno descrito en la caracterización del hábitat (ficha 4). Se deberá evaluar si la construcción ha supuesto una degradación del hábitat del entorno y estimar la superficie afectada siguiendo la clave dada en la ficha.

Alteraciones: se anotará de la forma más precisa posible (ubicación, magnitud, etc.) cualquier alteración observada en la construcción de los accesos, así como las observaciones o medidas a considerar para su corrección.

Objetivo de la actuación

- Supervisar la correcta instalación del cerramiento perimetral y otros elementos asociados.

Aspecto objeto del seguimiento

- La totalidad del cerramiento perimetral, así como sus elementos asociados como puertas de acceso, dispositivos de escape de fauna, o dispositivos anticolidión, en caso de que los hubiera.

Método de control

- El procedimiento básico consistirá en el control de los materiales utilizados (en particular los tipos de mallas) y en la realización de inspecciones periódicas a las obras de instalación de los vallados, para controlar, con el apoyo de listas de chequeo, que los trabajos se ejecutan correctamente de acuerdo con lo establecido en el proyecto constructivo y dando cumplimiento a los condicionados de la DIA. Las plantillas para el desarrollo de esta tarea de vigilancia se presentan al final de esta ficha.

- En particular, se controlará:

- Que el tipo y dimensiones de la malla utilizada para el vallado y los refuerzos (en caso de que los hubiera) son los adecuados para contener la entrada de las especies a las que va destinado el vallado.
- Que los postes de sujeción cuentan con una adecuada cimentación y se instalan a distancias adecuadas en función de las especies presentes en el tramo.
- Que la instalación de la malla permite un ajuste completo a la base del terreno, sea enterrándola los primeros centímetros o con anclajes que imposibiliten la entrada de animales por levantamiento de la malla.

- Que el cerramiento se ajusta correctamente a las aletas de las estructuras transversales, a los estribos de los viaductos o a las pantallas laterales instaladas en los pasos superiores a la vía, sin dejar discontinuidades que permitan el acceso de la fauna silvestre a las plataformas de las vías.
- Que el cerramiento no contacta directamente con la vegetación arbustiva o arbórea del entorno (evitando así que algunas especies puedan trepar por la vegetación y acceder a la parte superior del cerramiento).
- En caso de vallados discontinuos, que el inicio y final de los cerramientos se encuentran en los puntos kilométricos prescritos y que conducen a los animales hacia puntos por los que podrán cruzar la vía con seguridad (preferentemente túneles, viaductos u otro tipo de estructuras transversales).
- Para el caso de que existan dispositivos de escape, se comprobará la localización y adecuada ejecución, así como la instalación de elementos que faciliten la detección del dispositivos por los animales que pudieran haber quedado atrapados en el interior de un tramo vallado. En caso de que los dispositivos estén constituidos por rampas, se controlará una correcta construcción de los acopios de materiales que la constituyen de manera que permitan el ascenso de animales hasta una altura adecuada para saltar la valla y salir de la vía. En el caso de dispositivos constituidos por puertas, se asegurará la funcionalidad de las partes móviles y se comprobará su correcto funcionamiento, de manera que no puedan, en ningún caso, constituir un punto de entrada al tramo vallado. Se preverá la posible interferencia de estos con el natural desarrollo de la vegetación circundante, así como procesos de sedimentación o derrumbe del sustrato que puedan acaecer debido al microrrelieve del área.

- Para el caso en que existan dispositivos anticolidión (placas de señalización, postes exentos u otro tipo de barreras perimetrales), se comprobará la adecuada localización e instalación de estos, efectuando la comprobación de las características y dimensiones proyectadas para evitar la colisión de aves u otros animales voladores con elementos de la infraestructura o con los vehículos que circulan por ella y cuando sobrevuelan en sus movimientos las zonas de riesgo.
- De manera general, se controlará que en el procedimiento constructivo se causa la mínima perturbación a los hábitats adyacentes a la vía.

Fase de realización

- Construcción.

Frecuencia de control

- Debe verificarse de forma inmediatamente anterior al comienzo de la explotación. También pueden realizarse controles periódicos entre el final de la instalación y el comienzo de la explotación.
- En los casos en que el periodo transcurrido desde la instalación a la recepción de la obra sea mayor de seis meses, se realizarán controles para verificar el estado del cerramiento con la misma frecuencia que si la vía hubiera entrado en funcionamiento (control semestral o anual según los casos, véase Ficha 12).

Indicadores

- Extensión del tramo con cerramiento de acuerdo con el proyecto de construcción.
- Número y tipo de deficiencias observadas en el vallado en relación a la longitud de cerramiento controlado.

- Número y tipo de deficiencias en los dispositivos anticolidión.
- Número y tipo de deficiencias observadas en los dispositivos de escape en los puntos definidos en el proyecto constructivo.

Umbrales de efectividad

- La vigilancia debe asegurar el cumplimiento de todas las prescripciones incluidas en el proyecto constructivo y que deberán dar cumplimiento a las establecidas en la DIA, admitiendo solo aquellas desviaciones del proyecto debidamente justificadas y únicamente si se asegura la adecuada funcionalidad del elemento alterado respecto a las previsiones iniciales.
- Se considerarán impactos inaceptables, en tramos con vallados discontinuos, la ausencia de cerramientos que se hubieran prescrito para la conducción de la fauna silvestre a las estructuras habilitadas para el paso de fauna.
- También se considerarán impactos inaceptables el uso de materiales inadecuados, o cualquier deficiencia en la ejecución del vallado que permita la irrupción en las plataformas de las vías de animales que supongan un alto riesgo para la seguridad vial. Asimismo, se considerará un impacto inaceptable si la inadecuada ejecución del vallado constituye un riesgo de atropello o colisión de especies amenazadas cuya presencia hubiera sido establecida en los trabajos previos al inicio de las obras.

Informes

- Informes rutinarios mensuales.
- Informes extraordinarios de carácter puntual, que serán emitidos para notificar situaciones que revistan gravedad y requieran de una actuación rápida.

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia de la instalación del cerramiento perimetral

Vía	Tramo	PK Inicial	PK Final		
Coordenadas inicio (X,Y)		Coordenadas final (X,Y)			
Fecha inspección	Hora	Responsables de la inspección			
Tramo (PK inicio – PK Final)	Tipo de malla	Materiales	Altura	Ajuste de la base	Postes de sujeción
Observaciones					

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia de la instalación de los dispositivos de escape

Vía	Tramo	PK Inicial	PK Final		
Coordenadas inicio (X,Y)		Coordenadas final (X,Y)			
Fecha inspección	Hora	Responsables de la inspección			
Dispositivo de escape		Materiales	Funcionamiento	Deficiencias observadas	Observaciones
Código	PK				
Observaciones					

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia de la instalación de los dispositivos anticolidión

Vía	Tramo	PK Inicial	PK Final		
Coordenadas inicio (X,Y)		Coordenadas final (X,Y)			
Fecha inspección	Hora	Responsables de la inspección			
Dispositivo anticolidión		Materiales	Funcionamiento	Deficiencias observadas	Observaciones
Código	PK				
Observaciones					

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia de la instalación del cerramiento perimetral y los dispositivos de escape y anticolidión

Instrucciones para cumplimentar las fichas:

Vía: Se consignará el nombre oficial de la vía, usando la nomenclatura de la Red de Carreteras del Estado, del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, o de quien corresponda.

Tramo: Dado que los proyectos de infraestructuras frecuentemente utilizan este concepto como identificador del proyecto y su licitación, es importante distinguir si "tramo" se refiere a dicho identificador, o si supone una unidad funcional definida por el equipo de trabajo para organizar la vigilancia en bloques asumibles por el personal que los lleva a cabo. En este caso, se recomienda no utilizar nomenclaturas que puedan dar lugar a confusión con el nombre del proyecto constructivo o alguno de sus apartados.

PK y coordenadas Inicio: para cada recorrido de inspección, tanto para el cerramiento perimetral, como para los dispositivos de escape, se consignará su punto de inicio, usando el punto kilométrico de la vía en cuestión, pero obligatoriamente se consignarán también sus coordenadas (en el formato establecido en el plan de seguimiento). Si por necesidades operativas fuera necesario añadir el código kilométrico del proyecto (por ejemplo PK 0+300), este nunca sustituirá a las coordenadas, sino que será un dato adicional.

PK y coordenadas final: Se utilizará el mismo método para identificar el lugar donde finaliza el recorrido de inspección, que el usado para identificar el inicio.

Fecha: Se recomienda consignar la fecha en formato día/mes/año. En caso contrario es necesario indicar qué formato de fecha se usa. En cualquier caso, este campo tendrá el formato fecha/hora en la base de datos.

Hora: Se apuntará la hora local a la que se lleva a cabo la inspección.

Responsable de la inspección: Se identificará a los miembros integrantes del equipo de muestreo y especialmente a la persona encargada de apuntar la información proporcionada por el resto del equipo, por si surgieran dudas al digitalizar la información.

Tipo de malla: Se consignará el tipo de malla utilizada en el cerramiento.

Materiales: se consignará el material de fabricación de la malla, del dispositivo de escape o del dispositivo anticolidión, según corresponda.

Altura: se consignará la altura que alcanza la parte superior de la malla desde el sustrato.

Ajuste a la base: se informará si la valla está sujeta al sustrato (enterrada, cimentada, etc.) o libre sobre el sustrato.

Postes de sujeción: se informará de su existencia, de la distancia entre ellos y de la forma de anclaje al sustrato.

Observaciones: se anotará cualquier eventualidad referida a la inspección que no pueda anotarse en el resto de campos.

Código y PK del dispositivo de escape o anticolidión: Se utilizará un código alfanumérico único para cada estructura asociado a una base de datos relacional donde figuren todos sus atributos (tipo, tamaño, etc.), incluida su localización geográfica mediante coordenadas (véase Ficha 4). No obstante, se sugiere añadir el PK como criterio de doble control en caso de confusión con el código.

Tipo de escape: se anotará si el escape es por trampilla batiente, rampa de salida, etc.

Tipo de dispositivo anticolidión: se anotará si está constituido por postes exentos, barreras, etc.

Funcionamiento: se anotará la capacidad de la estructura para la función para la que está construida, si el uso por parte de la fauna es el esperado y si tiene algún limitante a su correcto funcionamiento.

Deficiencias observadas: se anotará de la forma más precisa posible (ubicación, magnitud, etc.) cualquier limitación observada, así como las medidas a considerar para su mejora.



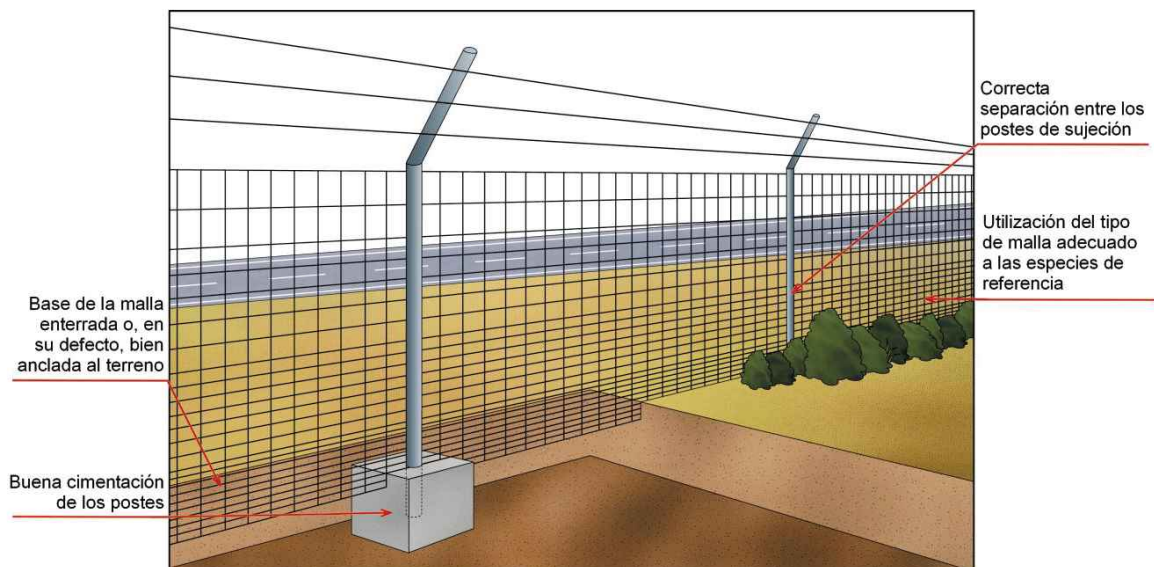


Figura 7.1. Principales aspectos a controlar en la fase de construcción en relación con la instalación del cerramiento perimetral.



Figura 7.2. Dispositivo anticolidión junto a vía férrea formado por postes exentos que impiden que las aves en vuelo entren en área de colisión con los vehículos circulantes o los elementos de la vía. Foto: Life Impacto cero (Life12 BIO/ES/0000660).

Objetivo

- Identificar qué especies cruzan la vía utilizando los pasos de fauna y otras estructuras transversales existentes, así como determinar con qué frecuencia lo hacen.
- Establecer pautas para toma de datos del uso de las estructuras de paso por parte de los animales que permitan identificar qué estructuras son las más adecuadas para las especies objetivo.
- Establecer pautas para evaluar si las adecuaciones en las estructuras incrementan o no el uso por las especies objetivo.

Justificación

- Las estructuras de paso se construyen o adecúan para ser usadas por grupos animales específicos. De hecho, todas las estructuras de paso tienen una especie o grupo de especies objetivo para las que se han construido: carnívoros, ungulados, anfibios, etc., aunque puedan ser usadas por especies diversas o puedan adaptarse para ampliar el número de especies que las usan.
- Se puede considerar que una estructura de paso cumple su función adecuadamente si es usada de forma regular por las especies para las que fue construida. No obstante, la detección del uso no informa sobre la afección a la población, siendo esta diferente según especies y situaciones y requiere un estudio específico. En esos casos se tratará de determinar si los cruces de individuos por los pasos de fauna son suficientes para garantizar la conservación a largo plazo de los núcleos de población afectados por el efecto barrera del trazado.
- Hay dos niveles de aproximación a la evaluación del uso de estas estructuras:
 - **1. Uso o no uso.** Es decir, ¿el paso es usado por la especie o grupo de especies para el que se ha construido? Para poder confirmar o no este extremo, hay que detectar el paso de los animales a través de la estructura. Confirmar el uso de un paso por la especie o especies animales

objetivo depende, por un lado, de que estas especies lo usen, y por otro, de que sean detectadas. Si no se observa el uso por una determinada especie animal, puede ser por varios motivos:

- No se detecta el uso porque no se ha aplicado la técnica de muestreo adecuada o no se ha hecho un esfuerzo de muestreo suficiente. Por ejemplo, no se conoce el tiempo de actividad de una cámara trampa necesario para detectar el paso de una determinada especie animal pasa.
- No se detecta uso porque el animal no está en el entorno. Puede ocurrir que no se detecte el paso del animal por la sencilla razón de que el entorno del paso no es favorable para su presencia, bien sea porque está fuera de su área de distribución o porque no está presente o activo durante el periodo de muestreo.
- No se detecta uso porque las condiciones del paso no son adecuadas para que la especie o especies animales objetivo usen ese paso. Este caso es interesante, pues indica la necesidad de mejorar la estructura.
- **2. Frecuencia y tasa de uso.** Una vez que se confirma que el paso es usado, ¿qué características son las que hacen que los animales usen un paso más frecuentemente o en mayor número?
 - Por un lado, la abundancia de la especie en el entorno del paso, pues es esperable que, si la especie o grupo de especies objetivo son más abundantes en el entorno del paso que en otras zonas de la infraestructura, este será más usado.
 - Las características y adecuación del paso, que son las que interesa evaluar, pues hacen referencia al encauce, vallado perimetral, enriquecimiento ambiental del paso, etc.
- En la evaluación del uso de los pasos de fauna tenemos, por lo tanto, dos variables susceptibles de medición para evaluar la

utilidad de las estructuras transversales de cruce: el uso o no uso del paso y la frecuencia de uso. No obstante, es necesario controlar el efecto de dos elementos que pueden influir mucho en los resultados y que deben ser tenidos en cuenta: la técnica de muestreo y la presencia o abundancia de la especie o grupo de especies objetivo en el entorno del paso.

Aspectos objeto de seguimiento

- Habitualmente se necesita evaluar:
 - **Uso y frecuencia de uso de un determinado paso, o tipo de paso**, por las especies objetivo. Para el caso de evaluar un solo paso, hay que comprobar si el paso se usa o no se usa mediante el empleo de una técnica adecuada para las especies objetivo. En el caso de una mejora de un paso existente, deben realizarse muestreos antes y después de una mejora y evaluar si aumenta la frecuencia de paso o el número de animales que cruza. Los resultados obtenidos de evaluar un paso o unos pocos pasos de una misma infraestructura, aunque aplicables a la escala del estudio en cuestión, no son generalizables. Ello es debido a que se necesita un número elevado de réplicas, en distintas situaciones, para poder obtener resultados generalizables. Esto es posible acumulando información de muchas estructuras de paso en muchas situaciones, procedentes de múltiples proyectos de evaluación, y analizarlos en conjunto. En estos casos es esencial disponer de los datos brutos y que estos sean útiles. Es decir, que se disponga de los esfuerzos y se puedan inferir los cerros para poder analizarlo. En las fichas se hace hincapié en qué información hay que conservar y cómo guardarla en bases de datos.
 - **Permeabilidad de una infraestructura**, entendida como el paso seguro de las especies objetivo a través de diferentes estructuras de cruce. Para ello, se con-

trolarán las estructuras transversales a la vía y se hará una estimación total de la frecuencia de uso. En el caso de la construcción de nuevas estructuras o mejora de las existentes, deben realizarse muestreos antes y después de las actuaciones para poder comprobar si ha existido o no un incremento de la permeabilidad de la infraestructura. No existe una medida objetiva de si la permeabilidad de la infraestructura es suficiente para la conservación de las poblaciones de las especies objetivo. Para ello, sería necesario elaborar estudios específicos de viabilidad poblacional de estas especies. No obstante, siempre que se observe un incremento en la permeabilidad, este redundará positivamente en la conservación de las poblaciones objetivo.

Método de control

- Cada una de las estructuras que sean sometidas a seguimiento deberá ser previamente caracterizada mediante la recopilación de una serie de parámetros (Modelo de ficha de caracterización de las infraestructuras adjunto en esta misma ficha).
- Como la tipología de estructuras y las especies objetivo es muy variada, deberá seguirse una técnica adecuada. Algunas de las más habituales para vertebrados terrestres se detallan en la Ficha 9. El seguimiento de la utilización de las estructuras por los peces requerirá una metodología específica (Ficha 10).
- Identificación de la presencia y abundancia de las especies en las zonas aledañas a la estructura de paso (véase Ficha 3), con el objeto de tener información sobre la presencia y abundancia de las especies en el entorno de las estructuras de paso.

Fase de aplicación

- Explotación de la vía.

Frecuencia de control

- Para vertebrados terrestres, y como norma general, se recomienda que las labores de seguimiento se realicen durante un mínimo de tres años.
- Se aconseja la realización de un mínimo de dos campañas anuales:
 - Primavera, correspondiendo con períodos en los que la mayor parte de los vertebrados incrementan su densidad y actividad.
 - Otoño, especialmente interesante para ungulados y otras especies de mamíferos que aumentan su movilidad en este período.
 - En especies con periodos de actividad específicos, como los anfibios, se ajustarán las campañas a estos periodos.
- Como criterio general, el uso de cada estructura se controlará hasta alcanzar un mínimo de diez días de seguimientos válidos por campaña, considerando únicamente aquellos días en los que no se haya producido ninguna incidencia que haya alterado los posibles registros de paso de animales a través de la estructura.

Indicadores

- Para la evaluación del uso de cada estructura se obtendrán los siguientes indicadores:
 - Número total de especies que la han utilizado durante el período total de control.
 - Frecuencia y tasa de uso por parte de cada especie expresado como número de días en que se registra el uso de cada especie por unidad de tiempo de control y número de animales que usan el paso por unidad de tiempo de control.
 - Porcentaje de las especies de referencia, a las que va destinada la estructura y que estén presentes en los hábitats adyacentes al tramo, que utilizan la estructura como paso.

- En el caso en que esto sea posible, se podría evaluar el grado de efectividad del conjunto de estructuras de un tramo. Para ello, se obtendrán los siguientes indicadores:

- Para cada una de las especies objetivo se identificará el número de estructuras utilizadas por unidad de longitud. Habitualmente se expresa como Número de estructuras utilizadas/km de vía.
- Para facilitar la comparación con los umbrales de referencia se aportará la distancia entre pasos que han sido utilizados por los distintos grupos taxonómicos de referencia. Como mínimo se aportará la distancia entre los pasos utilizados por carnívoros y entre los pasos utilizados por ungulados.
- Estos indicadores se deberán complementar, en los casos en que exista una especie de referencia en concreto, con los que sean designados por los expertos en la ecología de las especies afectadas.
- A continuación se exponen dos casos ficticios con los cuales se ejemplifica la interpretación de los resultados para dos especies abundantes en los hábitats adyacentes a un tramo de una autovía sujeta a labores de seguimiento:

• *Caso 1:* Se examina la frecuencia de utilización por el tejón (*Meles meles*) de las distintas estructuras transversales presentes en un tramo de 15 km de una autovía. Los resultados provienen de una campaña de seguimiento en la cual cada estructura se controló hasta obtener diez días válidos. Los registros obtenidos se muestran a continuación en forma de cuadrados negros (pasos) y el número de cruces observado durante la campaña:



En este caso hipotético se observa que los tejones han hecho uso de numerosas estructuras a lo largo del tramo e incluso en repetidas ocasiones. Este dato permite conocer la frecuencia de uso de cada estructura.

Caso 2: Utilización registrada para el corzo (*Capreolus capreolus*) tras una campaña de seguimiento en el mismo tramo de autovía. Los registros obtenidos se muestran a continuación con el mismo tipo de esquema:



En este segundo caso, todos los registros de corzo se concentran en una única parte del tramo, correspondiendo con las estructuras situadas en la última sección del mismo (a la derecha del esquema). Sin embargo, en el

resto de las estructuras presentes en el tramo no se ha detectado en ninguna ocasión el tránsito de la especie, a pesar de que los muestreos previos habían puesto de manifiesto la abundancia de esta especie en otras zonas del tramo. Estos resultados hipotéticos pondrían de manifiesto la necesidad de evaluar la falta de efectividad de las estructuras de una sección del tramo y las posibles causas de ello, para tratar de corregir posibles errores o establecer mejoras que puedan incrementar la funcionalidad de las mismas y la permeabilidad del tramo en su conjunto.



Modelo de ficha de toma de datos

Caracterización de las estructuras transversales

Para la definición de las tipologías y la medición de las estructuras véanse Fichas 13 y 14.

Vía	Tramo	Código estructura	PK estructura
Coordenadas (X,Y)			
Fecha inspección	Hora	Responsables de la inspección	
Tipo			
Función Específico Mixto	Usos Camino agrícola Pista forestal Carretera asfaltada Drenaje Otros:		
Sección Rectangular Circular Otra:		Composición Simple Doble Triple Otra:	
Anchura de cada celda (m)			
Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)	Diámetro (m)
Índice de apertura			
Material de construcción Hormigón Chapa corrugada Otro:		Material de la base del paso Hormigón Chapa corrugada Tierra Otro:	
Presencia de un cauce No Temporal Permanente Profundidad de la lámina de agua (cm):			
Visibilidad de la boca opuesta 0 % 25 % 50 % 100 % Otra:		Sección transversal de la vía plana terraplén desmonte talud	
Presencia de banquetas laterales En ambos lados Sólo en un lado		Dimensiones banquetas laterales (cm) Altura sobre la base del paso: Altura sobre el nivel del agua: Anchura: Pendiente rampa acceso (°):	
Estructuras adicionales Barandilla Vía de servicio Arquetas Mediana Otras			
Cerramiento perimetral Inexistente Mal ajustado a las aletas del paso Huecos bajo la malla Instalación correcta			
Comentarios:			
Acceso a la estructura Bajante escalonado; número escalones: altura escalones (cm): Rampa enchado; pendiente (°): Rampa hormigón; pendiente (°): Escollera; pendiente (°): Pozo Otras			
Labores de revegetación (breve descripción)			
Vegetación circundante			
Embocadura A: Distancia a setos (m)		Distancia a masa forestal (m)	
Embocadura B: Distancia a setos (m)		Distancia a masa forestal (m)	
Especies detectadas en el paso			
Seguimiento realizado			
Método:		Período de seguimiento:	
Observaciones			

Objetivo

- Se indica el tipo de datos que es imprescindible registrar en algunas de las técnicas de muestreo de vertebrados terrestres más habituales, aplicando las lecciones aprendidas en el metanálisis efectuado (véase capítulo 3).

Método

- Se utilizan los tres métodos de trampeo más utilizados en los muestreos de uso de los pasos para indicar la información que

debe ser recogida en cada uno de los métodos. Se señalan las especies o grupos de especies más adecuadas para cada caso, así como el tipo de pasos donde mejores resultados se obtienen.

- También se detalla el tipo y los niveles de información que es necesario almacenar para que sea lo más completa posible.
- Para las especies para las que estos tipos de muestreo no sean adecuados, se deberán identificar esos niveles de información (véase Ficha 1) y seguirse pautas similares a las indicadas.

Ejemplo 1: MUESTREO CON TRAMPAS DE HUELLAS

Fundamento

- El muestreo con trampas de huellas consiste en obtener evidencias de paso de los animales a través de la impresión de sus huellas. El registro de huellas se realiza sobre un sustrato adecuado para su impresión previamente habilitado. Para ello se dispone una superficie en la que las huellas se puedan marcar, para poder luego interpretarlas (véanse Figuras 9.2 y 9.3). La superficie habilitada para ello se considera una estación de trampeo de huellas. Como sustrato de registro suele utilizarse polvo de mármol (marmolina), limo de grano fino, hollín o lechos de tinta o parafina. Dos tercios de la información analizada en este documento usó dicho método (véase capítulo 3).
- Con este método se puede registrar el número de rastros acumulados en un tiempo determinado.

Especies objetivo

- Mamíferos medianos y grandes.
- Pequeños mamíferos.

Estructuras objeto de seguimiento

- Se usa habitualmente en estructuras con anchuras medias o bajas:
 - Paso superior específico para fauna.
 - Paso superior multifuncional.
 - Paso inferior específico para grandes mamíferos.
 - Paso inferior multifuncional.
 - Paso inferior específico para pequeños vertebrados.
 - Drenaje adaptado para animales terrestres.



Figura 9.1. Huellas de meloncillo (*Herpestes ichneumon*) sobre sustrato de barro. Foto: Jacinto Román

Datos

– Como información básica, siempre debe incluirse en los informes:

- **Especies objetivo.** Indicar explícitamente las especies o grupos de especies que se identifican (carnívoros, mamíferos, ungulados, lagomorfos, roedores, etc.). De ellas se deben anotar todas las observaciones. En caso de que el muestreo sea negativo, es imprescindible anotar la visita con su correspondiente resultado: “cero observaciones de las especies objetivo”.
- **Descripción detallada de la estación de trapeo de huellas usada** (material, dimensiones, etc.). Si es preciso incluir imágenes.

– Esta información podrá ir también en tablas, pero siempre debe aparecer. Existen tres niveles de información a recoger en este tipo de muestreos, que pueden ser almacenados, al menos, en tres diferentes tablas relacionables con códigos únicos (véase Ficha 1).

- **Nivel 1:** Información de la trampa de huellas

Cada trampa de huellas debe poder caracterizarse e identificarse de forma inequívoca. Esta tabla debe contener, al menos, los siguientes campos (se pueden añadir campos adicionales si fuera necesario):

- **Id_trampa:** identificador único de cada trampa de huellas (número o código alfanumérico). No puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar inequívocamente cada trampa cada vez que se inicie una campaña de registro de huellas.

- **Id_estructura:** Identificador de la estructura en la que se ubica la trampa de huellas. Este identificador es exclusivo de cada estructura, tal y como se indica en varias fichas anteriores. En esta tabla, dicho identificador se repetirá tantas veces como trampas de huellas coloquemos en ese paso.

- **Fecha de colocación:** fecha en la que se inicia el trapeo de huellas.

- **Ubicación en el paso:** indicar si está a la entrada o en el interior.

- **Nivel 2:** Información de cada revisión

Cada evento de revisión debe poder caracterizarse e identificarse de forma inequívoca, incluso aunque en la revisión no se detecte ningún indicio, pues esto es básico a la hora de establecer los verdaderos ceros. Esta tabla debe contener, al menos, los siguientes campos:

- **Id_revisión:** identificador único de cada evento de revisión. Este valor (número o código alfanumérico) no puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar inequívocamente esa revisión.

- **Id_trampa:** Identificador de la trampa de huellas revisada. Es exactamente el mismo que se indicó en el nivel 1. No obstante, en esta tabla 2 deberá repetirse tantas veces como revisiones hagamos en cada trampa.

- **Fecha revisión:** día de la revisión.

- **Observador:** nombre del observador que realiza la identificación de los indicios.

- Nivel 3: Especies observadas

En cada revisión de cada trampa de huellas pueden observarse indicios de especies diferentes. Esta tabla debe contener, al menos, los siguientes campos:

- Id_revisión: Es exactamente el mismo que se indicó en la tabla 2. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como indicios encontremos en cada revisión de cada trampa de huellas.
- Especie: Nombre científico de la especie a la que pertenece el rastro o hue-

lla. Si no se identifica a nivel de especie, se debe indicar nombre científico del nivel taxonómico identificado (Orden Carnívora, Clase Aves, etc.).

- Número individuos: Número mínimo de rastros diferentes. Los criterios para la asignación del número de individuos a los indicios encontrados debe unificarse antes de comenzar los seguimientos, y debe quedar reflejado en la descripción del protocolo de muestreo.



Figura 9.2. Disposición de bandas de control de huellas. En la imagen de la izquierda se usa arena de grano fino en paso superior multifuncional. En la de la derecha se usa marmolina en drenaje de chapa corrugada. Fotos: TEG-UAM.



Figura 9.3. A la izquierda, lechos de tinta situados en una plataforma para facilitar el paso de fauna a través de un drenaje. Foto: Hans Bekker. A la derecha, huellas dejadas por dos especies diferentes de micromamíferos tras pasar por una trampa de huellas de hollín. Fotos: Marcello D'Amico.

Ejemplo 2: RECORRIDOS BUSCANDO INDICIOS

Fundamento

- El muestreo por indicios consiste en obtener índices de abundancia relativa a partir de la detección de indicios de presencia de los animales. Se realiza mediante transectos buscando indicios (huellas, excrementos, etc.) de la presencia de las distintas especies animales. En este caso se pueden obtener índices de abundancia en función del esfuerzo de muestreo. Se basa en la premisa de que a mayor abundancia de indicios, mayor abundancia de la especie en cuestión.

Especies objetivo

- Mamíferos grandes y medianos (ungulados, lagomorfos, carnívoros, etc.). Dependiendo del sustrato, también grandes reptiles (véanse Figuras 3.2 y 9.4).

Estructuras objeto de seguimiento

- Grandes estructuras, donde otros tipos de muestreos no pueden abarcar toda su superficie:
 - Viaductos.
 - Ecoductos de grandes dimensiones.
- También se usa para obtener información sobre la presencia o abundancia de diferentes especies animales en las zonas aledañas a los pasos de fauna (véase Ficha 3).

Datos

- Como información básica, siempre debe incluirse en los informes:
 - Especies objetivo. Indicar explícitamente las especies o grupos de especies de las que se deben anotar todas las observaciones.

- Descripción detallada del recorrido que se realiza. Si se dispone de un recorrido GPS o de archivos *waypoint* con las observaciones, debe guardarse en un sitio accesible e indicar cómo localizarlos.
 - Indicar si se van a anotar las observaciones acumuladas por tramos o individualmente.
- Existen tres niveles de datos a recoger en este tipo de muestreos, que pueden ser almacenados en tres diferentes tablas relacionables con códigos únicos. Se indica la información mínima necesaria a reunir en cada nivel, aunque se pueden añadir otras variables:

• Nivel 1: Información del recorrido

Cada recorrido, sobre todo si va a ser repetido, tiene que poder caracterizarse e identificarse de forma inequívoca. Si el recorrido se divide en tramos, estos deberán caracterizarse como si fueran distintos recorridos. En este caso es conveniente crear una tabla para identificar los recorridos y otra para describir los tramos, con un identificador único de los tramos (*id_tramo*). Esta tabla debe contener, al menos, los siguientes campos (se pueden añadir otros campos):

- *Id_recorrido/Id_tramo*: identificador único de cada recorrido. Este valor (número o código alfanumérico) no puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar inequívocamente ese recorrido.
- *Coordenadas*: La mejor opción es disponer de un recorrido GPS que deberá guardarse en un lugar fácilmente accesible, que será detallado en la descripción del muestreo. Este campo puede ser o bien el identificador del recorrido GPS, las coordenadas del centro del recorrido o dos campos diferentes con las coordenadas de inicio y fin del recorrido.

- Vial: identificador del vial asociado al recorrido. Es el mismo que se indica en la Ficha 1 y en fichas sucesivas. En esta tabla deberá repetirse tantas veces como recorridos se definan en ese vial.
- Id_estructura: Si el recorrido está asociado a una estructura de paso, indicar el identificador exclusivo de cada estructura. Es el mismo que se indica en la Ficha 4. En esta tabla deberá repetirse tantas veces como recorridos se definan en ese paso.
- Longitud: en metros del recorrido.
- Sustrato: indica el sustrato dominante (arenoso, arcilla, roca, etc.) de cara a poder detectar la presencia de huellas o rastros.
- Vegetación: caracterización de los hábitats por la que discurre el recorrido (véase capítulo 4.1).
- Observador: responsable de la caracterización del recorrido.
- **Nivel 2:** Caracterización del muestreo
Cada recorrido debe poder muestrearse en repetidas ocasiones, por lo que cada evento de muestreo deberá estar adecuadamente caracterizado e identificado de forma inequívoca. Se registrará su ejecución aunque no se detecte ningún indicio, para poder establecer los verdaderos ceros:
 - Id_visita: identificador único de cada evento de muestreo. Este valor (número o código alfanumérico) no puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar inequívocamente este muestreo.
 - Id_recorrido: Identificador del recorrido. Es exactamente el mismo que se indicó en el nivel anterior. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como muestreos hagamos en cada recorrido.
 - Fecha: día, mes y año en el que se hace el muestreo (dd/mm/aaaa).
- Hora inicio: hora en la que se empieza a muestrear (hh:mm).
- Hora fin: hora en la que se termina el muestreo (hh:mm).
- Última lluvia: días transcurridos desde la última lluvia. Es para conocer las condiciones del sustrato para huellas. Si es más de un mes, bastaría con indicarlo.
- Observador: persona que realiza el muestreo.
- **Nivel 3:** Caracterización de las observaciones
Durante la realización de cada muestreo se obtendrán múltiples observaciones de indicios que deberán asociarse al evento de muestreo y, a su vez, al recorrido o tramo realizado. Esto puede ser hacerse o bien acumulando las observaciones de indicios de cada especie en cada tramo o preferiblemente anotando la ubicación de cada uno de los indicios encontrados. Para este último caso, la tabla deberá contener, al menos, los siguientes campos:
 - Id_indicio/id_tramo: identificador único según se anoten los indicios por separado o acumulados por tramos. En el caso de los indicios puede usarse el punto del GPS (*waypoint*), siempre que este sea único, y en el de los tramos deberá indicarse el identificador único de cada tramo (id_tramo).
 - Id_visita: Identificador del evento de muestreo. Es exactamente el mismo que se indicó en el nivel 2. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como indicios encontremos en cada muestreo o tramos prospectado.
 - Especie: Nombre científico de la especie a la que pertenece el indicio. Si no se identifica a nivel de especie, se registrará el nombre científico del nivel taxonómico que corresponda.

- **Coordenadas de la ubicación del indicio:** En el caso de que se opte por grabar la ubicación de cada indicio, la mejor opción es guardarlo como punto en un GPS, apuntando su nombre o identificador. Las coordenadas de dicho punto se incorporarán a la base de datos cuando se descargue el archivo GPS. Es conveniente conservar este archivo, nombrándolo con el *id_muestreo* (que como se ha visto debe ser único para cada muestreo) y archivarlo con el resto de la información del muestreo y documentarlo apropiadamente.
- **Tipo indicio:** Indicar si es un excremento, una huella, un rastro, una rascadura, etc.
- **Número de indicios:** Puede que en un punto se encuentren varios indicios juntos de una misma especie (excrementos, rastros, etc.). Si en la misma ubicación se localizan indicios de varias especies, cada especie se considerará como indicio independiente. Es decir, cada registro en esta tabla se refiere a los indicios de una especie.

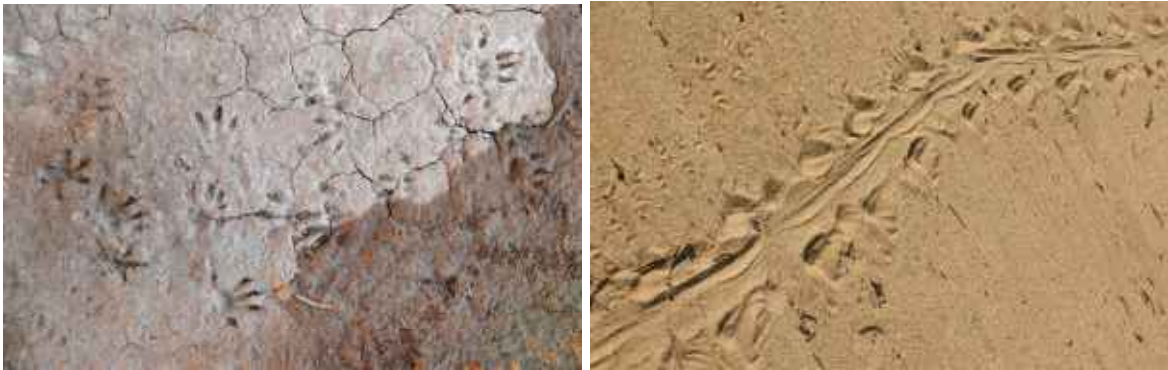


Figura 9.4. Huellas de rata común (*Rattus norvegicus*) sobre sustrato de barro (izquierda) y rastro de lagarto ocelado (*Timon lepidus*) sobre sustrato de arena (derecha). Fotos: Jacinto Román



Figura 9.5. Huellas de nutria (*Lutra lutra*) en sustrato húmedo (arriba a la izquierda), huellas de alcaraván (*Burhinus oedicnemus*) en arena (derecha) y excrementos de lince ibérico (*Lynx pardinus*) en pinar (abajo a la izquierda). Fotos: Jacinto Román.

Ejemplo 3: CÁMARAS TRAMPA

Fundamento

- El fototrampeo es una técnica que consiste en la captura automática de imágenes, fotografías o vídeos de los animales que transitan por el campo visual de una cámara de fotos que registra su paso, normalmente mediante el uso de sensores infrarrojos. El 20 % de la información analizada (véase capítulo 3) usó este método.

Entre las ventajas que presenta para el seguimiento de las estructuras de paso se encuentran:

- Monitoreo constante de la fauna que transita por su área de influencia.
- Obtención de imágenes que permiten una correcta identificación.
- Registro de la fecha y hora de captura de la imagen.
- Posibilidad de grabar tanto fotos como vídeos, lo que permite observar el comportamiento de los animales en las estructuras de paso.

Entre las desventajas que presenta para el seguimiento de las estructuras de paso se encuentran:

- Elevado precio.
- Susceptible de hurto.
- Necesidad de dispositivos adicionales anti-hurto (véase Figura 9.6).

Especies objetivo

- Cualquier vertebrado terrestre capaz de activar el sensor (generalmente depende de la distancia entre el paso y la cámara: animales pequeños requieren ubicaciones que faciliten el acercamiento del animal).

Estructuras objeto de seguimiento

- Cualquier estructura susceptible de ser

usada por animales terrestres.

Datos

- Como información básica, siempre debe incluirse en los informes:

- Especies objetivo. Indicar explícitamente las especies o grupos de especies de las que se anotan todos los registros (carnívoros, mamíferos, ungulados, lagomorfos, roedores, etc.).
- Descripción detallada del tipo de estación de fototrampeo. Si es preciso incluir imágenes.

- Es conveniente conservar las imágenes en una carpeta nombrada con el identificador de la revisión (que como veremos debe ser único para cada muestreo) y guardado en un lugar fácilmente accesible, que será detallado en la descripción del estudio.

- Esta información podrá ir también en tablas, pero siempre debe aparecer. Existen tres niveles de datos a recoger en este tipo de muestreos, que pueden ser almacenados en tres diferentes tablas relacionables con códigos únicos. Se indica la información mínima necesaria a reunir en cada nivel, aunque se pueden añadir otras variables:

- **Nivel 1:** Información de cada sesión de trampeo fotográfico

Cada cámara trampa colocada debe poder caracterizarse e identificarse de forma inequívoca. Esta tabla debe contener, al menos, los siguientes campos (se pueden añadir otros campos):

- Id_trampa: identificador único de cada sesión de fototrampeo. Este valor (número o código alfanumérico) no puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar indudablemente cada vez que se active una cámara trampa.

- **Id_cámara:** si tenemos múltiples cámaras, estas pueden activarse en diferentes lugares o sesiones. Tener un identificador de cada aparato (p. ej. número de serie) y anotarlo nos puede ayudar para hacer un seguimiento de su correcto funcionamiento.
- **Id_estructura:** Identificador de la estructura en la que se ubica la trampa de huellas. Este identificador es exclusivo de cada estructura, tal y como se indica en la Ficha 4. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como trampas de huellas coloquemos en ese paso.
- **Fecha de colocación:** fecha en la que se inicia cada sesión de fototrampeo.
- **Ubicación en el paso:** indicar si está a la entrada o en el interior.
- **Nivel 2:** Hace referencia a las imágenes obtenidas.
 - **Id_trampa:** Es exactamente el mismo que se indicó arriba. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como series de imágenes haya en cada revisión de cada tarjeta de memoria.
- **Id_evento:** Lo más habitual es que se tomen varias imágenes de cada evento de paso de fauna, por lo que cada evento será un registro en esta base de datos. Se puede usar el identificador automático de la primera imagen que se guarda de la serie.
- **N_imágenes:** número de imágenes que componen la serie.
- **Fecha: y hora:** antes la colocación del dispositivo, debe ajustarse la fecha y la hora de su reloj interno para que las imágenes indiquen la fecha y hora en la que fueron tomadas. Algunos dispositivos permiten que dicha información figure sobreimpresa en la propia imagen y no solo en sus atributos.
- **Especie:** Nombre científico de la especie a la que pertenece la imagen. Si no se identifica a nivel de especie, se indicará el nombre científico del nivel taxonómico que se haya podido identificar.
- **Número individuos:** Número mínimo de individuos diferentes en cada toma fotográfica.



Figura 9.6. Imagen de una nutria (*Lutra lutra*) tomada mediante foto-trampeo y ejemplo de la colocación de una cámara trampa de baterías, con sensor de infrarrojos incorporado, destinada a vertebrados de mediano tamaño. Fotos: Ariadna Sanglas y Francisco Palomares.

Objetivo de la actuación

- Identificar las especies de ictiofauna que utilizan los pasos habilitados para cruzar las vías que intersectan los ejes fluviales con el objetivo de evaluar la capacidad de estas estructuras para paliar el efecto barrera ocasionado por las vías.

Métodos

- Existen diversos métodos de coste y aplicabilidad variable en función de las características del curso fluvial y de las especies consideradas. Independientemente del método escogido, debe tenerse en cuenta que la instalación de cualquier elemento en el interior del paso de agua destinado a capturar animales puede interferir en la capacidad hidráulica de la obra. Por ello, y dado que las cuestiones referentes a seguridad deben ser siempre prioritarias, es imprescindible realizar una comprobación previa de que dicha reducción no compromete su funcionamiento en relación a los caudales máximos de diseño para los que se calculó inicialmente el paso de agua. Además, es durante las crecidas cuando muchas especies aprovechan para ascender río arriba y cuando más colmatación puede producirse en las nasas u otros dispositivos. La frecuencia de revisión de los diferentes métodos empleados tendrá esto en cuenta.
- El método básico que se describe en esta ficha es el del trampeo con redes de tipo nasa. Adicionalmente se indican tres métodos alternativos, más complejos, cuyas descripciones detalladas se pueden encontrar en la bibliografía específica del tema. Requieren diseños específicos que deberán ser proyectados por expertos.
 - Trampeo directo con redes de tipo nasa. Método generalista que permite capturar todos los peces que circulan aguas arriba. Puede aplicarse en una amplia variedad de situaciones, incluso para calcular estimaciones de abundancia. En el caso de los pasos, su principal limitación radica en que puede reducir la capacidad de drenaje de la estructura por acumulación de hojas, ramas y otros restos en las redes. Requiere por tanto una revisión

frecuente a fin de extraer las capturas (véase procedimiento) y de limpiar las trampas.

Las trampas utilizadas, así como sus anclajes en el cauce, deben ser lo suficientemente robustos como para resistir durante largos períodos en el agua. Al mismo tiempo, las trampas deben ser lo suficientemente grandes para acoger en buenas condiciones a los peces capturados antes de ser extraídos. En relación con la luz de malla, cuanto menor sea esta más amplia será la gama de capturas obtenidas (grupos de edad o incluso especies), aunque se deberá aumentar la frecuencia de revisión para evitar su colmatación. La luz de malla mínima aplicable es de 1 cm.

- Contadores de peces. Existen diversos modelos comercializados de contadores de peces, ya sean basados en resistividad eléctrica o en haces de infrarrojos. Todos ellos requieren instalaciones fijas donde se coloca el aparato registrador. Se trata de dispositivos complejos que a menudo son solo aplicables en situaciones muy particulares de caudal, conductividad o turbidez del agua. Generalmente detectan solo peces de tamaño mediano a grande. Suelen usarse para lugares importantes para el movimiento de grandes migradores como anguilas, esturiones, lampreas, sábalos o diferentes especies de salmónidos. Su principal ventaja respecto a otros métodos radica en la gran capacidad de registrar datos en continuo durante largos períodos de tiempo, o incluso permanentemente, con una mínima supervisión. Entre los distintos modelos, caben destacar los contadores de análisis de imagen (video captura) y los contadores sónar, en los que la detección se realiza mediante el análisis de las perturbaciones que emiten al atravesar un campo acústico.
- Marcaje-recaptura. Existen diversos métodos destinados a la evaluación de la permeabilidad para los peces de infraestructuras transversales en cauces fluviales.

- Todos requieren intensas campañas de pesca para marcar un porcentaje significativo de la población situada a ambos lados de la barrera (aunque generalmente solo se marque en un lado) y también posteriores campañas de seguimiento. Algunos tipos de marcaje, como las etiquetas de transponderes (*Pit-Tags*), permiten la detección automática de los individuos marcados que circulan a través de un conducto de dimensiones estrechas, hecho que facilita su aplicación para el seguimiento del paso de peces en ciertas infraestructuras.
 - Teleseguimiento. El marcaje con radiotransmisores de grandes peces permite estudiar sus movimientos, y por tanto, se aplica para estudios de selección de hábitat (o de pasos, si hubiera varios disponibles). Aunque también informa sobre su capacidad de franquear obstáculos, se recomienda el uso de otros métodos más sencillos.
- Los dos últimos métodos presentan como principal ventaja que permiten una estimación de la eficiencia de la obra, ya que indican la proporción de individuos que efectivamente consiguen pasar la obra en relación a los que fueron marcados.

Procedimiento del trampeo con nasas

- Se dispondrán las nasas con dos alas para retener la mayor proporción posible de los peces que sean capaces de atravesar la estructura (Figura 10.1). Se recomienda al menos una revisión diaria de cada paso sujeto a control. En caso de que en el paso tiendan a acumularse animales (p. ej. migraciones) o se obstruya rápidamente con hojarasca u otros materiales, revisar con mayor frecuencia.
- Extraer los ejemplares capturados y proceder a su identificación y toma de datos biométricos básicos, entre otros la longitud, peso, aspecto físico, lesiones, etc. Aplicar buenas prácticas de manejo.
- Limpiar a fondo el dispositivo de control y

volver a colocarlo inmediatamente.

- Completar la ficha de control con los datos oportunos (véase a continuación detalle de una ficha), incluyendo algunos datos hidráulicos básicos (véase también Ministerio para la Transición Ecológica 2019b).
- Los datos procedentes del control deberán almacenarse en soporte informático con el fin de generar una base de datos única.

Fase de aplicación

- Construcción, una vez instalados los drenajes y explotación.

Frecuencia de control

- Seguimiento recomendado: seis períodos de diez días durante un año, con una frecuencia bimestral. Si es posible, ampliar hasta doce períodos de diez días con una frecuencia mensual. Se recomienda mantener la distribución temporal de los muestreos a lo largo del año, pero con cierta flexibilidad que permita en la medida de lo posible trampear justo después de los picos de crecida, por ser los momentos en que se producen mayores movimientos. En el caso de que alguna de las especies objetivo realice migraciones, será necesario hacer un seguimiento especialmente intensivo durante la temporada o temporadas de migración.

Indicadores

- El indicador a emplear dependerá del método de control adoptado. Como mínimo se calcularán los siguientes, si bien los métodos 1, 3 y 4 permiten análisis más detallados de la información.
 - En el caso del método 1 (trampeo):
 - Número de individuos capturados de cada especie en cada campaña de muestreo por unidad de esfuerzo (individuos por nasa y periodo - normalmente 24 h-).

- Distribución de longitudes de los individuos de cada especie capturados en cada campaña.
- En el caso del método 2 (contadores):
 - Número de individuos que utilizan la estructura por unidad de tiempo (o en cada campaña de muestreo).
- En los casos de los métodos 3 y 4 (marcaje-recaptura y teleseguimiento):
 - Porcentaje de la población estimada de cada especie que utiliza la estructura por unidad de tiempo.

Umbral de efectividad

– Datos de referencia:

- Para evaluar la eficiencia de la estructura debe realizarse una evaluación complementaria de la población de peces en el tramo fluvial situado aguas abajo del dispositivo. Esta evaluación puede llevarse a cabo en la mayoría de los ríos mediante un muestreo con pesca eléctrica, aplicando los estándares internacionales pertinentes, en este caso la norma CEN EN 14011: 2003 (*Water quality – sampling of fish with electricity*). Cuando, por las dimensiones del río, no sea posible recurrir a la pesca eléctrica, la técnica alternativa de muestreo más adecuada es la utilización de una batería de redes con diferente luz de malla (mínimo cuatro mallas diferentes), que abarquen todo el espectro de tallas de las especies presentes (véase estándar CEN EN 14757 (*Sampling of fish with multi-mesh gillnets*)). No obstante, este método es difícil de aplicar en ríos, porque la corriente interfiere con el funcionamiento de esas redes. De hecho, el estándar está pensado para lagos. En esta evaluación los principales parámetros de interés son la proporción entre especies y la estructura de tallas de cada población. Estos parámetros deberán ser comparados posteriormente con los resultados obtenidos del seguimiento directo del franqueo de ejemplares, a fin

de determinar su selectividad por especie o grupo de talla. Adicionalmente, cuando sea posible la estimación de la densidad por especie en el tramo fluvial inferior (solamente con pesca eléctrica), se obtendrá después una estimación complementaria de la fracción poblacional por especie que logra franquear la infraestructura durante un determinado período de tiempo. Las estimaciones de densidad pueden obtenerse aplicando métodos de capturas sucesivas. Una alternativa a la pesca eléctrica es el uso de nasas (Clavero et al. 2006).

- Cuando el método a utilizar para efectuar el seguimiento del paso para peces sea el contador, se instalará un contador también en una segunda estructura aguas abajo de la primera para efectuar conteos que servirán como datos de referencia. Caso de no existir esa segunda estructura, la bidireccionalidad de los movimientos de la fauna limitaría la precisión del método.

– Seguimiento en las estructuras:

- Cuando el método utilizado permita la identificación específica, los valores calculados para los indicadores se compararán para cada especie con los obtenidos en la evaluación complementaria aguas abajo de la estructura controlada. Los resultados deberán ser interpretados teniendo en cuenta las características ecológicas y de comportamiento de cada especie. Así mismo, los umbrales deberán definirse en cada caso en función de dichas características y del estado de las poblaciones locales. En cualquier caso se considerará que se supera el umbral inaceptable si ningún individuo de las especies de referencia utiliza el paso.
- Cuando el método empleado no permita la determinación específica, los resultados obtenidos en los conteos deben ser similares en número de individuos a los obtenidos aguas abajo, en el caso de las especies migradoras, calculándose una fracción aceptable para el resto de las especies en función de su ecología.

Los umbrales deberán definirse en cada caso en función de la composición de la población de peces establecida en la evaluación complementaria aguas abajo citada en el primer punto de este apartado.

- En los casos en que se presenten diferencias notables entre los valores de los indicadores obtenidos en la estructura y aguas abajo de ella (el obstáculo no se supera o se hace con dificultad) que afecten a especies de interés para la conservación (véase capítulo 4) de forma

superior a la que se considere admisible por la Comisión Técnica de Seguimiento Ambiental, se pondrán en marcha las medidas necesarias para reducir o revertir estos efectos.

Informes

- Informes rutinarios bimensuales.
- Informes de síntesis: semestrales y anuales.

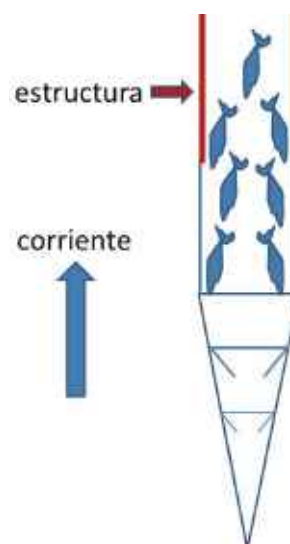


Figura 10.1. Imagen y representación esquemática de la colocación de las nasas para el seguimiento de las estructuras de paso y su uso por parte de la ictiofauna. La imagen muestra el seguimiento con nasa de un dispositivo de paso para peces situado en un azud en el que los animales son dirigidos mediante una estructura rígida. Se coloca una valla adicional para retener hojas y otros materiales. Foto: Quim Pou (CERM). El esquema representa en rojo la estructura (drenaje o paso de otro tipo) y en azul la nasa (triángulo alargado) con dos alas alineadas con la estructura para dirigir la fauna a su interior. En el caso de usar esta metodología para estimaciones de abundancia, es preferible el uso de una sola ala para no excluir los peces que nadan por el exterior.

Objetivo de la actuación

- Controlar el estado y la integridad de los accesos y de los hábitats adyacentes de los pasos específicos para la fauna y el resto de estructuras transversales.

Aspecto objeto del seguimiento

- Accesos de las estructuras transversales seleccionadas de acuerdo con la Ficha 6, así como el interior o las superficies de la estructura en sí misma.
- Hábitats adyacentes de las estructuras transversales seleccionadas de acuerdo con la Ficha 6, considerando el tipo de vía y las especies objetivo. Se recomienda:
 - Supervisar los accesos de todos los viaductos, túneles, falsos túneles y pasos específicos para la fauna bianualmente.
 - En el resto de estructuras transversales supervisar anualmente todas las estructuras.

Método de control

- Se realizarán inspecciones de las zonas a evaluar para caracterizar la integridad de los accesos y los hábitats adyacentes a cada una de las estructuras sujetas a seguimiento, prestando especial interés a aquellas que cuenten con un diseño específico para la fauna y utilizando como referencia el estado inicial de los hábitats adyacentes en la fase preoperacional (véase Ficha 4).
- Se efectuarán inspecciones que permitan detectar la presencia de perturbaciones a ambos lados de cada estructura, registrando, asimismo, las posibles marras o deficiencias en las revegetaciones realizadas en la fase de construcción. Se supervisará el estado de las diferentes medidas que hayan sido incorporadas para el acondicionamiento de los accesos, tales como balsas (véase *Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2015). También se tratará de detectar el posible acceso incontrola-

do de vehículos u otros usos inadecuados en los pasos específicos para la fauna. Se caracterizarán cada una de estas irregularidades y se propondrán potenciales soluciones.

- Caso de detectarse cualquier perturbación que evite o dificulte notablemente el acceso de los animales hacia los pasos de fauna, esta se localizará detallando la superficie alterada, así como todas las características que pudieran resultar de interés. De igual modo, se evaluarán las medidas necesarias para eliminar o reducir dicha afectación.

Fase de realización

- Explotación de la vía.

Frecuencia de control

- De manera rutinaria se podrá aplicar vigilancia asociada a las labores de conservación de la vía y mantenimiento de las estructuras transversales, con la periodicidad establecida en estos casos (mensual).
- En el seguimiento asociado al desarrollo del PVA se realizarán entre dos y cuatro campañas al año de inspección detallada, según el plan de seguimiento aplicable a cada estructura.

Indicadores

- Las variables objeto de seguimiento serán las que permitan la comparación con el estado de los hábitats adyacentes en la fase previa al inicio de las obras. En particular la evaluación se centrará en los siguientes aspectos:
 - Superficie de hábitat no alterado por la obra, tomando como referencia la caracterización inicial (Ficha 4).
 - Distancia de las embocaduras a la vegetación natural de los hábitats adyacentes.

- Lista de control de aparición de actividades incompatibles con el paso de fauna por la estructura, procediendo a su caracterización en el caso de ser detectadas y considerando su superficie y ubicación.
- Afectaciones importantes a la integridad de los hábitats adyacentes a los pasos de fauna que afecten su funcionalidad.
- Deficiencias en las revegetaciones de los alrededores de las embocaduras de los pasos, sea por discontinuidades entre los accesos y los hábitats adyacentes, como por marras en las plantaciones u otros problemas.

Umbrales de efectividad

- Se considerará un impacto inaceptable el establecimiento de actividades incompatibles con el acceso de la fauna al paso en el entorno de los pasos de fauna; entre ellas destacan:
 - Disposición transversal al paso de caminos, canales u otras infraestructuras.
 - Instalación de actividades que supongan iluminación nocturna o generación de ruido en los accesos a los pasos.
 - Establecimiento de zonas urbanizadas o de los servicios a estas zonas.
- Asimismo se aplicarán medidas correctoras en los casos en los que se detecten:

Informes

- Se elaborarán informes rutinarios de carácter mensual. Asimismo, al igual que para el resto de tareas establecidas en el Programa de Vigilancia Ambiental, se realizarán informes de síntesis trimestrales o semestrales y anuales, en los cuales se integren y evalúen de forma conjunta los resultados obtenidos. Con carácter excepcional y ante situaciones puntuales que requieran una actuación rápida se emitirán informes extraordinarios que pongan en conocimiento la necesidad de una intervención.

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia del estado de los accesos y hábitat adyacentes a las estructuras transversales

Se usarán las mismas instrucciones que para cumplimentar la Ficha 6.

¹Se toma como referencia el estado inicial, previo a la construcción (véase Ficha 4) y se mide según la escala:

Vía		Tramo		Campaña	
Coordenadas inicio (X,Y)				Coordenadas final (X,Y)	
Fecha inspección		Hora		Responsables de la inspección	
Estructura		Embocadura	Integridad del entorno ¹	Localización de alteraciones	Observaciones o medidas a considerar
Código	PK				
Observaciones					

MB: Muy buena	100 % conservado, sin alteraciones
B: Buena	Más del 75 % bien conservado
R: Regular	Entre el 50 y el 75 % bien conservado
M: Mala	Menos del 50 % bien conservado. El resto ha sufrido alteraciones

Objetivo de la actuación

- Revisar el estado del cerramiento perimetral y otros elementos asociados para garantizar un adecuado mantenimiento del mismo.

Aspecto objeto de seguimiento

- La totalidad del cerramiento perimetral, así como sus elementos asociados, como puertas de acceso, dispositivos de escape de fauna, o dispositivos anticolidión, en caso de que los hubiera.

Método de control

- Inspección periódica del estado de los vallados para controlar, con el apoyo de listas de chequeo, que se realiza un adecuado mantenimiento y se conserva la integridad del cerramiento. Se aporta un modelo de ficha de toma de datos más adelante.
- En cada una de las campañas de inspección se revisará el estado de entre un 30 % y un 50 % de la extensión total del vallado. Se supervisará con especial atención el cerramiento en las proximidades de todos los pasos específicos para la fauna en un radio de 250 m de las embocaduras del paso, a ambos lados de la vía.
- Se controlarán los aspectos relacionados en la Ficha 7 que sean de aplicación en esta fase de explotación, y en particular:
 - Que la malla se mantiene completamente anclada a la base del terreno, y no se han producido roturas o levantamientos de la misma que permitan el acceso de animales a las plataformas de circulación de vehículos.
 - Que los postes de sujeción se mantienen firmes.
 - Que se mantiene la continuidad del cerramiento en las aletas de las estructuras transversales, los estribos de los viaductos o las pantallas laterales instaladas en pasos superiores a la vía, sin dejar discontinuidades que permitan el

acceso de la fauna silvestre a las plataformas.

- Que el natural desarrollo de la vegetación de los márgenes no supone un riesgo de que los animales la utilicen para franquear el vallado.
- Que los dispositivos de escape, si se hubieran instalado en los tramos objeto de seguimiento, mantienen la funcionalidad. En caso de que los dispositivos estén constituidos por rampas, será necesario evaluar si los acopios de materiales que la constituyen mantienen el diseño inicial y permiten el ascenso de animales hasta una altura adecuada para saltar la valla y salir de la vía. En el caso de dispositivos constituidos por puertas (no recomendados; véase Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2015), es necesario un adecuado control y mantenimiento para evitar que se conviertan en puntos de entrada de animales en tramos vallados. Asimismo, en los controles deberá comprobarse la funcionalidad de todas las partes móviles, y que abren y cierran adecuadamente sin que haya elementos (piedras, vegetación, etc.) que obstruyan su funcionamiento.
- Que los dispositivos anticolidión, si se hubieran instalado en los tramos objeto de seguimiento, mantienen su funcionalidad y características para evitar colisiones con elementos de la infraestructura o con los vehículos circulantes, comprobando que la altura de vuelo de los animales está por encima de la zona de atropello o colisión.

Fase de aplicación

- Explotación de la vía.

Frecuencia de control

- La revisión del cerramiento podrá vincularse con facilidad a las tareas de conservación de la vía (véase Ficha 16).

- Durante el desarrollo del PVA se realizarán controles de forma más exhaustiva llevando a cabo cuatro campañas de inspección anuales.

Indicadores

- Extensión del tramo con cerramiento inspeccionado que presenta deficiencias de mantenimiento.
- Número y tipo de deficiencias observadas en el vallado respecto a la longitud de cerramiento controlado.
- Número de dispositivos de escape (en absoluto y en relación al total del tramo) que presenta deficiencias y descripción de las mismas.
- Número de dispositivos anticolidión (en absoluto y en relación al total del tramo) con deficiencias y descripción de las mismas.

Umbrales de efectividad

- El seguimiento debe garantizar la adecuada conservación e integridad del conjunto del cerramiento. Por ello, la detección de cual-

quier anomalía que implique un riesgo de acceso de animales a las plataformas de circulación de vehículos con potenciales repercusiones sobre la seguridad viaria conllevará una inmediata actuación de reparación de la deficiencia observada.

- Asimismo, se considerará alcanzado un umbral inaceptable, y se determinarán actuaciones inmediatas de reparación, en los casos en que el vallado, los dispositivos de escape o las medidas anticolidión presenten una deficiencia que implique un riesgo de atropello o colisión de especies amenazadas cuya presencia hubiera sido establecida en los trabajos previos al inicio de las obras.

Informes

- La información relevante se incluirá en informes que se emitirán con carácter mensual, adjuntando los datos originales recogidos en las fichas de seguimiento.
- Con carácter trimestral o semestral, y anual, se redactarán informes de síntesis integrando toda la información.

Modelo de la ficha de toma de datos

Seguimiento del estado y mantenimiento del cerramiento perimetral

Vía		Tramo		PK inicio		PK final
Coordenadas inicio (X,Y)				Coordenadas final (X,Y)		
Campaña						
Fecha inspección		Hora		Responsables de la inspección		
Dirección ¹	Coordenadas PK	Estado de la malla	Ajuste de la base	Deficiencias encontradas	¿Se detecta paso de animales? ²	Observaciones
Observaciones						

¹ Indicar sentido del recorrido.

² Indicar especie, si es posible.

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia del estado y mantenimiento de los dispositivos de escape

Vía		Tramo		PK inicio	PK final
Coordenadas inicio (X,Y)				Coordenadas final (X,Y)	
Campaña					
Fecha inspección		Hora		Responsables de la inspección	
Dispositivo de escape		Dirección ¹	Estado	Labores de mantenimiento	Observaciones
Código	PK				
Observaciones					

Modelo de la ficha de toma de datos

Vigilancia del estado y mantenimiento de los dispositivos anticolidión

Vía		Tramo		PK inicio	PK final
Coordenadas inicio (X,Y)				Coordenadas final (X,Y)	
Campaña					
Fecha inspección		Hora		Responsables de la inspección	
Dispositivo de escape		Dirección ¹	Estado	Labores de mantenimiento	Observaciones
Código	Localización (PK o UTM)				
Observaciones					

¹ Indicar sentido del recorrido.

Objetivo de la actuación

- Obtener datos homogéneos y comparables del seguimiento y caracterización de las estructuras potencialmente utilizables por la fauna para cruzar de un lado a otro de las infraestructuras.
- Discernir entre las estructuras denominadas pasos de fauna y las estructuras potenciales para el paso de fauna del resto de estructuras transversales que se consideran descartadas a efectos del paso de fauna y, en consecuencia, del seguimiento.

Justificación

- Numerosos trabajos revisados recientemente tanto de caracterización de estructuras transversales, que permiten el paso de fauna de un lado al otro de las vías de transporte, como de proyectos de seguimiento del uso de pasos de fauna, reflejan una importante heterogeneidad en la identificación de las tipologías a pesar de llevarse a cabo por equipos de campo entrenados. Las variaciones encontradas pueden producir errores y reducen la fiabilidad de los análisis que se puedan llevar a cabo sobre datos procedentes de distintos proyectos.

Fases de aplicación

- Todas aquellas en las que se lleve a cabo la medición o caracterización de estructuras de cruce.

Pasos de fauna y estructuras potenciales para el paso de fauna

- En este documento, se entiende por “paso de fauna” las estructuras transversales construidas específicamente -o modificadas- para facilitar el paso de fauna (en inglés ‘Fauna passage’ o ‘Wildlife Crossing’) y cumplen las prescripciones técnicas de dimensiones y acondicionamiento, que dan

más garantía de su efectividad y se contemplan en Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015).

- Estas Prescripciones Técnicas identifican once tipos de pasos de fauna con las características técnicas y adaptaciones necesarias para optimizar su función de conexión de las poblaciones animales a ambos lados de las vías. Es deseable distinguir estas de otras tipologías cuya función de paso puede ser cuestionable, de manera que en los inventarios de estructuras se identifiquen claramente las consideradas como paso de fauna de las estructuras potenciales para el paso (véase descripción en el siguiente punto) y descartar las que se alejan de las prescripciones mencionadas, a efectos del seguimiento ambiental.
- Las estructuras potenciales para el paso de fauna serán aquellas que no estando en las circunstancias anteriores se aproximan en las medidas, cuentan con características adecuadas para facilitar el cruce de fauna y pueden ser adaptadas para optimizar su función.
- Las estructuras múltiples serán consideradas como paso de fauna o estructura potencial para el paso de fauna si una de las celdas o vanos cumple con las definiciones anteriores.

Tipología de estructuras de paso superior a la vía

- Ecoducto (ECO)

Paso superior de fauna de grandes dimensiones (véase Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015) que permite establecer la continuidad de hábitats a través de la vía. Debido a su anchura, puede incluir una alta diversidad de hábitats. La principal diferencia con los pasos superiores específicos para la fauna son la anchura y la cobertura vegetal.

Incluye pasos sobre túneles de características similares.

- Paso superior específico para la fauna (PSF)

Paso superior a la vía específicamente diseñado para proporcionar conectividad para la fauna, pero de dimensiones menores, lo cual limita las posibilidades de restauración de la vegetación y de tipos de hábitats que puede albergar la superficie de la estructura.

Incluye pasos sobre túneles de característica similares.

- Paso entre árboles (PAF)

Paso de fauna aéreo, constituido por cuerdas, plataforma o de otro tipo, instalado para facilitar el movimiento entre árboles a ambos lados de la vía.

- Paso superior multifuncional (PSM)

Estructura superior a la vía con múltiples funciones, entre las cuales se incluye el paso de fauna silvestre. Otros usos que puede integrar este tipo de estructura son caminos forestales o de acceso a zonas, senderos de uso recreativo o vías pecuarias. Estos pasos superiores pueden incluir modificaciones tales como incorporación de cobertura vegetal o barreras visuales para favorecer el uso por parte de la fauna. Incluye pasos sobre túneles de características similares.

- Los túneles, a efectos del seguimiento ambiental, se tipificarán de acuerdo con su función y características de la superficie de paso sobre ellos, como ECO, PSF o PSM. En la ficha de caracterización se indicará que hay túnel o falso túnel.
- Se excluirán los túneles que tengan gran parte de su superficie ocupada por grandes vías de comunicación u otros usos incompatibles con el paso de fauna.

Tipología de estructuras de paso inferior a la vía

- Aquellas estructuras bajo las cuales el paso de fauna es infranqueable quedan excluidas del objeto de este documento.
- Pueden ser estructuras simples o múltiples.

- Se considerarán simples las estructuras que no presenten ninguna estructura de soporte entre sus extremos o bien las que se apoyen en pilares.

- Se considerarán múltiples las estructuras que presenten más de una celda o vano, estando estos separados por tabiques o muros de cualquier material.

- Los viaductos, a efectos del seguimiento ambiental, se tipificarán de acuerdo con su función y características del área sobre el que se asientan, como VIAF, ODF o PIM.

Se excluirán los viaductos que tengan gran parte de su superficie ocupada por grandes vías de comunicación u otros usos incompatibles con el paso de fauna.

- Viaductos adaptados (VIAF)

Grandes estructuras inferiores, que admiten múltiples funciones, con al menos un pilar o más de un vano y que cuentan con modificaciones específicas para favorecer la conectividad ecológica (el paso de fauna acuática y terrestre- y la continuidad de hábitats; véase las especificaciones de adaptación en Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015). Se incluyen los que habitualmente se denominan puentes y coinciden con esta definición.

- Paso inferior específico para la fauna (PIF)

Paso inferior de fauna diseñado para proporcionar un punto de cruce seguro para la fauna silvestre.

Dependiendo del tamaño del paso, puede ser utilizado por especies de fauna de menor o mayor tamaño (véase Ficha 6 de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

Entre los tipos constructivos de los pasos inferiores predominan los pórticos, bóvedas o tubos.

Los pasos para pequeños vertebrados se designarán por el acrónimo PIF-PV (véase Ficha 8 de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

– Paso inferior multifuncional (PIM)

Estructura inferior a la vía, con múltiples funciones, entre las cuales se incluye el paso de fauna silvestre. Otros usos que puede integrar este tipo de estructura son drenaje, caminos forestales o de acceso a zonas o senderos de uso recreativo, o vías pecuarias. Pueden ser simples, con o sin pilares y múltiples de marcos o tubos.

Estos pasos pueden incluir modificaciones, como revegetaciones, o banquetas laterales secas para favorecer su uso por parte de la fauna.

– Drenaje (OD)

Estructura simple o múltiple, con única función de paso de agua, además del posible cruce de fauna y que no cumple con las dimensiones prescritas.

– Drenaje adaptado para la fauna (ODF)

Paso de fauna, simple sin pilares, o múltiple compuesto por marcos o tubos, por el que discurren cursos de agua, pero no caminos u otro tipo de vías, que cuenta con modificaciones para facilitar el paso de fauna y cumple las dimensiones mínimas prescritas.

Las adaptaciones a menudo incluyen banquetas laterales para proporcionar plataformas de paso secas y bien conectadas con los hábitats de su entorno.

Los accesos deben diseñarse considerando los requerimientos de la fauna, además de controlar los riesgos de socavamiento y erosión.

Se incluye los que habitualmente se denominan puente y coincide con esta definición.

Los ODF diseñados específicamente para peces se designarán con el acrónimo ODF_P. Para estos no se especifican dimensiones, pero si deben estar acondicionados para facilitar que los peces puedan nadar a través de ellos.

– Paso para anfibios (ANF)

Paso de fauna instalado debajo de la superficie de las vías y construido específicamente para potenciar el movimiento de

anfibios a través de la vía. Pueden estar constituidos por múltiples estructuras, muy cercanas entre sí, que requieren de cerramiento opaco efectivo para interceptar a los anfibios y canalizarlos hacia los accesos del paso.

Prescripciones para clasificar una estructura en una tipología

– Utilizar el documento de Prescripciones Técnicas del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015) y las indicaciones de esta ficha.

– Documentar gráficamente la estructura mediante fotografía. En caso de que esta no sea capaz de describir adecuadamente la complejidad de la estructura, añadir un croquis detallado en el que figure claramente la infraestructura de transporte, la posición, morfología y dimensiones de la estructura de cruce y cualquier detalle que permita identificar inequívocamente su tipología.

– Indicar siempre si se trata de una estructura simple o múltiple, de acuerdo a la definición dada anteriormente.

– En caso de estructura múltiple se indicará el número de celdas de las que se compone y se caracterizará cada una de ellas de forma independiente.

– Se indicará la forma aproximada de la estructura (circular, semicircular, cuadrangular, trapezoidal, etc.).

– Se indicará la existencia de lámina de agua.

– Se indicará la presencia de camino u otra infraestructura.

– Se indicarán las adaptaciones realizadas para la fauna.

Clave de identificación de la tipología de la estructura

Estructura superior a la vía. Anchura mínima prescrita. Completamente adaptada al paso de fauna.....	ECO
Estructura superior a la vía. Anchura mínima prescrita. Completamente adaptada al paso de fauna.....	PSF
Estructura superior exclusiva para conexión entre árboles.....	PAF
Estructura superior a la vía. Anchura mínima prescrita. Función múltiple. Con adaptaciones para el paso de la fauna.....	PSM
Estructura inferior a la vía, con al menos un pilar o más de un vano. Función múltiple. Completamente adaptada para optimizar el paso de fauna.....	VIAF
Estructura inferior a la vía, simple o múltiple de marcos o tubos. Función múltiple. Adaptada al paso de fauna siguiendo las prescripciones.....	PIM
Estructura inferior a la vía, simple o múltiple, que no cumple las características prescritas pero puede permitir el cruce de fauna. Función: solo drenaje.....	OD
Estructura inferior a la vía, simple sin pilares o múltiple compuesto por marcos o tubos, adaptada a paso de fauna. Función: solo drenaje. Dimensiones mínimas prescritas.....	ODF
Estructura inferior a la vía, tipo ODF, adaptada para el paso de peces.....	ODF-P
Estructura inferior a la vía, construida o instalada para función específica y única de paso de fauna, cumpliendo dimensiones y adaptaciones prescritas.....	PIF
Estructura inferior a la vía, de tipo PIF, para pequeños vertebrados.....	PIF-PV
Estructura inferior a la vía, específica para anfibios.....	ANF

Objetivo de la actuación

- Estandarizar las mediciones para disponer de datos comparables y fiables. Para ello se dan indicaciones pormenorizadas a partir de la bibliografía disponible y del debate mantenido entre los responsables de esos documentos, organizaciones y empresas que efectúan trabajo de campo. Si se dispone del proyecto constructivo se partirá de las dimensiones indicadas en este, y posteriormente se comprobarán los datos en el campo, midiendo también las dimensiones que se incluyen en estas prescripciones. Se recomienda que los proyectos de nuevas vías incorporen también estas últimas.

Justificación

- La forma de medición de las dimensiones principales de estructuras simples, superiores o inferiores de (anchura, longitud y altura), quedó reflejada en las *Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales* (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015), coincidentes y desarrolladas en el Manual Iberlince (Life+Iberlince 2019), que dio indicaciones también para estructuras múltiples (definidas en la ficha anterior).
- La mayor parte de los trabajos de seguimiento del uso de las estructuras transversales para el paso de fauna no indican la forma en que han medido sus dimensiones.
- En el análisis de Ministerio para la Transición Ecológica (2018), de datos de la caracterización de estructuras transversales localizadas en un muestreo de 940 cuadrículas UTM de 1 km², en España (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016), se encontraron diferencias en las mediciones efectuadas por distintos equipos de campo entrenados. Por lo general, la medida de la longitud fue tomada de forma similar, siguiendo la indicación de las prescripciones técnicas citadas arriba. En estructuras simples, la anchura también coincidió con lo indicado, y entre equipos.

Las mayores discrepancias se encontraron en la medición del ancho de estructuras múltiples y en la altura de viaductos. La aplicación de distintos criterios de medición dificultó la comparación de datos.

Fases de aplicación

- Todas aquellas en las que se lleve a cabo la medición o caracterización de estructuras de cruce.

Indicaciones generales para todas las medidas

- Se tomarán sobre la estructura que sea objeto de seguimiento, sin que las medidas sean distorsionadas por la valoración de otras estructuras del entorno.

Indicaciones particulares para estructuras sobre cauces

- Se medirán de igual forma que sobre terreno seco o encharcado. Los canales de hormigón sin ribera o cualquier vía de salida de los mismos, ocupen una estructura o un vano de ella, quedarán excluidos a los efectos de este documento.
- Las estructuras diseñadas específicamente para peces se medirán siguiendo las pautas que se dan a continuación.

Indicaciones para medir la anchura

- Se tomará la medida como se indica en las ilustraciones según la tipología. En viaductos, entre los estribos de la estructura, por el interior, con independencia de la pendiente.
- En el caso de dos estructuras contiguas, en paralelo, que condicionan un mismo paso, se tomará la más restrictiva.
- Se descontará el ancho no accesible (bloqueado o físicamente cegado), salvo en el caso de cerramiento de malla (pero se anotará esta particularidad).

- En el caso de estructuras de más de un tablero, en paralelo, se toma el ancho menor, medido en línea recta (si el tablero fuera curvo) cuando compartan al menos un estribo.
- En el caso de estructuras situadas bajo dos vías adyacentes, o dos plataformas separadas de la misma vía, se considerarán dos estructuras independientes cuando entre ellas haya una distancia mayor de 5 m o exista una mediana o franja de terreno que permita salir a los animales sin necesidad de cruzar las dos estructuras.

Indicaciones para medir la altura

- Se medirá siempre la altura máxima.
- No obstante, para que la medida o medidas que se tomen sean representativas de la estructura, en caso de presentar una altura variable:
 - Se medirán todas las pilas o estructuras de apoyo necesarias para ofrecer una altura promedio representativa.
 - En caso de no existir múltiples apoyos, se medirá la altura en tres puntos equidistantes y se calculará el valor promedio.

Particularidades para medir bóvedas

- Se mide la altura en el punto central y el ancho interior. Si es semicircular, se toma el radio y se calcula la sección.
- En bóvedas con sección rectangular debajo se medirá la altura de la sección rectangular y la altura máxima de la estructura para calcular la sección de forma más próxima a la real.

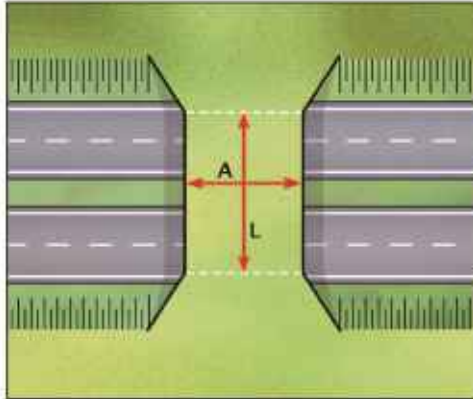
Recomendaciones para estructuras múltiples

- En todos los casos se indicará que se trata de una estructura múltiple (vanos separados por tabiques) y se indicará el número de ellos que componen la estructura.
- Se medirá la anchura de toda la estructura.
- Se medirá también cada celda o vano de forma independiente como si se tratara de estructuras simples.
- El índice de apertura se calculará a partir de la anchura total libre (efectiva) en la sección (la suma de las anchuras de cada celda). Si no pudiera seguirse este protocolo y el cálculo se realizara de otro modo, el procedimiento se indicará en un croquis.

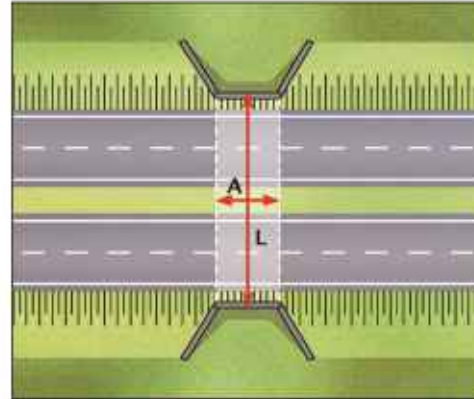
Documentación del procedimiento de medida empleado

- Si el protocolo de medida ha seguido algún criterio científico-técnico existente, se deberá detallar la referencia a dicha publicación y los motivos por los que dicho método ha sido elegido.
- Se documentará gráficamente el método empleado para medir la estructura. Bien mediante anotaciones sobre una fotografía en la que se aprecie claramente la forma de la estructura o, si esto no fuera posible, se elaborará un croquis detallado en el que figure claramente la infraestructura de transporte, la posición, morfología y dimensiones de la estructura de cruce y cualquier detalle que permita identificar inequívocamente cómo se han tomado los datos.
- Aunque lo habitual suele ser identificar geográficamente la estructura por el punto kilométrico que ocupa en la vía, es recomendable añadir la ubicación mediante coordenadas, de acuerdo a lo establecido en el plan de seguimiento ambiental. En el caso de efectuarse medidas en varios puntos, se indicará las coordenadas de cada uno de ellos.

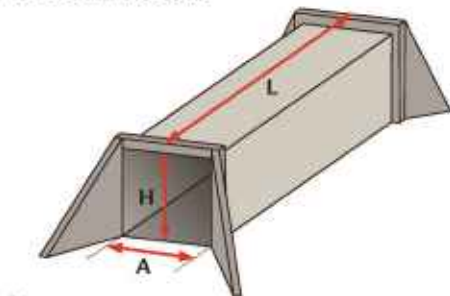
PASO SUPERIOR



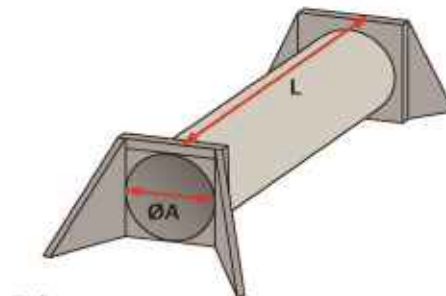
PASO INFERIOR



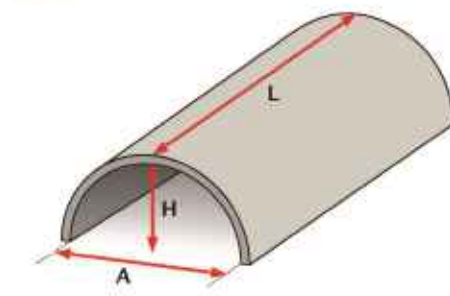
PASOS INFERIORES



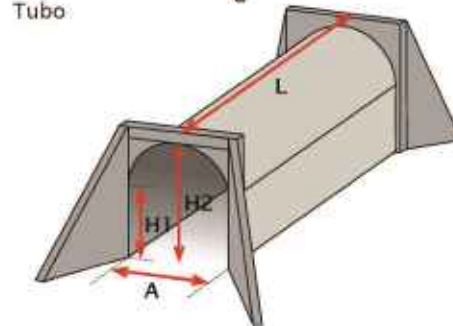
Marco



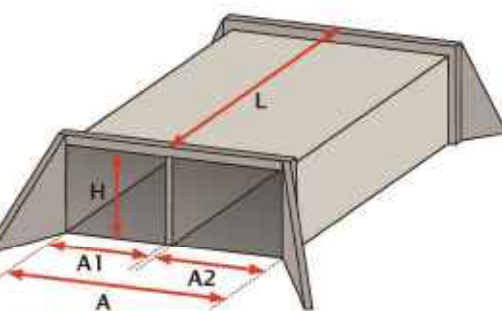
Tubo



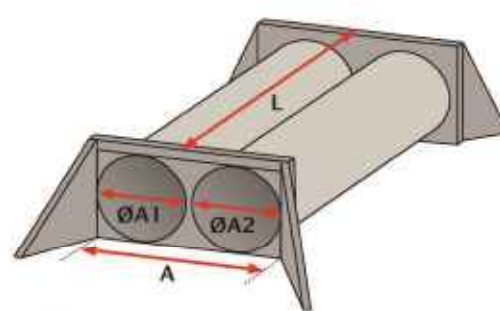
Bóveda



Bóveda con sección inferior rectangular

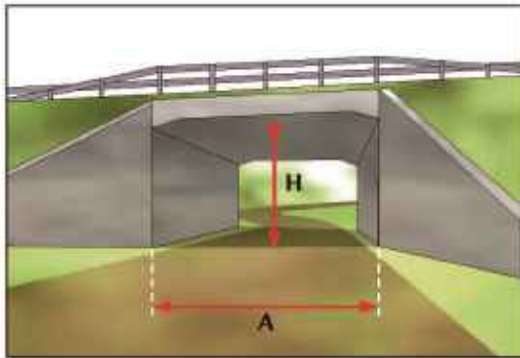


Múltiple - marcos

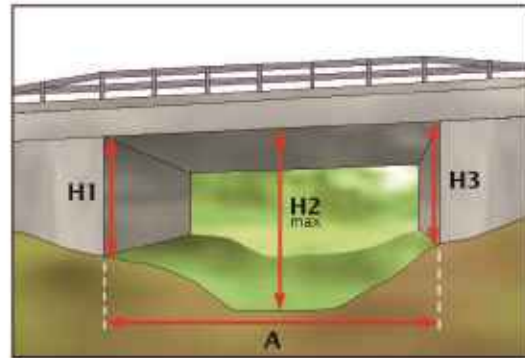


Múltiple - tubos

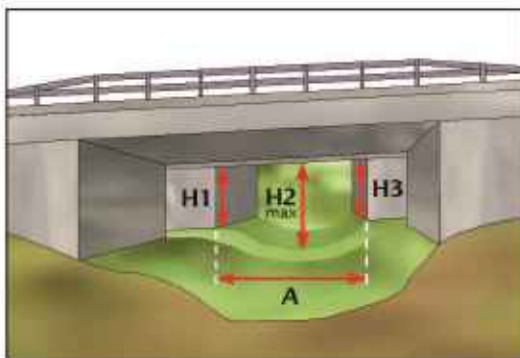
Figura 14.1. Medición de dimensiones en distintos tipos de estructuras de paso inferior. H es la altura, A es la anchura y L es la longitud. En el caso de estructuras cilíndricas el ancho corresponde con el diámetro de la estructura. Ilustraciones: Pep Gaspà (AT) y Carme Rosell (Minuartia).



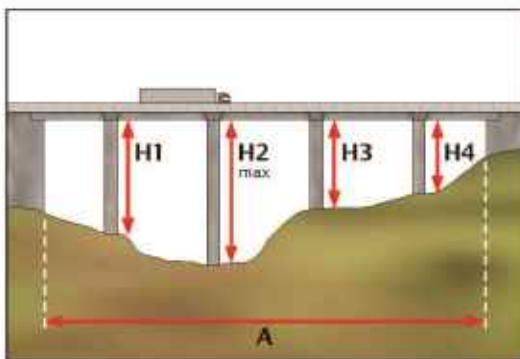
Pórtico



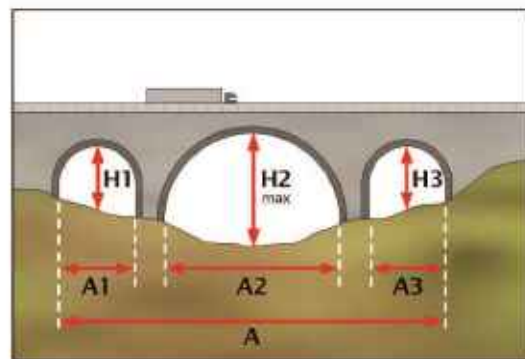
Tablero



Estructuras en dos vías adyacentes



Sobre pilas



Sobre arcos

Figura 14.1. Medición de dimensiones en distintos tipos de estructuras de paso inferior. En caso de aquellas que presentan altura variable (H_1 , H_2 , etc.), será necesario tomar varias medidas en diferentes partes de la estructura para caracterizarla de forma más fidedigna. Se registrará la altura máxima (H_{max}), así como la altura media, calculada a partir de las diferentes medidas de altura tomadas. En el caso de que la estructura esté soportada por pilas, se anotará la anchura total de la estructura (A). En caso de arcos sobre muros o tabiques, se considerarán las anchuras de cada una de las celdas o vanos (A_1 , A_2 , etc.), además de la anchura total. Ilustraciones: Pep Gaspà (AT) y Carme Rosell (Minuartia).

Objetivo

- Establecer pautas para la recogida de la información relevante sobre mortalidad de fauna en infraestructuras lineales de transporte.

Justificación

- Tanto el tráfico rodado, como las estructuras asociadas a las infraestructuras lineales de transporte (vallado perimetral, elementos aéreos de las líneas férreas, etc.) suponen un riesgo de mortalidad para múltiples especies de fauna. En relación con esta problemática se pueden distinguir cuatro aproximaciones diferentes al estudio o monitorización de la mortalidad de fauna en vías de transporte:

- Detectar los puntos negros de mortalidad: lugares en los que las colisiones y los atropellos de fauna son más elevados que en otros lugares.
- Evaluar la siniestralidad de las vías: accidentes con daños a vehículos o personas.
- Conocer las tasas de mortalidad de una especie o grupo de especies: número de animales muertos por kilómetro de vía.
- Conocer la efectividad de las medidas de mitigación del efecto barrera instaladas en las vías.

- Existen dos técnicas de muestreo frecuentemente usadas en la monitorización de la mortalidad:

- Recogida de observaciones casuales. Consiste en la anotación de las observaciones de animales atropellados sin ninguna pauta o esfuerzo de muestreo pre-determinado. Tiene como ventajas:
 - Acumulan gran cantidad de datos y, ocasionalmente, podría usarse para identificar puntos negros.
 - Recoge datos de especies que se atropellan escasamente.
 - Permite estimar la mortalidad de especies concretas, de las que se registran

todos los atropellos (lince, ungulados), por lo que puede resultar útil en estudios de siniestralidad.

- Debido a su sencillez, es fácil implicar a diferentes colectivos en la toma de datos.
- Muestreos sistemáticos mediante transectos. Consiste en la repetición pautada de un mismo recorrido con el objetivo de encontrar animales muertos. Dependiendo de las especies objetivo, los métodos y frecuencia de muestreo pueden variar. Por ejemplo, la detección de microquirópteros puede requerir el uso de patrullas caninas para detectar puntos negros de colisión de estas especies. El estudio de la mortalidad de anfibios, por su parte, requiere de una alta frecuencia de muestreo, ajustada a sus periodos de actividad. En términos generales, esta metodología requiere un mayor esfuerzo de muestreo y sirve para cualquiera de las cuatro motivaciones detalladas anteriormente porque:
 - Se conoce el esfuerzo de muestreo, por lo que la información es comparable entre tramos y entre estudios.
 - Se conoce la frecuencia de muestreo.
 - Tiene procedimientos específicos para evitar los dobles conteos.
 - Se conoce la escala espacio temporal (kilómetros de vía y duración del muestreo), lo que ayuda en las estimaciones de tasas de mortalidad para las épocas en las que se haya llevado a cabo el muestreo (véase siguiente párrafo).
- En el caso de querer estimar las tasas de mortalidad será necesario disponer de información de otros dos parámetros adicionales:
 - Tasa de desaparición: la persistencia del cuerpo del animal desde que este muere hasta que el observador lo encuentra. Generalmente se asocia a la acción de descomponedores y carroñeros.

Esta tasa es diferente para los distintos grupos animales, pues no permanecen el mismo tiempo los cuerpos de animales grandes que pequeños o de anfibios que de mamíferos, por lo que conocer la frecuencia de muestreo resulta fundamental. Estas tasas de desaparición pueden extrapolarse de estudios previos (véase Santos et al. 2011), o (preferiblemente) calcularse para cada caso de estudio.

- Tasa de detectabilidad: la capacidad del observador para detectar el cadáver. Mucho más compleja de estimar y diferente en función del tipo de muestreo que se haga, pues no se detecta la misma cantidad de animales atropella-

dos en los diferentes tipos de vía, o si el muestreo se hace andando, en bicicleta o en coche, entre otros. Dadas estas dificultades (difícilmente abordables sin asesoría o formación científica), se suele asumir que se detecta todo.

Método

- Se detallan dos ejemplos con el tipo de información mínima que es conveniente recoger en muestreos ocasionales y en transectos de muestreo. Existen, no obstante, aproximaciones más complejas y completas a la evaluación de la mortalidad de fauna en vías de transporte que no son

Ejemplo 1: RECOGIDA DE DATOS OCASIONALES

Datos

- Al ser un muestreo en el que no se recogen esfuerzos, por lo que tampoco se pueden estimar ausencias, bastaría con el registro de cada caso observado. Bastaría con una única tabla en la que deberá figurar, al menos, la siguiente información:
 - Especie: Nombre científico de la especie a la que pertenece el atropello. Si no se identifica a nivel de especie, se utilizará el nombre científico del nivel taxonómico alcanzado (Aves, Carnívora, etc.).
 - Número de individuos: no es raro que un mismo atropello o colisión dé lugar a varios cadáveres (bandos de aves, grupos familiares de mamíferos, etc.).
 - Vial: identificador del vial en el que se localiza el atropello. Es el mismo que se indica en la Ficha 1.
 - Coordenadas: de la ubicación del cadáver.
 - Fecha: día del hallazgo.
 - Hora: hora del hallazgo.
 - Ubicación: del animal (arcén, rodadura, mediana, junto al cerramiento, etc.).
 - Observador: persona que registra el dato.
- Se puede complementar con registros sobre características del animal (sexo, edad, etc.) o sobre el estado en el que se encuentra (reciente, antiguo, etc.), sobre los hábitats cercanos, la existencia de pasos de fauna, dispositivos anticollisión o cerramiento perimetral y su estado. Igualmente podrá usarse este campo para anotar el grado de incertidumbre asociado a la observación (p. ej. especie dudosa, coordenadas registradas en movimiento, etc.).
- Actualmente, hay numerosas aplicaciones para teléfonos móviles que facilitan la recogida de la información al completar de forma automática varios de esos campos, como la ubicación GPS, la fecha y hora, el observador, así como vinculando de forma inequívoca otros archivos como pueden ser las fotos que se tomen con el teléfono.
- Es importante señalar que la recogida de este tipo de información no deberá comprometer en ningún momento la seguridad del observador o de otros usuarios de la vía.
- De forma general, no deberá manipularse ni moverse el cadáver. La retirada de animales de las vías es competencia de las contratistas de conservación y explotación a las que habrá que dar aviso en caso de necesidad.

Ejemplo 2: RECORRIDOS BUSCANDO COLISIONES Y ATROPELLOS

Fundamento

- Se realiza mediante transectos fijos buscando animales muertos por colisión o atropello, que se repiten con una periodicidad dada. Los muestreos se pueden hacer de formas diferentes:
 - Andando: mucho más preciso, pero se cubre menos longitud de vial (pocos cientos de metros).
 - En bicicleta: menos preciso aunque se puede cubrir una longitud mayor (pocos kilómetros). No es posible en vías férreas.
 - En coche: es el menos preciso, pues normalmente no se detectan los animales de menor tamaño, pero permite recorrer distancias mayores (decenas de kilómetros). No es posible en vías férreas.
 - Mediante dispositivos transportados: la instalación de cámaras u otros dispositivos en el chasis del vehículo o en las vías, permite la grabación de colisiones y atropellos a lo largo de transectos de longitud conocida (véase García de la Morena 2017 y Sillero et al. 2018). Este método requiere de aproximaciones específicas a cargo de equipos entrenados.
- El método de muestreo a elegir estará en función del objetivo final y las especies

objetivo de cada muestreo. Por ejemplo, si se desea estimar el número de anfibios atropellados o detectar puntos negros para estas especies, lo normal sería realizar transectos andando o en bicicleta. Si, por otro lado, el objetivo es detectar puntos negros de atropello de carnívoros, el transecto deberá realizarse en coche, para abarcar más longitud de vial.

Datos

- En este caso sí disponemos de esfuerzos y podemos estimar ausencias. Como información básica siempre debe incluirse en los informes:
 - Especies objetivo. Puede ocurrir que el interés del muestreo se centre en un grupo específico de vertebrados. En este caso, indicar explícitamente las especies o grupos de especies de las que se anotan todas las observaciones (carnívoros, mamíferos, ungulados, lagomorfos, anfibios etc.).
 - Descripción detallada del recorrido que se realiza. Si se dispone de un recorrido GPS (*track*), debe guardarse en un sitio accesible e indicar cómo localizarlo.
 - Indicar el método de muestreo: andando, en bicicleta, en coche, etc.

NIVEL 1. MUESTREO					
Id_muestreo:	Vía:	Coord. inicio: X: Y:	Coord. fin: X: Y:		
NIVEL 2. VISITA					
Id_muestreo	Id_visita	Fecha	Hora Inicial	Hora final	Observador
NIVEL 3. REGISTRO (COLISIÓN O ATROPELLO)					
Id_muestreo	Id_visita	Id_registro	Coordenada X	Coordenada Y	
Especie		Número de individuos		Observaciones	

- Indicar la frecuencia de muestreo que se pretende realizar.
 - Indicar si los animales muertos se van a retirar o no del vial.
- Existen tres niveles de datos a recoger en este tipo de muestreos, que pueden ser almacenados en tres tablas relacionables con códigos únicos. Se indica la información mínima necesaria a reunir en cada nivel, aunque se pueden añadir otras variables:

- **Nivel 1:** Información del muestreo.

Cada recorrido tiene que poder caracterizarse e identificarse de forma inequívoca, sobre todo si se van a realizar diferentes tramos de muestreo a lo largo de uno o más viales. Esta tabla debe contener, al menos, los siguientes campos (se pueden añadir otros campos):

- **Id_muestreo:** identificador único de cada recorrido. Este valor (número o código alfanumérico) no puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar indudablemente ese recorrido.
- **Vial:** identificador del vial en el que se realiza el recorrido. Es el mismo que se indica en la Ficha 1. En esta tabla deberá repetirse tantas veces como recorridos se definan en ese vial.
- **Coordenadas de inicio y fin del recorrido.**

- **Nivel 2:** Caracterización de la visita.

Cada recorrido debe poder muestrearse en repetidas ocasiones, por lo que cada evento de muestreo deberá estar adecuadamente caracterizado e identificado de forma inequívoca:

- **Id_visita:** identificador único de cada evento de muestreo. Este valor (número o código alfanumérico) no puede nunca repetirse en esta tabla y servirá para identificar indudablemente este muestreo.
- **Id_muestreo:** Identificador del recorrido. Es exactamente el mismo que se

indicó en el nivel anterior. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como visitas hagamos en cada recorrido.

- **Fecha:** día, mes y año en el que se hace el muestreo (dd/mm/aaaa).
- **Hora inicio:** hora en la que se empieza a muestrear (hh:mm).
- **Hora fin:** hora en la que se termina el muestreo (hh:mm).
- **Observador:** persona que realiza el muestreo.

- **Nivel 3:** Caracterización de los atropellos y colisiones

Durante la realización de cada muestreo se obtendrán múltiples observaciones de atropello o colisión que deberán asociarse al evento de muestreo y, a su vez, al recorrido realizado. Cada cadáver deberá registrarse de forma independiente en la tabla, que deberá contener, al menos, los siguientes campos:

- **Id_individuo:** identificador único del individuo muerto. Puede grabarse el punto en un GPS y utilizar el identificador asignado por este (*waypoint*), siempre que este sea único. En este caso, se recomienda conservar el archivo del GPS, nombrándolo con el *id_visita* (que, como se ha visto, debe ser único para cada visita) y guardado en un lugar fácilmente accesible, que será detallado en la descripción del estudio.
- **Id_visita:** Identificador del muestreo. Es exactamente el mismo que se indicó en el nivel 2. No obstante, en esta tabla deberá repetirse tantas veces como atropellos o colisiones encontremos.
- **Coordenadas:** de la ubicación del cadáver. Es conveniente anotarlas incluso en el caso de que se opte por grabar la ubicación de cada indicio en un GPS.

- Especie: Nombre científico de la especie a la que pertenece el cadáver. Si no se identifica a nivel de especie, se consignará el nombre científico del nivel taxonómico alcanzado.
- Es muy recomendable realizar una foto del animal, incluyendo el identificador de la foto (p. ej. IMG_20201119.jpg) en el registro del individuo y guardar dicho archivo en un lugar fácilmente accesible, que será detallado en la descripción del estudio.
- Se puede complementar con información sobre características del animal (sexo, edad, etc.), sobre el estado en el que se encuentra (reciente, antiguo, etc. Véase recogida de datos ocasionales).

Fase de aplicación

- Explotación de la vía.

Frecuencia

- De forma general, se llevarán a cabo un mínimo de dos campañas por año. Los muestreos se deberán llevar a cabo preferentemente en primavera y otoño. No obstante, los períodos de prospección deberán adaptarse a otros parámetros, como la variación de la intensidad de tráfico estacional (p.ej. zonas litorales con elevada intensidad de tráfico en verano) o el ciclo vital de la especie de interés (p. ej. anfibios, véase Justificación).
- En tramos de alta siniestralidad o con afección a especies en peligro de extinción podrá ser necesario incrementar el número de campañas de seguimiento, así como llevarlas a cabo en los períodos más aconsejables según el ciclo biológico y ritmos de actividad de las especies objetivo.

Indicadores

- Para la obtención de indicadores fiables será necesario llevar a cabo muestreos sis-

temáticos con control de sesgos (véase Método). A partir de esa información podrá calcularse la tasa de atropellos por unidad de longitud y tiempo para cada especie.

Umbrales de efectividad

- El seguimiento permitirá identificar tramos de la vía en los que se producen de forma reiterada atropellos. En estos tramos se deberán poner en marcha acciones encaminadas a reducir el número de atropellos. Dichas acciones se emprenderán cuando se superen determinados umbrales de siniestralidad (véase justificación), o grado de afección a la biodiversidad local, siendo más exigentes en el caso de especies especialmente sensibles a la mortalidad por atropello como los anfibios y reptiles, o amenazadas (p. ej. lince ibérico *Lynx pardinus*).
- En términos generales, el establecimiento de umbrales a partir de los cuales se plantearán actuaciones, no son generalizables y deben ser particularizados para cada tramo objeto de seguimiento a propuesta de los expertos encargados de las tareas del seguimiento ambiental y de las administraciones competentes.

Informes

- Los datos recogidos de forma sistemática acerca del atropello de fauna en la infraestructura, así como las posibles causas (p.ej. cerramiento perimetral mal anclado al suelo) y las medidas adoptadas (p.ej. anclaje del cerramiento) se incluirán en los informes perceptivos. En cada uno de los informes se adjuntará una base de datos con todos los registros (datos brutos) relativos al seguimiento de los atropellos (véase ejemplo 2).
- Si se detectan atropellos reiterados de especies prioritarias, se realizará de forma inmediata un informe extraordinario de carácter específico para que se adopten las medidas oportunas lo más prontamente posible. Igualmente se podrían requerir estudios complementarios específicos.

Datos ocasionales. Modelo de ficha

Observador:	Fecha:	Hora:	
Vía:	Coordenada X:	Coordenada Y:	
Especie	Individuos:	Ubicación cadáver	Observaciones



Figura 15.1. Sapo corredor (*Epidalea calamita*) en carretera y señal de advertencia situada en la Reserva Biológica de Doñana, CSIC, para evitar el atropello de anfibios . Fotos: Jacinto Román.



Figura 15.2. Videocámara en poste de catenaria y videocámaras en traza del AVE para conocer la siniestralidad asociada a este tipo de vías. Foto: Life Impacto Cero (LIFE12 BIO/ES/0000660).

Objetivo

- Introducir en los pliegos técnicos de conservación integral de las vías aquellos elementos del seguimiento que sean de interés para conocer, prevenir, minimizar y, en su caso, corregir, el efecto a largo plazo de la infraestructura sobre la fauna. Dentro de este objetivo general podemos distinguir:
 - Objetivos básicos aplicables a todas las vías, que sería fácil incluir por encontrarse ya en los pliegos de conservación integral de vías, o por similitud con los que ya aparecen en ellos:
 - Mantenimiento de las diferentes estructuras asociadas al vial (drenajes, balsas, luminarias, barreras sonoras, cerramientos, dispositivos de escape y anticolidión, pasos de fauna y sus accesos, incluyendo desbroces y revegetaciones y otras adecuaciones); atropello de vertebrados de mediano y gran tamaño, gestión de derrames y otros contaminantes.
 - Objetivos avanzados aplicables a casos concretos: gestión de especies exóticas invasoras (EEI), gestión de especies conflictivas, gestión de los impactos asociados a la frecuentación antrópica, como la gestión de restos orgánicos, impidiendo su acceso a fauna que potencialmente puede verse atraída por ese recurso (osos, jabalíes, zorros, etc.), mantenimiento de setos verdes y otras estructuras antiincendios (véase Ministerio para la Transición Ecológica 2109a). Asimismo, se establecerán tareas específicas de seguimiento cuando, al finalizar el período de controles previstos para la fase de explotación en el marco del PVA, se determine la necesidad de continuar con el seguimiento de algún aspecto concreto. Un ejemplo podría ser el seguimiento de estructuras destinadas al paso de fauna que, después de haberse mostrado ineficaces, hayan sido modificados para fomentar su uso por parte de las especies o grupos de referencia a los que se destina la estructura.

Método

- En todos los casos incluidos en el primer objetivo, los métodos de control se adaptarán a los descritos en las correspondientes fichas. Básicamente se tratará de aplicar listas de chequeo que permitan una revisión sistemática de todos los aspectos relacionados con la conservación del cerramiento (Ficha 12) y de los pasos de fauna y sus accesos (Ficha 11), así como de incluir un registro sistemático de la recogida de cadáveres de animales localizados en la vía y sus márgenes, que incluya la identificación de la especie (Ficha 15).
- Para facilitar la ejecución de estas tareas por parte de equipos no especializados será de utilidad dotarlos de la documentación específica que pudiera ser necesaria (identificación de fauna o flora, estado óptimo de banquetas laterales u otras estructuras específicas de los pasos, etc.).
- Igualmente, se recomienda la aportación de todos los materiales y vínculos necesarios para la coordinación con las administraciones competentes en la ejecución de aquellas tareas (gestión de EEI, restos orgánicos, estructuras antiincendios, etc.), que requieran protocolos específicos.
- Es recomendable, asimismo, establecer la coordinación con centros de recuperación de fauna silvestre que puedan hacerse cargo de la recepción de animales heridos, así como de los cadáveres de los individuos pertenecientes a especies o grupos de fauna de especial interés. Esta práctica permite realizar estudios posteriores y aprovechar al máximo la información que pueda derivarse de la inspección de los cadáveres.

Fases de aplicación

- Fundamentalmente durante la fase de explotación, pero ampliables a otras fases.

Frecuencia

- En relación a los objetivos básicos, las frecuencias exigidas para la mayoría de las tareas presentes en el mantenimiento son apropiadas para los objetivos perseguidos en el contexto de un PVA para la fauna: vigilancia diaria y respuesta inmediata para situaciones que pueden afectar a la seguridad vial (animales atropellados, grandes desperfectos), inspecciones trimestrales o anuales de elementos estructurales y de los accesos (apuntamiento de luminarias, integridad de las barreras sonoras, pequeñas afecciones al cerramiento de la vía o de los pasos de fauna, desbroces, revegetaciones, puentes, taludes, etc.).

Indicadores

- Se aplicarán, para cada caso, los mismos indicadores definidos para las tareas de control realizadas en el marco del PVA.

Umbrales

- Se establecerán de acuerdo con los resultados del seguimiento aplicado en el marco del PVA durante la fase de explotación.

Informes

- La práctica habitual actualmente es la emisión de informes mensuales de recopilación de resultados globales, así como de informes anuales que sintetizan los resultados obtenidos a lo largo de un año. La evaluación mensual de los datos es la más adecuada para poder aplicar medidas inmediatas de reparación de desperfectos o en caso de que se presenten situaciones como el atropello de especies de especial interés de conservación.

Modelo de lista de chequeo

Seguimientos integrados en los contratos de conservación integral

- 1. Seguimiento del estado del cerramiento.
- 2. Seguimiento de los atropellos de fauna.
- 3. Seguimiento de ruidos y contaminación lumínica.
- 4. Seguimiento de contaminación de aguas superficiales por posibles derrames accidentales.
- 5. Seguimiento de la erosión y sedimentación de los márgenes de la carretera.
- 6. Seguimiento de las medidas para evitar la propagación de incendios.
- 7. Seguimiento del drenaje superficial y subterráneo, tanto longitudinal como transversal a la carretera.
- 8. Seguimiento de especies exóticas invasoras asentadas en el dominio público.
- 9. Seguimientos de la fauna que utiliza los márgenes de la carretera como hábitat.

1

Presentación

2

Seguimiento
y vigilancia

3

Análisis de
seguimientos

4

Diseño de
muestreos

5

Fichas
descriptivas

6

Bibliografía y
Apéndice

Bibliografía

- Andrews, K.M. et al. 2015. Roads and ecological infrastructure: concepts and applications for small mammals. Johns Hopkins University Press.
- Berrocoso et al. 2004. El Sistema de Posicionamiento Global. Universidad de Cádiz. 174 pp.
- BOE 2019. Orden TEC/596/2019, de 8 de abril, por la que se modifica el anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. BOE 134: 58611-58615.
- Brown et al. 2003. Huellas y señales de las aves de España y de Europa. Omega, 334 pp.
- Calzada, J. y Fernández, A. 2003. Guía de los indicios de los mamíferos de la Península Ibérica, islas Baleares y Canarias. Galemys 15: 43-48. Véase edición virtual en *Normas de Publicación*: <http://www.secem.es/guiadeindiciosmamiferos/>
- Carrascal, L.M. y Palomino D. 2008. Las aves comunes reproductoras en España. Población en 2004-2006. SEO/Birdlife. Madrid. (véase plantilla de habitats en <https://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/04/Excel-h%C3%A1bitats-SEO5.pdf>)
- Clavero, M., Blanco-Garrido, F, and Prenda, J. 2006. Monitoring small fish populations in streams: A comparison of four passive methods. Fisheries Research 78: 243-251.
- D'Amico et al. 2015. General versus specific surveys: estimating the suitability of different road-crossing structures for small mammals. Journal of Wildlife Management 79: 854-860.
- D'Amico, M., Periquet, S., Roman, J., y Revilla, E. 2016. Road avoidance responses determine the impact of heterogeneous road networks at a regional scale. Journal of Applied Ecology 53: 181-190
- García, M. R. 2018. Recomendaciones para la integración del paisaje en los proyectos. CEDEX, Ministerio de Fomento. 168 pp.
- Davies, C.E., Moss, D. & Hill, M.O. (2004). EUNIS Habitat Classification Revised 2004. Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. European Environment Agency. Clave dicotómica online: <http://eunis.eea.europa.eu/habitats-key.jsp>
- García de la Morena, E.L. et al. 2017. On-board video recording unravels bird behavior and mortality produced by high-speed trains. Frontiers in Ecology and Evolution 5: 117.
- Grilo, C. et al. 2015. No evidence of a threshold in traffic volumen affecting road-kill mortality at a large spatio-temporal scale. Environmental Impact assessment review 55: 54-58.
- Life + Iberlince (LIFE10NAT/ES/570). 2019. Protocolo de desfragmentación de hábitats en vías de comunicación y conectividad. Dirección General de Medio Ambiente de la Consejería de Medio

- Ambiente y Rural, Políticas Agrarias y Territorio. Junta de Extremadura. 155 pp.
- Manly, B.F.J. y Navarro, J. A. 2015. Introduction to Ecological Sampling. CRC Press.
- Martín, F. 1990. Geodesia y Cartografía Matemática. Paraninfo, 422 pp.
- Matos, C. et al. 2012. Spatial analysis of amphibian road mortality levels in northern Portugal country roads. *Amphibia-Reptilia* 33: 469-483.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2016. Caracterización de estructuras potenciales para el paso de fauna. Actuación n.º 8 de la encomienda de gestión al CEDEX para la realización de trabajos de asistencia técnica de la dirección general de calidad y evaluación ambiental y medio natural (2014-2016). [Inédito](#).
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2008. Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 2. O.A. Parques Nacionales. 138 pp. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente 2015. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. O.A. Parques Nacionales. 108 pp. Madrid.
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2017. Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESPE). Ministerio para la Transición Ecológica.
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2018. Análisis de resultados de la caracterización de estructuras transversales potenciales para el paso de fauna identificadas en un muestreo en infraestructuras lineales de transporte de España. [Inédito](#).
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2019a. Efectos de borde y efectos en el margen de las infraestructuras de transporte y atenuación de su impacto sobre la biodiversidad. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 7. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid. 98 pp.
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2019b. Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos. (véanse plantillas de campo incluidas en este documento).
- Montoya, J.M. 1995. La práctica de campo en los censos de fauna. Errores típicos de muestreo. *Ecología* 9:343-352.
- O'Brien, E., van der Grift, E., Elmeros, M., Wilson-Parr, R., Carey, C. 2018. The Roads and Wildlife Manual. Conference of European Director of Roads.
- Rytwinski, T. and Fahrig, L. 2012. Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation* 147: 87-98.
- Rytwinski et al. 2015. Experimental study designs to improve the evaluation of road mitigation measures for wildlife. *Journal of Environmental Management* 154.
- Rytwinski et al. 2016. How Effective Is Road Mitigation at Reducing Road-Kill? A Meta-Analysis. *PLoS ONE* 11(11): e0166941.
- Santos, R.A.L. et al. 2011. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLoS ONE* 6(9): e25383.

- Sawaya, M.A. et al. 2019. Demographic fragmentation of a protected wolverine population bisected by a major transportation corridor. *Biological Conservation* 236: 616-625 100).
- Sillero, N.; Ribeiro, H.; Franch, M.; Silva, C.; Lopes, G. 2018: A road mobile mapping device for supervised classification of amphibians on roads. *European Journal of Wildlife Research* 64 (6): 77.
- Tellería, J.L. 1986. Manual para el censo de los vertebrados terrestres. Raíces, Madrid. 278 pp.
- Tellería, J.L. 2012. Introducción a la conservación de las especies. Tundra, Valencia. 320 pp.
- Valladares, F., Gil-Hernández, P.M. y Forner, A. (Coord.). 2017. Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 357 pp.
- van der Ree et al. 2015. Good Science and Experimentation are Needed in Road Ecology. En van der Ree, Smith y Grilo (Eds). *Handbook of road ecology*. Wiley and Sons.
DOI: 10.1002/9781118568170.ch10.

Apéndice

Tabla S1. Resultados de los análisis de intensidad de uso de las estructuras de cruce por parte de distintas especies o grupos de especies, a partir de la agrupación de taxones mostrada en la Tabla 1 como Grupo 2. La tabla resume los resultados del proceso de análisis, mostrando, de forma simplificada, únicamente los del modelo con más apoyo de entre todos los probados para cada especie o grupo de especies. Para cada modelo se indica la relación de los predictores con la intensidad de uso cuando esta fue estadísticamente significativa, quedando las celdas rellenas de gris en los casos en los que no lo fue. Para los predictores numéricos (variables continuas: días activo, medidas de la estructura) se indica si la relación fue positiva (POS) o negativa (NEG). Para los predictores cualitativos (no numéricos): tipo de estructura (véase Ficha 13 para abreviaturas, excepto viaducto -VIA-, TÚNEL y falso túnel -FTUNEL-), método (MARMolina, FOTotrampeo, o su COMbinación), se indica qué categorías destacaron por resultar en más o menos intensidad de uso, marcándolas con + ó -, respectivamente.

Grupo 2	Paso	N	Tipo de estructura	Método	Días activo	Anchura	Longitud	Altura	Anchura x Tipo	Notas
Zorro	Superior	154			NEG	POS				
Zorro	Inferior	901	+PIF, +ODF	+MAR	NEG	POS			SI	1
Tejón	Superior	82		+COM	NEG					
Tejón	Inferior	735	-PI, -PIM		NEG					
Martas	ambos	400		+COM	NEG					2
Gineta	ambos	207		+COM	NEG					3
Lince	ambos	180								4
Pequeños mustélidos	ambos	163			NEG					5
Gato montés	ambos	70								6
Jabalí	ambos	149	+Eco, +PSM	+COM, -MAR						7
Corzo	ambos	116	+Eco, +FTúnel, +PSM							8
Ciervo y gamo	ambos	61	+Vía							9
Pequeños mamíferos	Superior	186		-FOT	NEG					
Pequeños mamíferos	Inferior	1312	+OD	+MAR	NEG					
Conejo	Superior	72	+Túnel	+COM						
Conejo	Inferior	367		+MAR	NEG					
Liebres	Superior	157	+Túnel	+COM						
Liebres	Inferior	157			NEG			NEG		
Erizo	Inferior	247		+MAR	NEG					
Reptiles	Superior	57			NEG					
Reptiles	Inferior	459			NEG			NEG		
Anfibios	Superior	42	+PSM		NEG					
Anfibios	Inferior	430			NEG					
Paseriformes	Superior	39								10
Paseriformes	Inferior	310			NEG	POS				
Otras aves	Superior	17								11
Otras aves	Inferior	225								12
Personas	Superior	168								13
Personas	Inferior	459	+PI, +PIM, +Vía	+FOT	NEG	POS				
Vehículos	Superior	157								14
Vehículos	Inferior	343	+PI, +PIM							
Perros	Superior	130								15
Perros	Inferior	689	+PI, +PIM, -Vía		NEG		NEG			
Gatos	Superior	81			NEG					
Gatos	Inferior	542	+PI		NEG					

Notas:

1. Relación uso-anchura clara para OD, ausente en PIEF y Viaducto.
2. Solo 48 registros de pasos superiores.
3. Solo 31 registros de pasos superiores.
4. Solo fototrampeo (no se analiza método), solo dos registros de pasos superiores. Ninguna variable con efecto significativo.
5. Solo 13 registros de pasos superiores.
6. Ninguna variable con efecto significativo.
7. Solo 31 registros de pasos superiores.
8. Solo 33 registros de pasos superiores.
9. Solo 17 registros de pasos superiores.
10. El bajo número de registros indica que estos pasos pasan desapercibidos.
11. Igual que en paseriformes.
12. Ninguna variable con efecto significativo.
13. Ninguna variable con efecto significativo.
14. Ninguna variable con efecto significativo.
15. Ninguna variable con efecto significativo.

Tabla S2. Resultados de los análisis de intensidad de uso de las estructuras de cruce por parte de conjuntos de especies relativamente homogéneos, realizados independientemente para distintos tipos de estructura. La tabla resume los resultados del proceso de análisis, mostrando, de forma simplificada, únicamente los del modelo con más apoyo de entre todos los probados para cada especie o grupo de especies. Para cada modelo se indica la relación de los predictores con la intensidad de uso cuando esta fue estadísticamente significativa, quedando las celdas rellenas de gris en los casos en los que no lo fue. Para los predictores numéricos (variables continuas: días activo, medidas de la estructura) se indica si la relación fue positiva (POS) o negativa (NEG). Para los predictores cualitativos (no numéricos): método (MARmolina, fototrampeo o su combinación), se indica qué categorías destacaron por resultar en más o menos intensidad de uso, marcándolas con + ó -, respectivamente.

Grupo	Tipo	N	Tipo de estructura	Método	Días activo	Anchura	Longitud	Notas
Carnívoros	OD	1501		+MAR	NEG	POS	POS	
Ungulados	OD	89		-MAR				
Pequeños mamíferos	OD	82		+MAR	NEG			
Carnívoros	PI	1172			NEG			
Ungulados	PI	143						1
Pequeños mamíferos	PI	555			NEG			
Carnívoros	PS	293			NEG		POS	
Pequeños mamíferos	PS	187			NEG			2

Notas:

1. Ninguna variable con efecto significativo.
2. Ninguna variable con efecto significativo.



Otros documentos de la serie:

Disponibles también en soporte digital en la Web del
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

1

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PASOS DE FAUNA Y VALLADOS PERIMETRALES
(SEGUNDA EDICIÓN, REVISADA Y AMPLIADA)

2

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS
MEDIDAS CORRECTORAS DEL EFECTO BARRERA DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

3

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS EN
LAS FASES DE PLANIFICACIÓN Y TRAZADO

4

INDICADORES DE FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS CAUSADA POR
INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE

5

DEFRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS. ORIENTACIONES PARA REDUCIR LOS EFECTOS DE LAS
CARRETERAS Y FERROCARRILES EN FUNCIONAMIENTO

6

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR PARA REDUCIR LOS IMPACTOS DE LAS
INFRAESTRUCTURAS LINEALES DE TRANSPORTE EN LA BIODIVERSIDAD

7

EFFECTOS DE BORDE Y EFFECTOS EN EL MARGEN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE Y
ATENUACIÓN DE SU IMPACTO SOBRE LA BIODIVERSIDAD

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA HACER EFECTIVOS LOS SEGUIMIENTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL EFECTO BARRERA DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE (DISEÑO, DOCUMENTACIÓN Y ARCHIVO DEL SEGUIMIENTO AMBIENTAL) es el documento número 8 de la serie *Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte* que se elabora en el marco del grupo de trabajo sobre esta temática. Este grupo integra representantes de las administraciones de transporte y medioambiente de todas las comunidades autónomas y del Estado, depende de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad y lo coordina la Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina, de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

En este nuevo libro se hace un metanálisis de seguimientos ambientales en infraestructuras lineales de transporte y se ofrece un conjunto de prescripciones y recomendaciones para mejorar la estandarización de la toma de datos en los seguimientos ambientales, incluyendo conceptos básicos y metodologías de diseño experimental para el seguimiento de la efectividad de las medidas de mitigación del efecto fragmentador de estas infraestructuras.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Centro de Publicaciones
Plaza de San Juan de la Cruz, 10 - 28003 Madrid