

TESIS DOCTORALES

CONSIDERACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO
AMBIENTAL DE INFRAESTRUCTURAS
LINEALES DE TRANSPORTE

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema ambiental de primera magnitud. Los informes del IPCC ponen de manifiesto la certidumbre científica, y la necesidad de adoptar medidas de mitigación y de adaptación. La principal causa antrópica que contribuye al cambio climático es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), seguida de la destrucción de sumideros de carbono, que en conjunto elevan la concentración atmosférica de GEI, exacerbando el efecto invernadero. Como consecuencia varía la temperatura y se altera el funcionamiento del sistema climático. El clima está cambiando, y seguirá haciéndolo, con una intensidad que dependerá de los esfuerzos que se hagan por mitigar la contribución humana.

Entre las actividades que contribuyen a la emisión de GEI el transporte tiene un papel relevante, siendo responsable de la cuarta parte de emisiones en España, en un 95% en el transporte por carretera (Tabla I). Cualquier esfuerzo por reducir la contribución al cambio climático y alcanzar las metas fijadas pasa por actuar en este sector.

Las infraestructuras de transporte son elementos planificados; parten de políticas que se plasman en planes,

y estos en proyectos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un mecanismo para incorporar los aspectos ambientales a la toma de decisiones; nacida en Estados Unidos en 1969, la Unión Europea (UE) la incorporó en 1985, y España un año después, al integrarse en ella. Entre los proyectos que deben someterse a EIA están la mayoría de infraestructuras de transporte. Es evidente la relación entre infraestructuras de transporte y cambio climático, por lo que debería considerarse en la EIA. Sin embargo, hasta casi el año 2000 no aparecen a nivel mundial los primeros documentos sobre el tema, aún poco tratado, y que se aborda en la tesis doctoral que se resume en este artículo [1].

Las infraestructuras de transporte y el cambio climático tienen una relación recíproca, siendo ambos factores causantes y receptores de impactos. Las infraestructuras contribuyen al cambio climático, sobre todo por las emisiones de GEI del tráfico, y el cambio climático genera nuevos escenarios que pueden afectar a las infraestructuras. Ambos aspectos, infraestructuras y clima, interactúan comportándose como acción causante de impactos y como factor que los soporta. Esto da lugar a su vez a una doble necesidad de medidas, de mitigación para paliar los impactos de las infraestructuras sobre el cambio climático, y de adaptación, para paliar los efectos del cambio climático en las infraestructuras (Figura 1).

CONSIDERACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA EIA

Cada vez existe una mayor conciencia sobre la necesidad de incorporar el cambio climático a la EIA, pero

Tabla I. Emisiones de GEI en España, totales y del transporte, en 2014 (MAPAMA).

Sector	Emisiones de GEI (kt CO ₂ -eq)	Porcentaje	
		Respecto al total	Respecto al transporte
Total nacional	328926	100,00%	-
Sector del transporte	79879	24,28%	100,00%
Aviación civil (nacional)	2672	0,81%	3,35%
Transporte por carretera	75652	23,00%	94,71%
Ferrocarriles	245	0,07%	0,31%
Navegación (nacional)	1011	0,31%	1,27%
Otros transportes	299	0,09%	0,37%

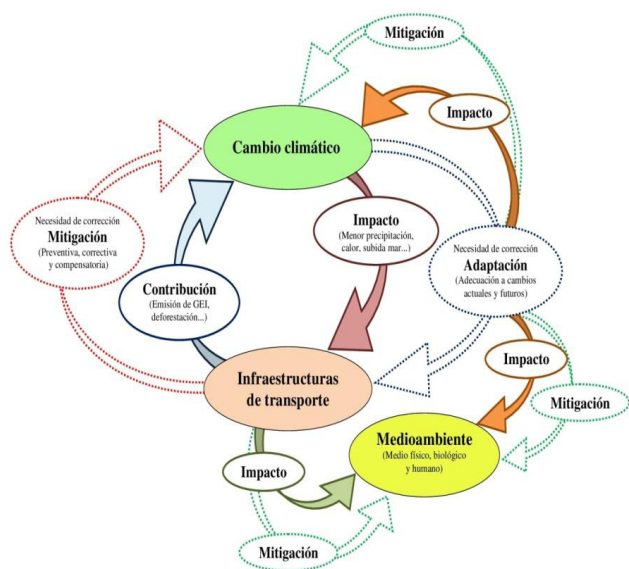


Figura 1. Relación entre infraestructuras de transporte y cambio climático.

pocos países lo están haciendo de forma efectiva. Se ha propuesto incluirlo como obligación en la normativa, algo recomendable pero poco efectivo ya que aunque se incluya puede no influir en la toma de decisiones (los países más avanzados, Canadá y Estados Unidos, no tienen esa obligación legal). Otra solución es desarrollar guías o directrices; actualmente las hay en Canadá, Estados Unidos o la UE, pero son directrices generales, que destacan los grandes aspectos a considerar pero aportan poca información sobre cómo hacerlo, y sobre cuáles son los impactos y medidas de mitigación y adaptación aplicables.

Analizada la situación en España [2], a partir de los proyectos sometidos a EIA por el Estado, se detecta que solo un 14% incluyen referencias al cambio climático, y en más de la mitad de los casos únicamente se cita. En el resto de casos, lo más frecuente es que se cuantifiquen las emisiones de CO₂, sin que se usen para nada. La consideración de los impactos del cambio climático sobre los proyectos es insignificante (Figura 2); solo es destacable en centrales térmicas, sujetas a permisos de emisión de GEI, y aún así no suele haber una verdadera evaluación. Proyectos con emisiones de GEI significativas, como las infraestructuras de transporte, tienen niveles de consideración sorprendentemente bajos. La escasa consideración del cambio climático no puede atribuirse a dificultades técnicas ya que existen metodologías y herramientas para calcular la contribución al cambio climático para muchos tipos de proyectos, en especial para infraestructuras de transporte.

CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

La relación entre infraestructuras de transporte y cambio climático se asocia a la emisión de GEI del tráfico rodado, aunque hay otros aspectos que deben considerarse en la EIA, como la destrucción de sumideros o el impacto positivo por cambio modal.

Para determinar la contribución al cambio climático de una infraestructura de transporte se debe conocer su huella de carbono en la fase de construcción, explota-

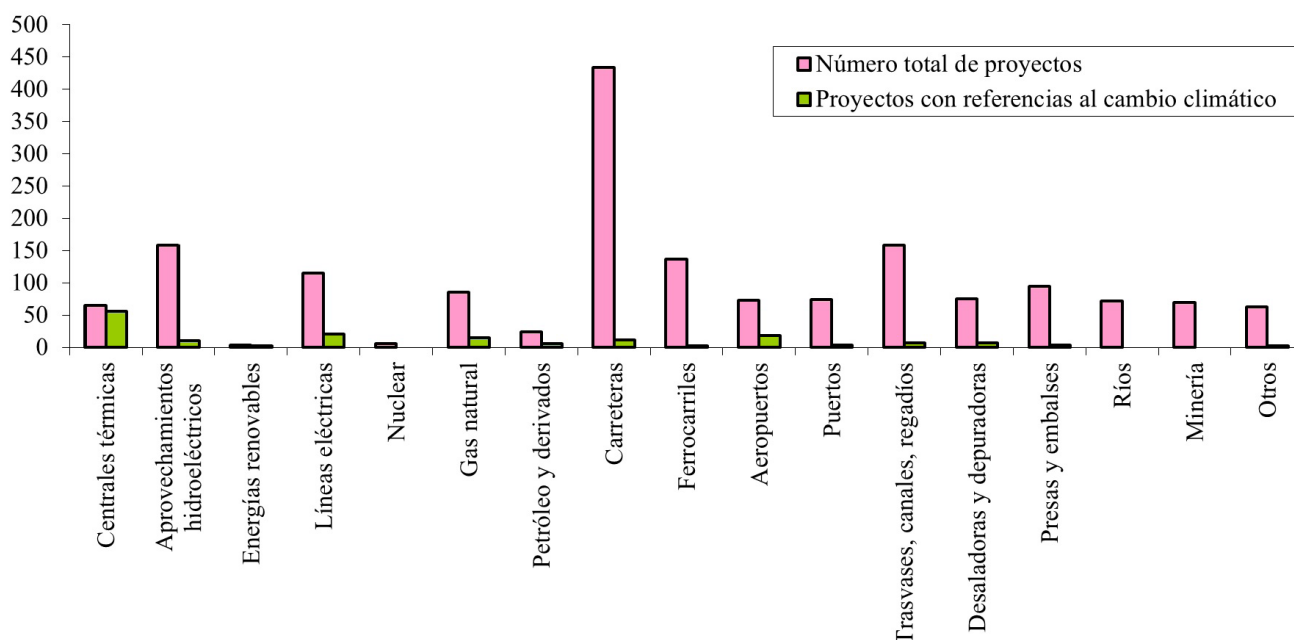


Figura 2. Grado de consideración del cambio climático por grupo de proyecto.

ción y mantenimiento. Existen metodologías para ello, pero exigen un conocimiento detallado del proyecto que no se da en la EIA. Por ello, se proponen unos indicadores especialmente pensados para la EIA, aplicables al nivel de detalle e información que previsiblemente se tendrá al realizar un estudio de impacto ambiental. En la fase de construcción se proponen indicadores para determinar la huella de carbono, considerando tanto la emisión de GEI, en base a las principales unidades de obra de la infraestructura, como la destrucción de sumideros, considerando la pérdida de stock de carbono y de capacidad secuestro (Tabla II).

En la fase de explotación de las carreteras la contribución está asociada a las emisiones de GEI del tráfico rodado, responsabilidad de los usuarios de la vía. El cálculo de esas emisiones se basa en la previsión de tráfico en los nuevos trazados y el tráfico residual que se mantendrá en las carreteras existentes, para un periodo de tiempo que debe ser al menos el año horizonte, aplicando a esos datos un factor de emisión de CO₂ de los vehículos estimado para cada año según la evolución previsible. Estos resultados deben, además, compararse con la alternativa 0, o de no actuación, para determinar la contribución neta [3].

En los ferrocarriles la contribución global al total de emisiones de GEI es mucho menor. En este caso se trata de un transporte colectivo, donde la responsabilidad final de las emisiones es del transportista, aunque pueda repercutírsela al usuario. Siempre que el ferrocarril tenga un grado de utilización razonable, que no sea deficitario, las emisiones de GEI por usuario son muy inferiores al transporte por carretera, tanto en viajeros como en mer-

cancias. El consumo bruto de energía del ferrocarril es un indicador de escaso interés; es mucho más interesante la ratio de energía por usuario o tonelada de mercancía, que relaciona consumo y utilización. Otro aspecto de interés es valorar la captación de usuarios de otros modos de transporte más contaminantes, como el avión o el vehículo privado, determinando así la reducción de emisiones de GEI por cambio modal de transporte [3].

En la operación y mantenimiento de las infraestructuras hay diversas operaciones que generan emisiones de GEI, destacando la iluminación de carreteras y la ventilación de túneles. Esta contribución puede determinarse como un porcentaje del 0,21% anual de las emisiones de GEI en la construcción, o del 1,95% de las emisiones anuales en la explotación en carreteras.

Existen herramientas para valorar la contribución al cambio climático en carreteras y ferrocarriles, siendo preciso incorporar este aspecto a la EIA, no como un adorno sino como un criterio más de selección de alternativas, integrándose en la toma de decisiones. Se debe vigilar el riesgo de infravalorar los impactos debido al fraccionamiento de los proyectos [4].

MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

La contribución al cambio climático en infraestructuras de transporte se asocia a la emisión de GEI por el tráfico, y su mitigación a reducir esa emisión por mayor eficiencia de los vehículos o menor tráfico; una simplificación que ha llevado a no proponer medidas en la EIA al exceder su ámbito de aplicación. Sin embargo, existen po-

Tabla II. Emisiones de GEI en España, totales y del transporte, en 2014 (MAPAMA).

Indicador	Definición	Unidad	Aplicación
Cálculo de la emisión de GEI			
E _{des}	Emisión de GEI en excavación de desmontes	kg CO ₂ /m ³	Carreteras y ferrocarriles
E _{tun}	Emisión de GEI en excavación de túneles	kg CO ₂ /m ³	Carreteras y ferrocarriles
E _{ter}	Emisión de GEI en formación de terraplenes o aportes	kg CO ₂ /m ³	Carreteras y ferrocarriles
E _{tra}	Emisión de GEI en transporte de tierras	kg CO ₂ /m ³ /km	Carreteras y ferrocarriles
E _{est}	Emisión de GEI en estructuras de hormigón armado	kg CO ₂ /m ²	Carreteras y ferrocarriles
E _{dre}	Emisión de GEI en obras de drenaje transversal	kg CO ₂ /m	Carreteras y ferrocarriles
E _{inf}	Emisión de GEI en pasos inferiores	kg CO ₂ /m	Carreteras y ferrocarriles
E _{fir}	Emisión de GEI en firmes bituminosos	kg CO ₂ /m ²	Carreteras
E _{via}	Emisión de GEI en la superestructura (balasto+vías)	kg CO ₂ /m	Ferrocarriles
Afección a sumideros			
ST _{CO2 perdido}	Emisión de CO ₂ equivalente al stock de C perdido	t CO ₂	Carreteras y ferrocarriles
SQ _{CO2 perdido}	Emisión de CO ₂ equivalente al secuestro de C perdido	t CO ₂	Ferrocarriles

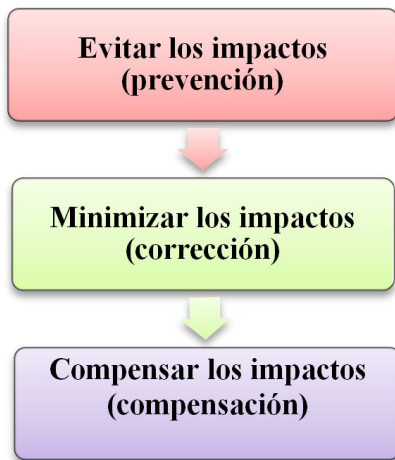


Figura 3. Jerarquía de la mitigación.

sibilidades de mitigación a nivel de proyecto que pueden incorporarse en la EIA.

Existen diferentes tipos de mitigación, preventiva, correctiva y compensatoria, cuya aplicación sigue la denominada jerarquía de la mitigación (Figura 3).

El principal tipo de mitigación frente al cambio climático es la prevención. En la fase de diseño tiene enormes posibilidades, a menudo ignoradas, mediante decisiones sobre la geometría de los trazados, soluciones constructivas o materiales. En la explotación es posible reducir las emisiones de GEI mediante la gestión de tráfico, rodado o ferroviario. También es posible la prevención en las labores de conservación y mantenimiento.

La mitigación correctiva es escasa porque una vez emitidos los GEI no hay corrección posible. Sin embargo, es posible corregir los daños a los sumideros mediante revegetación.

La compensación frente al cambio climático (Figura 4) busca reducir la concentración de GEI en la atmósfera mediante secuestro o captura, o la compensación de sumideros destruidos; pese a su potencial, tiene una escasa aplicación en la actualidad. Para demostrar su viabilidad se ha desarrollado un caso práctico [5]. Un problema de la compensación es la falta de mecanismos efectivos de aplicación; por ello se propone aprovechar las herramientas disponibles, como bancos de conservación y mercados de carbono, y potenciarlas mediante su integración [6].

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

Las infraestructuras de transporte deben perdurar en el tiempo, expuestas a la intemperie. Por ello se diseñan pensando en la durabilidad y se prevé su conservación para alargar la vida útil. El cambio climático altera los parámetros meteorológicos e induce nuevos riesgos, pudiendo variar la agresividad natural del clima, y con ello sus efectos sobre las infraestructuras.

Los principales impactos derivados del cambio climático en España son un incremento de las temperaturas máximas estivales y las olas de calor, una reducción de las precipitaciones medias, mayor cuanto más al sur, y un aumento en su irregularidad y, con una probabilidad menor, un riesgo de incremento de vientos y de la agresividad de fenómenos costeros.

Las temperaturas máximas y olas de calor afectarán a los firmes de carreteras, deteriorándolos de forma acelerada. El pandeo de raíles por temperaturas elevadas en ferrocarriles afecta a la velocidad de circulación, y po-

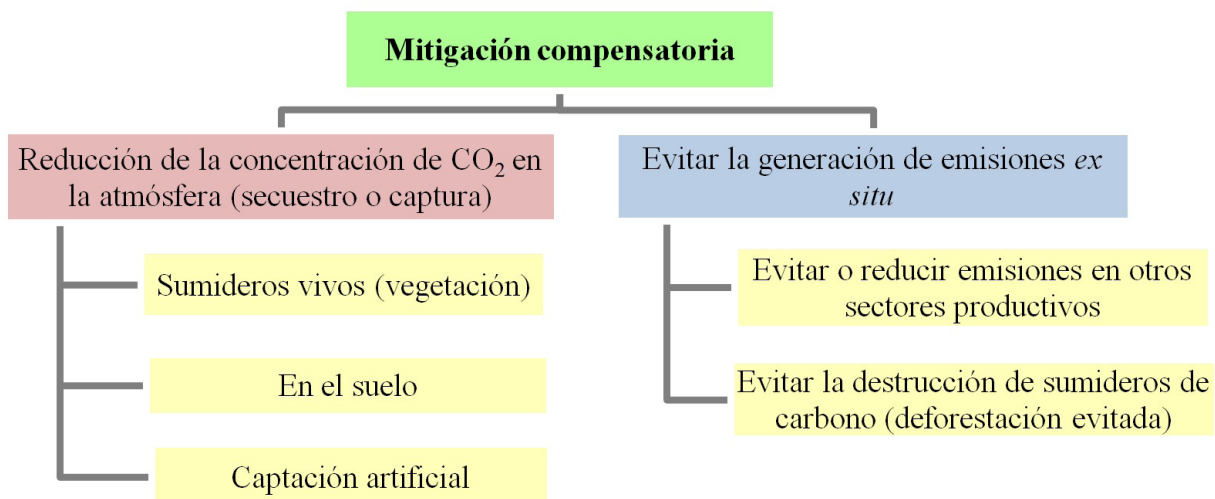


Figura 4. Tipos de mitigación compensatoria frente al cambio climático.

dría ser crítico en líneas de alta velocidad. Por el contrario, la previsión de inviernos más suaves supondría menores problemas de vialidad invernal. Más notables pueden ser los problemas hidrometeorológicos, sobre todo los asociados a la irregularidad de las precipitaciones, que puede acrecentar las crecidas súbitas, provocando inundaciones, desbordamiento de drenajes, deslizamientos y socavamiento de puentes. La magnitud de estos impactos presenta una gran incertidumbre, dependiendo de los esfuerzos a corto, medio y largo plazo por mitigar la contribución al cambio climático.

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

El cambio climático implica modificaciones en los parámetros meteorológicos y efectos inducidos como sequías, deshielo o incremento del nivel del mar. Si se mantienen los criterios de diseño, construcción y mantenimiento se pueden producir daños, acortar su vida útil o afectar su funcionalidad. Por ello, es preciso adoptar medidas de adaptación (Tabla III).

Los problemas en firmes de carreteras parece que supondrán en el futuro menos costes a nivel nacional, al

Tabla III. Impactos del cambio climático sobre las infraestructuras y medidas de adaptación.

Presión climática	Impactos	Adaptación
Olas de calor, calor estival más intenso	Pandeo de railes Pandeo de la catenaria Recalentamiento de equipos Calentamiento de estaciones y metros Deterioro de los firmes (grietas) Ablandamiento del asfalto y deformación Deterioro de marcas viales Fatiga de materiales Deformación de puentes metálicos Expansión de juntas de puentes Daños por incendios forestales Cambios de humedad y subsidencia Mortandad en plantaciones	Reducción de velocidad, materiales menos sensibles, cambio de normas de diseño Modernización de equipos, programación de paradas periódicas Incremento de sistemas de refrigeración Mezclas resistentes, firmes rígidos, ligantes transparentes, mayor frecuencia de reposición, cierre temporal de carreteras, enfriamiento forzado con agua, limitaciones al tráfico pesado, reducir la carga por eje Mayor frecuencia de pintado, uso de pinturas más resistentes Mayor frecuencia de reposición, uso de materiales más resistentes Adecuación de las normas de diseño, modificación de puentes existentes, limitaciones de paso o velocidad, abandono de puentes Incremento de medidas preventivas, sustitución de zapatas en vagones Modificación plataforma, desvíos de trazado Reposición de marras y resiembra, sustitución de especies no adaptadas
Invierno suave	Menor frecuencia de hielo y nieve	Menor uso de quitanieves y fundentes, quitanieves multifuncionales
Tormentas	Sobretensión subestaciones/catenaria	Revisión de normas de diseño, mejora de seguridad frente a incendios
Vientos extremos	Daños en superestructura y catenaria Daños en señalización y defensas Afección a la conducción Bloqueo por árboles Sobreesfuerzo en pantallas acústicas	Revisión de normas de diseño, refuerzo de cimentaciones, cambio de materiales en señalización, mantenimiento de arbolado próximo Señalización de zonas de riesgo, señalización variable, pantallas arbóreas Revisión periódica del arbolado y eliminación de pies y ramas muertas Revisión de normas de diseño, refuerzo de cimentaciones
Precipitaciones extremas	Fallos del equipamiento de vía Daños en pavimentos Afección a la visibilidad Pavimentos mojados Inundaciones Hundimientos Desprendimientos y deslizamientos Afección a la estabilidad de taludes Descalce de puentes y viaductos Colapso de puentes y viaductos Inundación de pasos inferiores Sobreesfuerzo en drenajes	Mayor frecuencia de mantenimiento, Cambio por equipos más resistentes Mayor frecuencia de reposición, modificación de plataformas Mayor señalización variable, mayor empleo de firmes drenantes, aumento del bombeo de la plataforma, mejor conservación de marcas viales Ampliación del drenaje, incremento de bombeo, elevación de la rasante, mayor limpieza de sistemas de drenaje Estabilización terraplenes, modificación plataforma, muros de retención Mejora de vegetación en taludes, cunetas de guarda, taludes tendidos, mallas en desmontes rocosos, cambio de normas de obras de tierras Revisión de normas de diseño, refuerzo de cimentaciones, construcción de nuevos puentes, abandono de puentes Evitar pasos sin desagüe, pasos en pendiente con bombeo y cunetas Sobredimensionamiento de drenajes, mayor frecuencia de mantenimiento
Descenso en las precipitaciones	Mortandad en plantaciones Cambios de humedad y subsidencia	Reposición de marras y resiembra, sustitución de especies no adaptadas, riego en zonas emblemáticas Modificación plataforma, desvíos de trazado
Subida nivel mar Marejadas ciclónicas Erosión costera	Inundación Inundación Daños infraestructuras/equipamiento Desprendimientos y deslizamientos	Elevación cota de la rasante, reubicación de infraestructuras, construcción de barreras contra oleaje, construcción de drenajes adicionales Mayor frecuencia mantenimiento, reubicación en zonas menos expuestas Muros de defensa y tramos en viaducto, reubicación de infraestructuras

ser mayor el ahorro por reducción de problemas invernales que el coste por altas temperaturas estivales; pero la distribución de daños no es homogénea, y las zonas más cálidas del sur pueden ver muy dañadas sus carreteras, que ya presentan actualmente un déficit de mantenimiento. También los problemas asociados al pandeo de raíles merecen especial atención al precisar limitaciones de velocidad, contraproducentes con la rentabilidad del transporte ferroviario, y mucho más aún con el transporte de viajeros en la alta velocidad. El socavamiento de cimientos de puentes es un problema ya existente y que se agravará, pudiendo generar grandes problemas de seguridad e interrupciones prolongadas de servicio.

La adaptación no es un proceso ligado solo al cambio climático. El clima es variable de forma natural, lo que obliga a una adaptación de los sistemas naturales y humanos; no existe una clara línea definitoria entre adaptación al “cambio climático” o al “clima cambiante”. En las infraestructuras de transporte los impactos del cambio climático no son necesariamente negativos (por ejemplo inviernos más suaves). La adaptación ideal es anticipatoria y logra incrementar la resiliencia, pero a menudo es reactiva, como consecuencia de un desastre. Los estudios coste-beneficio pueden demostrar que la adaptación no es rentable o establecer prioridades entre infraestructuras. No existe una respuesta adaptativa única.

Es esencial hacer un diseño adaptado a las condiciones que puede inducir el cambio climático, adaptando las normas de diseño y considerar la ubicación de las infraestructuras, y los riesgos que ello implica; en muchas infraestructuras el problema no es de diseño sino de ubicación.

La adaptación de las infraestructuras de transporte suele abordarse de manera sectorial, basada en actuaciones en la obra o su entorno, pero los problemas pueden ser globales, y tienen un carácter transversal, lo que debería llevar a un planteamiento de soluciones intersectorial.

IMPACTO AMBIENTAL DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La adaptación es una respuesta a los impactos del cambio climático, para minimizar sus efectos, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia. Pero dependiendo de las medidas adoptadas se pueden producir

impactos ambientales no deseados, aspecto que están recibiendo poca atención; los impactos de la adaptación son frecuentemente ignorados, infravalorados o considerados superficialmente, sin una verdadera evaluación ambiental. La escasa consideración de los efectos ambientales de la adaptación puede atribuirse a varias causas, como un enfoque excesivamente sectorial de la adaptación, con mayor peso de las perspectivas técnicas, sociales y económicas (Figura 5), confusión entre los impactos primarios del cambio climático y los impactos secundarios de las medidas de adaptación, con una mayor consideración de los primeros, o una tendencia a considerar la adaptación como buena en sí misma.

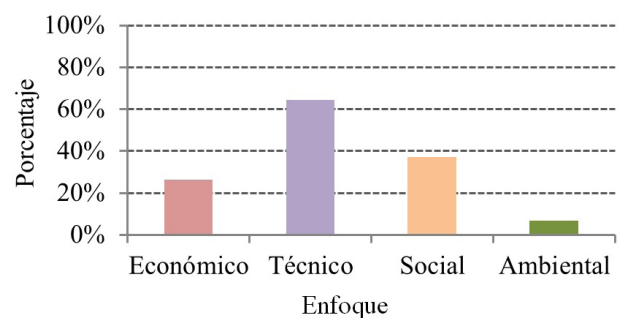


Figura 5. Frecuencia de los enfoques de la adaptación al cambio climático en la literatura.

En las infraestructuras de transporte los impactos asociados a la adaptación se derivan de la construcción de nuevos trazados, ocupación de terrenos, afección a la movilidad, consumo de recursos, materiales, energía y generación de emisiones, préstamos, canteras y vertederos, variaciones en los niveles sonoros, efectos sobre los cauces y la biodiversidad, acumulación de infraestructuras, modificación de de la seguridad, cambios en los riesgos de corrosión y contaminación salina, afección a la dinámica litoral y otros impactos impredecibles.

Algunas propuestas de adaptación pueden tener repercusiones ambientales notables. Por ejemplo, reemplazar firmes asfálticos [7], sensibles a la deformación con temperaturas elevadas, por firmes de hormigón, más resistentes al calor, puede dar lugar a un incremento de los niveles sonoros en el entorno de las carreteras (Tabla IV).

Más llamativas son las medidas que requieren ocupación de terrenos, donde casi nunca se plantean los impactos que generarían. La retirada costera o la reubicación de infraestructuras para hacer frente a la subida del nivel del mar es una buena adaptación, pero implica ocupar terrenos en el interior, con impactos que dependerán de los valores naturales existentes.

Tabla IV. Impactos de la adaptación al cambio climático en firmes de carreteras.

Impactos primarios		Medidas de adaptación	Impactos secundarios	
Directos	Indirectos		Directos	Indirectos
(-) Degradación acelerada de firmes	(-) Incremento del ruido del tráfico (-) Menor seguridad vial (-) Mayor desgaste de vehículos (-) Mayor tiempo de viaje por menor velocidad (-) Riesgos de corte de tráfico	Sustitución más frecuente Cambio de tipo de firme o de materiales	(-) Mayor consumo de energía y emisión GEI (-) Mayor consumo de materiales y residuos (-) Incremento del ruido del tráfico (+) Reducción del ruido del tráfico (+) Materiales con menor huella de C (-) Materiales con mayor huella de C	(-) Incremento del cambio climático (-) Daño ambiental (canteras, vertidos) (-) Molestias a población/fauna (+) Mejora para población/fauna (+) Reducción del cambio climático (-) Incremento del cambio climático
(+) Mayor duración de los firmes	(+) Mayor consumo de energía y emisión de GEI	Innecesarias		

La toma de decisiones para seleccionar una opción de adaptación debe integrar los enfoques, social, ambiental, técnico y económico, en un análisis multicriterio. Este análisis debe valorar, entre otras cosas, la sensibilidad social y ambiental, los beneficios e inconvenientes, e incluir todas las opciones de adaptación, entre ellas la alternativa de no actuación.

REFERENCIAS

- [1] Enríquez de Salamanca Á (2017). Consideración del cambio climático en la evaluación de impacto ambiental de infraestructuras lineales de transporte. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia. http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:ED_Pg_Ciencias-Aenriquez.
- [2] Enríquez de Salamanca Á, Martín-Aranda RM, Díaz-Sierra R (2016). Consideration of climate change on environmental impact assessment in Spain. *Environmental Impact Assessment Review* 57, 31–39.
- [3] Enríquez de Salamanca Á (2015). Consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de infraestructuras. Casos prácticos. En: Casermeiro MA, Vázquez A (Eds.) Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Nuevos retos de la Evaluación Ambiental. Libro de actas. Madrid, 11, 12 y 13 de marzo de 2015. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, pp. 355–363.
- [4] Enríquez de Salamanca Á (2016). Project splitting in environmental impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal* 34, 152–159.
- [5] Enríquez de Salamanca Á, Martín-Aranda RM, Díaz-Sierra R, Santos M (2017). Environmental impacts of climate change adaptation. *Environmental Impact Assessment Review* 64, 87–96.
- [6] Enríquez de Salamanca Á, Martín-Aranda RM, Díaz-Sierra R (2017). Potential of land use activities to offset road traffic greenhouse gas emissions in Central Spain. *Science of The Total Environment* 590–591, 215–225.
- [7] Enríquez de Salamanca Á, Martín-Aranda RM, Díaz-Sierra R (2017). Towards an integrated environmental compensation scheme in Spain: Linking biodiversity and carbon offsets. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 19, 1750006.
- [8] Enríquez de Salamanca Á (2017). Environmental impacts of climate change adaptation of road pavements and mitigation options. *International Journal of Pavement Engineering* DOI: 10.1080/10298436.2017.1326236.

Álvaro Enríquez de Salamanca
Dpto. de Física Matemática y de Fluidos
DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental