

## Movilidad sostenible: atenuación del impacto de la infraestructura de transporte por carretera en la flora y la fauna

**Vanessa Peters**, Analista de políticas de programas, Programas de transporte y de infraestructura, Transport Canada, Canadá  
**Éric Guinard**, Jefe de proyectos, Doctor en ecología, Líder del Grupo de Trabajo 3.4.3 de PIARC, Cerema, Francia  
**Éric Dimnet**, Responsable de Movilidad de la Comisión General para el Desarrollo Sostenible, Ministerio de Transición Ecológica, Francia, Presidente del Comité Técnico 3.4 *Sostenibilidad ambiental en la infraestructura vial y el transporte* de PIARC

Ilustraciones © Autores

Según el país, las carreteras y el tráfico causan desde cientos de miles hasta cientos de millones de víctimas anuales en la fauna (ilustración 1). Estas pérdidas constituyen una creciente preocupación global, puesto que la expansión de la red de carreteras internacional avanza a un ritmo sin precedentes y se concentrará principalmente en países de bajos ingresos, caracterizados por ecosistemas de una riqueza biológica y medioambiental incomparable.



Vanessa Peters



Éric Guinard



Éric Dimnet

Esta preocupación concentra la atención del CT3.4 *Sostenibilidad ambiental en la infraestructura vial y el transporte* de PIARC y, en concreto, del grupo de trabajo 3.4.3, que ha estado investigando sobre este tema a lo largo del ciclo 2019-2023 en colaboración con Transport Canada.

Si bien las infraestructuras viales juegan un papel crucial en las economías locales, regionales y mundiales, las carreteras también imponen modificaciones espacio-temporales inevitables en los paisajes que provocan efectos a largo plazo. En la segunda mitad del siglo XX, la progresiva toma de conciencia del impacto de las carreteras en el medioambiente generó un nuevo ámbito de estudio: la **ecología vial**. Esta ciencia cuantifica el alcance y la magnitud de los efectos ecológicos de las infraestructuras viales y propone soluciones para atenuarlos [1].

La ecología vial (ilustración 2) aporta aclaraciones y consideraciones valiosas a través de la **Evaluación de impacto ambiental** (EIA), que es un proceso que analiza las potenciales consecuencias medioambientales de la ejecución de un proyecto [2]. Es esencial que los agentes especializados en medioambiente, como los ecólogos, trabajen en coordinación con los planificadores y diseñadores de carreteras en todas las fases del ciclo de un proyecto, comenzando por la inicial. La EIA determinará la combinación de medidas de atenuación más eficaz, teniendo en cuenta que puede que no todas ellas sean igualmente eficaces y que sus efectos pueden variar según las especies. También sugerirá **medidas correctoras** que atenúen al máximo el impacto medioambiental para que el proyecto tenga un mínimo de efectos desfavorables [2].



Ilustración 1 – Mortalidad animal debida al tráfico

### JERARQUÍA DE ATENUACIÓN: CÓMO GESTIONAR LOS RIESGOS RELATIVOS A LA BIODIVERSIDAD

La **jerarquía de atenuación** es un enfoque sistemático que integra todas las consideraciones medioambientales en el proceso de desarrollo de las carreteras. Su objetivo es la gestión de los riesgos relativos a la biodiversidad poniendo el foco en las buenas prácticas. Para ello, en primer lugar intenta evitar, a continuación reducir, luego restaurar o rehabilitar y, finalmente, cuando se agotan las opciones anteriores, compensar el impacto de la carretera para así lograr una ausencia de pérdida neta de biodiversidad [2, 3, 4] (ilustración 3):

- **Prevención:** evitar el impacto medioambiental excluyéndolo de las consideraciones relativas al

emplazamiento del proyecto (por ejemplo, protección de todo el emplazamiento mediante la reubicación o el replanteamiento del proyecto).

- **Reducción:** minimizar el impacto medioambiental reduciendo la duración, la intensidad o el alcance de las actividades que no pueden evitarse completamente (por ejemplo, conservación de hábitats estratégicos).
- **Restauración/rehabilitación:** mantenimiento de las zonas afectadas, en las que no se haya podido evitar o reducir el impacto, en un estado similar o mejor que el anterior a las actividades del proyecto (por ejemplo, rehabilitación de hábitats degradados). En Europa, la restauración/rehabilitación se considera una medida de reducción.
- **Offset/compensación:** medidas compensatorias tomadas para contrarrestar cualquier efecto residual especialmente desfavorable que no haya podido evitarse o reducirse (ni restaurarse, ni rehabilitarse) con el fin de lograr una ausencia de pérdida neta de biodiversidad e incluso un aumento neto de biodiversidad (por ejemplo, translocación y/o reintroducción de especies).

En general, las primeras etapas de la jerarquía de atenuación son objeto de mayor atención, sobre todo en presencia de elementos de biodiversidad de gran valor, con el objetivo de limitar el riesgo de pérdida [2]. No existe consenso en relación al modo o al calendario de aplicación de este enfoque. Lo principal es establecer debates abiertos con los distintos agentes para determinar el momento adecuado para pasar al siguiente nivel de la jerarquía. Estos debates deben tener en cuenta las siguientes consideraciones [3]:

- La importancia o el valor de la biodiversidad en cuestión.
- La medida en que la biodiversidad en cuestión puede ser sustituida o reemplazada mediante la aplicación de técnicas conocidas.

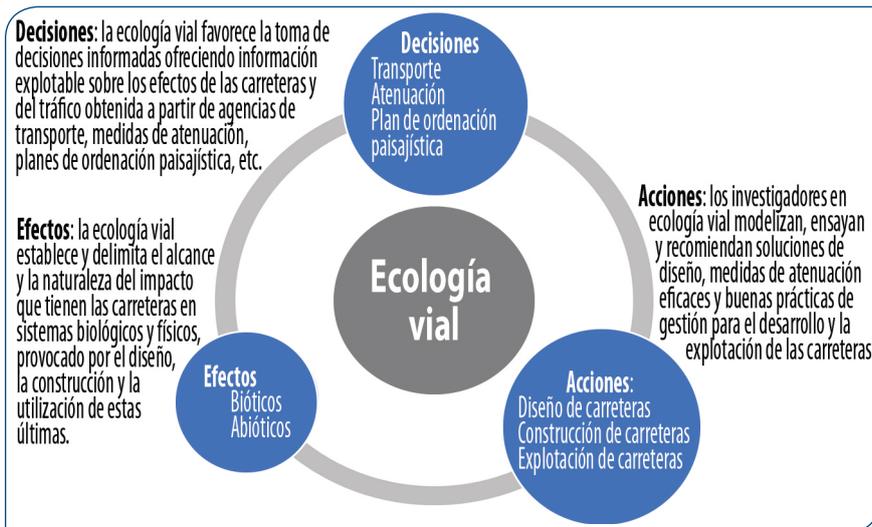


Ilustración 2 – Marco conceptual de la ecología vial (adaptación de [1])

- El nivel de inversión o el nivel de esfuerzo asociado a las distintas etapas y cuestionamiento de su proporcionalidad y su adecuación respecto a los beneficios potenciales para la biodiversidad.
- Los beneficios potenciales para la biodiversidad respecto a los costes que implica la aplicación de las distintas etapas de la jerarquía de atenuación.

### MEDIDAS DE ATENUACIÓN: CÓMO LIMITAR EL IMPACTO DE LAS CARRETERAS EN LA BIODIVERSIDAD

Las infraestructuras de transporte modifican y fragmentan considerablemente los hábitats, lo que genera una pérdida de biodiversidad y una degradación medioambiental. Para atenuar el impacto de las infraestructuras viales en los hábitats, además de llevar a cabo iniciativas de mejora de la seguridad vial y reducir la incidencia del tráfico en las poblaciones animales mediante la reducción de la mortalidad relacionada con el tráfico [5] (ilustración 4), también es posible tomar medidas que generen uniones entre los hábitats fragmentados. Las medidas de atenuación pueden combinar varias de estas iniciativas y son potencialmente capaces de minimizar el efecto de las carreteras, dependiendo de su propósito y de la biodiversidad presente en la zona. Sin embargo, la presencia de medidas de atenuación en un proyecto vial determinado no necesariamente se traduce en la atenuación de todos sus efectos ni conlleva el avance del proyecto [2].

#### Reducción de la mortalidad

Las siguientes medidas tienen por objetivo la reducción del número de muertes de animales en la carretera (o colisiones entre animales y vehículos, CAV), lo

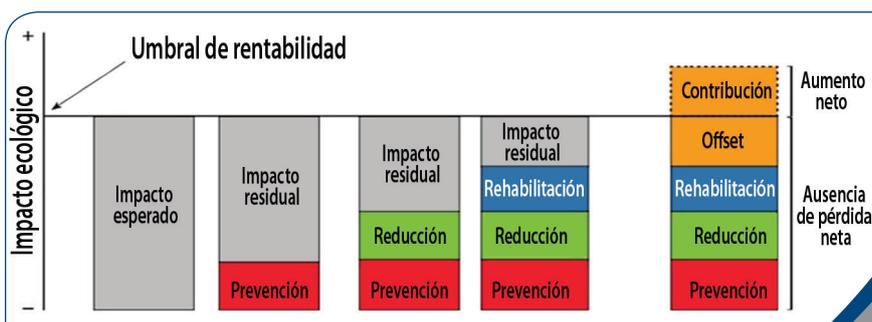


Ilustración 3 – Jerarquía de atenuación ([2] adaptación de [3 y 4])

que evitaría la extinción local de poblaciones vulnerables. Hay varios manuales disponibles que detallan su diseño y construcción [5, 6].

- **Vallas:** barreras físicas que reducen la movilidad de la fauna por la infraestructura de transporte y están diseñadas para guiarla hasta el paso.
- **Advertencias:** señalización vial destinada a que los usuarios de la carretera cambien su comportamiento, es decir, reduzcan la velocidad y aumenten su atención para evitar el riesgo de CAV.
- **Sistemas de disuasión de la fauna:** señales o dispositivos destinados a generar miedo o incomodar a los animales para aumentar su atención o conseguir una respuesta de huida por su parte.
- **Desbroce:** limpieza de márgenes para que los animales sean más visibles para los conductores, lo que podría reducir el número de CAV.
- **Selección y plantación de vegetación:** selección para los márgenes de plantas que no atraigan a los animales (evitando o limitando la introducción de especies vegetales exóticas invasivas), lo que podría reducir el número de CAV.
- **Pantallas acústicas:** barreras instaladas a lo largo de la carretera cerca de viviendas para reducir el ruido del tráfico para los residentes y proteger las colonias de reproducción aviar.
- **Montículos de tierra:** estructuras elevadas sobre los márgenes que simulan una «carretera enterrada» para crear un corredor de vuelo sobre el tráfico que permita

reducir el riesgo de mortalidad de los vertebrados voladores.

- **Adaptación de bordillos y drenajes:** modificación de componentes de la infraestructura vial para ayudar a que los animales de pequeño tamaño puedan escapar de dichas estructuras, en las que a menudo quedan atrapados y mueren.
- **Adaptación de la iluminación:** modificación del sistema de iluminación de la carretera para limitar su efecto en la fragmentación de los hábitats y la biodiversidad (aves nocturnas).
- **Retirada de carcasas:** retirada de animales muertos de la carretera para no atraer a carroñeros a los márgenes, generando un riesgo de CAV.

## Creación de conexiones

Las medidas descritas anteriormente se dirigen a la reducción del número de muertes de animales en las carreteras, pero también apoyan los esfuerzos por conservar la biodiversidad restableciendo la conectividad ecológica interrumpida por la infraestructura vial. La **conectividad ecológica** se define como «el libre movimiento de las especies y el flujo de los procesos naturales que sostienen la vida en la Tierra» [6].

El impacto de las carreteras en la biodiversidad depende en gran medida de las características de estas (por ejemplo, densidad del tráfico y tipo de infraestructura) y de las especies de la zona afectada (por ejemplo, movilidad y comportamiento respecto al tráfico y a

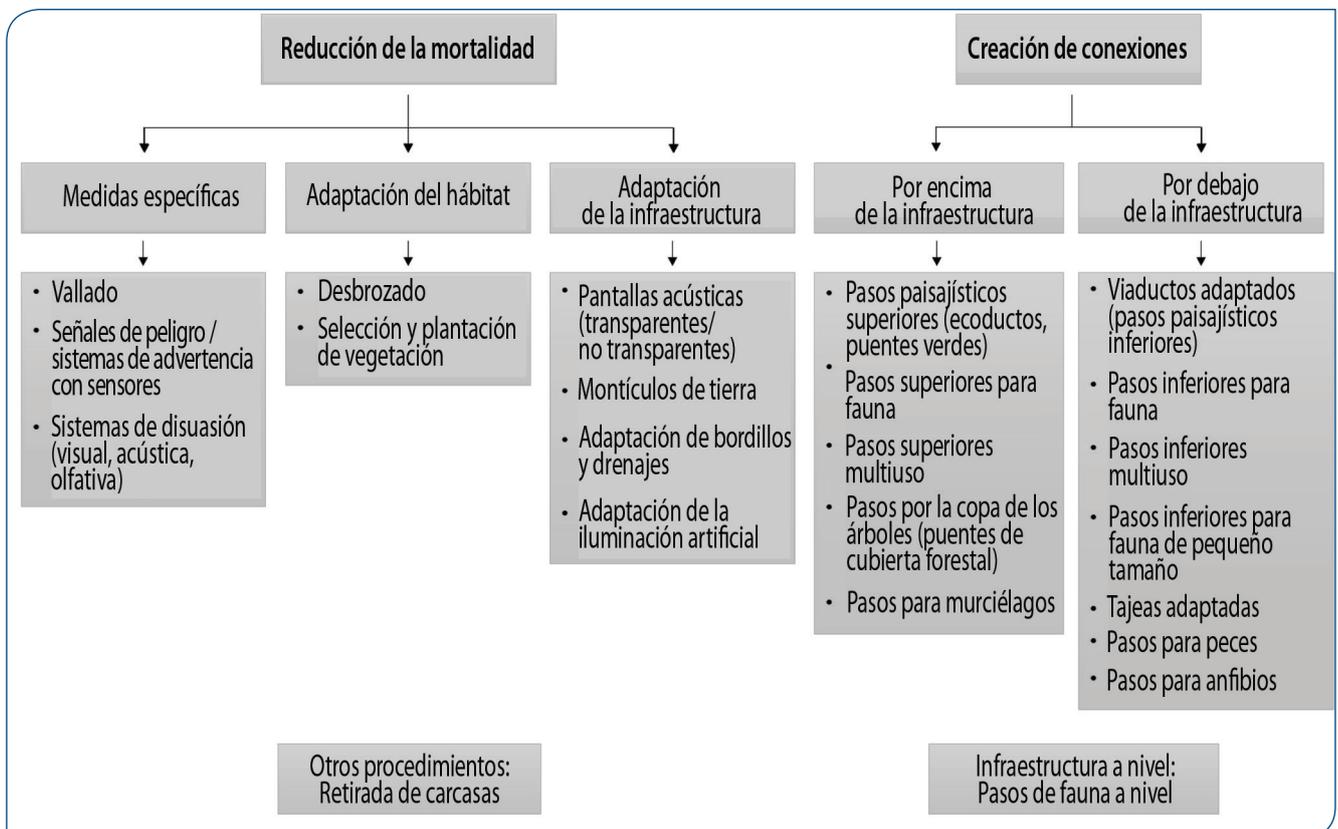


Ilustración 4 – Medidas para atenuar el impacto de los hábitats sobre la flora y la fauna (adaptación de [5 y 6])



Ilustración 5 – Proyecto de pasos de fauna superiores del parque nacional de Banff  
©Agencia Parks Canada

los hábitats modificados). Restablecer la conectividad ecológica entre las carreteras implica instalar estructuras de paso que permitan que las especies de la zona crucen de un área natural a otra (es decir, (re)conecten paisajes fragmentados).

Los pasos de fauna pueden ser de dos tipos: superiores (es decir, los que pasan por encima de la infraestructura de transporte) e inferiores (los que pasan por debajo de la infraestructura de transporte). La elección de uno de ellos dependerá de numerosos factores, como la topografía local, el paisaje, las necesidades de las especies diana, los hábitats que se desea conectar entre sí y el presupuesto.

En general, los **pasos superiores** suelen ser grandes estructuras que pasan sobre una infraestructura de transporte (como por ejemplo una autopista) y conectan entre sí los hábitats separados por la misma.

- **Los pasos superiores paisajísticos (ecoductos, puentes verdes)** son estructuras que pasan por encima de una infraestructura de transporte y conectan entre sí los dos lados de la misma, lo que mejora la conectividad ecológica a nivel de ecosistema.
- Los **pasos superiores de fauna** son estructuras que pasan por encima de una infraestructura de transporte y conectan entre sí los hábitats situados a ambos lados de la misma, ofreciendo a la fauna un punto de paso seguro a nivel de población/metapoblación.
- Los **pasos de fauna multiuso** son estructuras construidas sobre las autopistas que combinan un uso humano y faunístico.
- Los **pasos por la copa de los árboles** (puentes de cubierta forestal) son estructuras formadas por árboles, escaleras de cuerda o pasarelas para permitir que las especies trepadoras y/o arbóreas puedan cruzar la infraestructura de transporte por encima del tráfico.
- Los **pasos para murciélagos** son dispositivos diseñados para facilitar a los murciélagos el paso seguro de la infraestructura siguiendo elementos del paisaje como los árboles.

Los pasos inferiores son generalmente estructuras situadas por debajo de la infraestructura de transporte y construidas para el drenaje o el uso humano. Sin embargo, pueden adaptarse para conectar entre sí hábitats (por ejemplo, ecosistemas acuáticos) separados por la infraestructura:

- **Viaductos adaptados (pasos paisajísticos inferiores):** grandes infraestructuras de transporte soportadas por pilares o arcos que permiten la conservación de corredores o ecosistemas ecológicos asociados a llanuras inundables y valles fluviales que se encuentran debajo.
- **Pasos de fauna inferiores:** estructuras construidas bajo una infraestructura de transporte con volúmenes de tráfico menores que los viaductos y que ofrecen puntos de cruce seguros para animales, como ungulados o grandes carnívoros.
- **Pasos inferiores multiuso:** estructuras construidas bajo la infraestructura de transporte que combinan un uso faunístico y humano.
- **Pasos inferiores para pequeña fauna:** estructuras construidas bajo la infraestructura de transporte diseñadas específicamente para pequeños animales, como los murciélagos.
- **Tajeas adaptadas:** tajeas que permiten que un curso de agua y/o un drenaje discurra bajo la infraestructura de transporte y en las que se han realizado modificaciones para permitir el paso de la fauna acuática y terrestre.
- **Pasos de peces:** estructuras específicamente diseñadas (o adaptadas a partir de viaductos o tajeas) para preservar la conectividad de los ecosistemas acuáticos y permitir el libre movimiento de las especies acuáticas aguas arriba y aguas abajo.
- **Pasos de anfibios:** pequeñas estructuras diseñadas y construidas cerca para permitir que los anfibios crucen la carretera.

**Pasos de fauna a nivel:** infraestructuras situadas en zonas donde no se pueden construir pasos superiores (o inferiores) cuyo fin es facilitar el paso de los ungulados.

## APLICACIÓN DE MEDIDAS DE ATENUACIÓN: UN EJEMPLO DE ÉXITO

La carretera transcanadiense discurre a través de las Montañas Rocosas en el parque nacional de Banff. En sus orígenes, no fue construida para ser una arteria vial principal. Sin embargo, el tráfico ha ido aumentando a lo largo del tiempo, lo que ha generado una alta mortalidad de la fauna.

En los años 1990, la agencia Parks Canada propuso construir pasos de fauna tanto para reducir las CAV como para restaurar hábitats críticos y rutas migratorias que habían quedado fragmentadas por la carretera (*ilustración 5*). Estas estructuras, ya emblemáticas, asociadas al vallado para alejar a los animales de la carretera, han permitido reducir las CAV en más del 80% [8]. También han contribuido a preservar la diversidad genética de las poblaciones de fauna gracias a la reconexión de hábitats fragmentados.

Desde 1996, la agencia Parks Canada observa los desplazamientos de la fauna a nivel de estos pasos en lo que constituye el programa de investigación y monitorización más largo del mundo en la materia. Dicho programa ha permitido demostrar que las distintas especies tienen diferentes preferencias de paso. Por ejemplo, los ungulados prefieren los pasos superiores, mientras que los grandes carnívoros y algunos omnívoros prefieren los pasos inferiores. La información recabada en este programa puede orientar la elección del emplazamiento de futuras estructuras para el cruce de la fauna.

El proyecto de cruces de fauna del parque nacional de Banff constituye uno de los mayores éxitos en materia de conservación, dado que se trata del mayor complejo de atenuación de los efectos de una infraestructura de transporte del mundo. El proyecto cuenta en la actualidad con 6 pasos superiores y 38 inferiores [8]. El éxito del proyecto y de su programa de investigación y monitorización ha hecho que Parks Canada sea considerada como la «mejor práctica» existente en materia de ecología vial.

## CONCLUSIÓN

Las redes de carreteras y el tráfico rodado tienen muchas ventajas, como el crecimiento económico y la conexión de las personas, pero también efectos negativos significativos sobre la biodiversidad y los ecosistemas. Si bien las carreteras son indudablemente necesarias en la mayor parte de los casos, también es necesario atenuar sus efectos negativos. En este contexto, la ecología vial es una herramienta útil para describir el alcance y la naturaleza del impacto de las infraestructuras viales; para modelizar, diseñar y probar estrategias y soluciones que permitan atenuar dicho impacto y para aportar información que ayude a tomar mejores decisiones. Es esencial que los expertos medioambientales y los planificadores y diseñadores viales mantengan debates abiertos antes de la construcción de una carretera con el fin de determinar las medidas más eficaces y mejor adaptadas y lograr así atenuar en la medida de lo posible el impacto de dicha carretera.#

## REFERENCIAS

- [1] Coffin, A.W., Ouren, D.S., Bettez, N.D., Borda-de-Água, L., Daniels, A.E., Grilo, C., Jaeger, J.A.G., Navarro, L.M., Preisler, H.K., and Rauschert, E.S.J. 2021. *The Ecology of Rural Roads: Effects, Management, and Research*. Issues in Ecology (23). Washington DC, US: Ecological Society of America.
- [2] Quintero, J. D. 2016. *A Guide to Good Practices for Environmentally Friendly Roads*. Arlington, Virginia, US: The Nature Conservancy–Latin America Conservation Council.
- [3] Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. *Biodiversity Offset Design Handbook*. Washington, DC: Forest Trends.
- [4] PrincewaterhouseCoopers LLP. 2010. *Biodiversity Offsets and the Mitigation Hierarchy: A Review of Current Application in the Banking Sector*. On behalf of the Business and Biodiversity Offsets Programme and the UNEP Finance Initiative. London.
- [5] Luell, B., Bekker, G. J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003. *COST 341—Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. Brussels: European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research.
- [6] Infrastructure and Ecology Network Europe (IENE). 2022. '7 Solutions to reduce transport infrastructure impacts on wildlife.' *Wildlife & Traffic A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. Paris, France: IENE. <https://handbookwildlifetraffic.info/ch-7-solutions-to-reduce-transport-infrastructure-impacts-on-wildlife>
- [7] Convention on Migratory Species (CMS) (2020). *Ecological Connectivity*. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. <https://www.cms.int/en/topics/ecological-connectivity>.
- [8] Parks Canada Agency. 2022. *Wildlife crossing structures and research: Banff National Park*. <https://parks.canada.ca/pn-np/ab/banff/nature/conservation/transport/tch-rtc/passages-crossings>