

# Carreteras y capital natural



Gestión de las dependencias  
y de los efectos sobre  
los servicios ecosistémicos  
para inversiones sostenibles  
en infraestructura vial

**Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo.** *Carreteras y capital natural: gestión de las dependencias y de los efectos sobre los servicios ecosistémicos para inversiones sostenibles en infraestructura vial.*

Lisa Mandle, Rob Griffin, Josh Goldstein, Rafael Acevedo-Daunas, Ashley Camhi, Michele Lemay, Elizabeth Rauer, Victoria Peterson.

p. cm. — (Monografía del BID ; 476)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Roads-Environmental aspects-Latin America. 2. Ecosystem services-Latin America. 3. Environmental economics-Latin America. I. Mandle, Lisa. II. Griffin, Rob. III. Goldstein, Josh. IV. Acevedo-Daunas, Rafael. V. Camhi, Ashley. VI. Lemay, Michele H. VII. Rauer, Elizabeth. VIII. Peterson, Victoria. IX. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. X. Serie. IDB-MG-476

Clasificaciones JEL: Q57, R42

Palabras clave: Carreteras, Servicios Ecosistémicos, Capital Natural, Impacto

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2016 Banco Interamericano de Desarrollo

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas / CC-IGO 3.0 BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>)

y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial, otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente, se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Para más información, contacte con:

**Lisa Mandle** | Coordinadora del estudio | [lmandle@stanford.edu](mailto:lmandle@stanford.edu)

**Carmen del Río** | The Bio Program | [biodiversity@iadb.org](mailto:biodiversity@iadb.org)

Todas las imágenes que ilustran esta publicación son cortesía del BID, excepto aquellas en las que se especifican los créditos.

Imagen de portada:

**Nathan Hoyt** | IMG\_6169 Santa Ynez Valley February 28, 2015

<https://www.flickr.com/photos/41452775@N02/>

Esta fotografía se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 2.0 Genérica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/>



*Carreteras y capital natural: Gestión de las dependencias y de los efectos sobre los servicios ecosistémicos para inversiones sostenibles en infraestructura vial* presenta una introducción a la incorporación de servicios ecosistémicos en el diseño y desarrollo de carreteras. La intención es ayudar a especialistas en transporte, ingenieros del Banco Interamericano de Desarrollo y otros actores involucrados en la planeación y construcción de caminos, a **identificar, priorizar y gestionar de manera proactiva el impacto que el medio ambiente tiene en las carreteras y el impacto que las carreteras causan al medio ambiente**. El presente documento proporciona ejemplos prácticos que ilustran cómo la consideración del capital natural ha resultado útil para el desarrollo de la infraestructura vial. Asimismo, el texto muestra cómo se pueden incorporar los servicios ecosistémicos a futuros proyectos de construcción de carreteras.

*Carreteras y capital natural* fue redactado para el Banco Interamericano de Desarrollo por Lisa Mandle y Rob Griffin, del *Proyecto Capital Natural*, así como por Josh Golstein, de *The Natural Conservancy*. Elizabeth Rauer y Victoria Peterson, del *Proyecto Capital Natural*, estuvieron a cargo del diseño y la edición del documento; mientras que Rafael Acevedo-Daunas, Ashley Camhi y Michele Lemay, del Banco Interamericano de Desarrollo, supervisaron la producción del mismo.

El *Proyecto Capital Natural* es una asociación innovadora entre el Instituto Stanford Woods para el Medio Ambiente, el Instituto del Medio Ambiente de la Universidad de Minnesota, la organización *The Natural Conservancy* y el Fondo Mundial para la Naturaleza, cuyo propósito es alinear las fuerzas económicas con el interés por lograr la conservación del medio ambiente.

*The Nature Conservancy* es la organización líder a nivel mundial en conservación del medio ambiente. Trabaja para proteger territorios y recursos hídricos de importancia ecológica y social.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) es la principal fuente de financiación multilateral en América Latina y el Caribe. Apoya, además, los esfuerzos de los países latinoamericanos y caribeños para reducir la pobreza y la desigualdad de un modo sostenible y respetuoso con el clima.

## Lista de Abreviaturas

**ALC** | América Latina y el Caribe

**BID** | Banco Interamericano de Desarrollo

**EIA** | Evaluación de Impacto Ambiental

**GIZ** | Agencia Alemana de Cooperación Internacional

**InVEST** | Valoración Integrada de Servicios Ecosistémicos y Compensaciones

**NatCap** | Proyecto Capital Natural

**ONG** | Organización No Gubernamental

**PIB** | Producto Interno Bruto

**Programa BIO** | Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del BID

**PSE** | Pago por Servicios Ecosistémicos

**RIOS** | Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos

**TNC** | The Nature Conservancy

**USDA** | Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

# Contenidos

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Carreteras y servicios ecosistémicos</b> .....	<b>6</b>
1.1 Uso de servicios ecosistémicos para el desarrollo de proyectos viales sostenibles .....	6
1.2 Tipos de servicios ecosistémicos .....	10
1.3 ¿Qué servicios ecosistémicos son importantes para las carreteras? .....	12
<b>2. Las carreteras dependen y se benefician de los servicios ecosistémicos</b> .....	<b>16</b>
2.1 Áreas de servicio o "servicesheds" .....	18
2.2 Los servicios ecosistémicos en el contexto de una planeación multisectorial de infraestructura .....	21
<b>3. El impacto de las carreteras sobre el capital natural y los servicios ecosistémicos</b> .....	<b>22</b>
3.1 Mecanismos del impacto de las carreteras sobre los servicios ecosistémicos .....	23
3.2 Efectos directos de las carreteras sobre los servicios ecosistémicos .....	24
3.3 Más allá del derecho de paso: efectos indirectos de las carreteras sobre los servicios ecosistémicos .....	30
3.4 Integración de perspectivas a nivel local y panorámico para el desarrollo sostenible de la infraestructura vial .....	32
<b>4. Contextos cruciales para la evaluación de los servicios ecosistémicos</b> .....	<b>33</b>
<b>5. Oportunidades para priorizar los servicios ecosistémicos en las decisiones de construcción de carreteras</b> .....	<b>35</b>
5.1 Planeación de transporte a nivel nacional y regional .....	37
5.2 Incorporación de los servicios ecosistémicos a la toma de decisiones a nivel del proyecto: evaluando alternativas y dependencias .....	40
5.3 Incorporación de los servicios ecosistémicos a análisis económicos .....	42
<b>6. Herramientas para incorporar información sobre los servicios ecosistémicos a la planeación de infraestructura vial</b> .....	<b>46</b>
6.1 Herramientas de detección .....	47
6.2 Herramientas para la creación de mapas, cuantificación y valoración de los servicios ecosistémicos .....	47
<b>Conclusiones</b> .....	<b>49</b>
<b>Más información y recursos adicionales</b> .....	<b>50</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>51</b>



## Resumen ejecutivo

Las carreteras son una piedra angular en el desarrollo económico de América Latina y el Caribe.<sup>0</sup> Ecosistemas como bosques, pantanos y manglares proporcionan beneficios importantes, pues protegen las carreteras contra desastres naturales, como inundaciones o derrumbes. También protegen contra la erosión y, de este modo, disminuye el deterioro de las carreteras. Sin embargo, dichos beneficios no se tienen en cuenta en el momento de tomar decisiones sobre dónde y cómo mejorar las vías de transporte, lo que trae consigo consecuencias severas tanto para los proyectos de infraestructura como para las comunidades aledañas.

Este documento ilustra cómo la incorporación de servicios ecosistémicos en el diseño y desarrollo de infraestructuras puede dar como resultado carreteras más sostenibles y rentables, mientras que se conservan los beneficios que la naturaleza otorga a los habitantes de la región, desde agua y aire limpio hasta alimentos y madera.

Sirviéndose de estudios de caso en América Latina y el Caribe, este documento muestra cómo las carreteras no sólo dependen de los servicios ecosistémicos, sino que tienen un impacto sobre éstos. Adicionalmente, proporciona una guía sobre cómo identificar en diferentes contextos cuáles son los servicios ambientales más relevantes para el desarrollo de la infraestructura vial. Finalmente, el texto destaca formas prácticas para incorporar información sobre servicios ecosistémicos en diferentes etapas de la planeación de infraestructura, con el fin de mejorar la sostenibilidad y maximizar los beneficios para la sociedad.

<sup>0</sup> En este documento, el término “carretera” incluye caminos rurales, carreteras y autopistas.

# 1. Carreteras y servicios ecosistémicos

Incluir a los servicios ecosistémicos en el diseño y la construcción de carreteras puede mejorar la sostenibilidad de éstas, así como incrementar los beneficios para los usuarios y las agencias de transporte, mientras se evitan consecuencias negativas para las comunidades aledañas.

## 1.1. USO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS VIALES SOSTENIBLES

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) tiene un rol catalizador a lo largo y ancho de América Latina y el Caribe (ALC) en materia del avance de proyectos viales, los cuales no sólo promueven un desarrollo económico eficiente y equitativo, sino que mejoran la calidad de vida de la población. Asegurar que estas inversiones se lleven a cabo con el menor impacto ambiental posible resulta fundamental para las metas del BID, enfocadas en lograr un crecimiento inclusivo y sostenible que produzca resultados duraderos y positivos para usuarios y comunidades involucradas.

Mientras el BID y la región de América Latina y el Caribe incrementan su atención hacia proyectos sostenibles de infraestructura, las carreteras proporcionan una oportunidad importante para mostrar cómo se pueden diseñar proyectos más sólidos y favorables en términos económicos a través de la incorporación de estrategias que aprovechen los beneficios de la naturaleza. Las carreteras están expuestas a inundaciones, derrumbes, tormentas y otros desastres naturales. Avanzar de manera proactiva para reducir la exposición de un proyecto vial a estos desastres ambientales puede reducir los costes de inversión en construcción y mantenimiento de las carreteras.



La construcción y operación de carreteras también puede tener impactos negativos sobre los recursos hídricos, atmosféricos y, en general, en los ecosistemas. Minimizar estas consecuencias no intencionales asegurará que los usuarios gocen de los beneficios de las carreteras sin comprometer la integridad del medio ambiente. Gestionar y dar cuenta del capital natural (reserva de ecosistemas naturales que proporciona beneficios a la población bajo la forma de servicios ambientales o ecosistémicos) puede resultar en proyectos más rentables, que den mayores beneficios económicos netos para usuarios y comunidades y que sean más resistentes al cambio climático, la urbanización y otros cambios sociales y ambientales. Este enfoque interdisciplinario se concentra en beneficiar a la población y a la naturaleza, pero también es una herramienta útil para la planeación y la toma informada y sostenible de decisiones.



Los servicios ecosistémicos son una serie de beneficios que las personas toman de la naturaleza con el objeto de preservar y asegurar la existencia humana. Estos beneficios incluyen comida, agua limpia y abundante, aire limpio, y exposición reducida a desastres naturales, entre otros. Integrar los servicios ecosistémicos a la planeación, implementación, monitoreo y evaluación de proyectos viales provoca que “la naturaleza se ponga a trabajar” para reducir la tasa de riesgos potenciales en las carreteras (inundaciones, derrumbes); así como para crear proyectos viales más seguros y confiables que apoyen un desarrollo económico equitativo. Por ejemplo, un proyecto vial a lo largo de la costa se puede beneficiar de la protección de las áreas de bosques de manglares, los cuales amortiguan los daños que las tormentas podrían hacer a las carreteras. Además, la protección de estos bosques podría habilitar áreas para la recolección sostenible de leña por parte de las comunidades, la protección de la biodiversidad, así como muchos otros

beneficios ambientales y sociales. Crear mapas, cuantificar el valor de estos beneficios e incorporar esta información en el diseño y la ejecución de proyectos, puede mejorar la viabilidad y los resultados de los proyectos viales.

Este reporte introduce el concepto de servicios ecosistémicos y describe cómo un buen entendimiento del capital natural y de los servicios ecosistémicos es útil para el desarrollo de proyectos viales más sostenibles, eficientes y confiables, que satisfagan las necesidades actuales y, al mismo tiempo, tengan un impacto mínimo sobre el ambiente y los recursos naturales. El texto también describe la dependencia y el impacto de las carreteras sobre los servicios ecosistémicos, proporciona una guía para priorizar éstos con relación a proyectos viales, y muestra un gran número de oportunidades para incorporar información sobre dichos servicios en la planeación de proyectos.

La implementación de estrategias de servicios ecosistémicos de manera sistemática en los proyectos viales del BID, ayudaría a cumplir con varios de los principios estratégicos y de las áreas de prioridad de la División de Transporte del Banco<sup>1</sup>, tales como:

- Promover un crecimiento inclusivo y sostenible.
- Construir y mantener infraestructura sostenible para el medio ambiente.
- Incluir consideraciones sociales y ambientales en la planeación de infraestructura a nivel local, nacional y regional.
- Incrementar la contribución de los servicios ecosistémicos y de biodiversidad en el desarrollo sostenible.
- Promover una agenda multisectorial.





## Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del BID

El innovador Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (BIO) fue creado en 2013 para ayudar a cumplir con la promesa de que un manejo sensato de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos contribuirá tanto al desarrollo humano, como a un crecimiento económico sostenible. La región de América Latina y el Caribe contiene cerca del 50% de los bosques del mundo, más del 30% del agua dulce y el 40% de la diversidad biológica del planeta. Gracias a esto, la región se ganó el reconocimiento de contar con un “superpoder de biodiversidad”. Durante las últimas décadas, los países de América Latina y el Caribe han crecido en tamaño y afluencia al mismo ritmo que lo ha hecho su demanda por varios recursos. Por ejemplo, la demanda de agua y energía ha aumentado en un 25% y 50% respectivamente, junto con la demanda por otros recursos naturales. La riqueza ambiental de la región, unida al crecimiento reciente y el previsto, abre la oportunidad de hacer inversiones inteligentes que aseguren que el capital natural y sus beneficios continúen sosteniendo el crecimiento económico.

El programa BIO impulsa la posición privilegiada del BID para crear oportunidades y utilizar las ventajas ambientales de la región con el fin de lograr un crecimiento inclusivo y sostenible. Para alcanzar estas metas, el programa sigue cuatro líneas de acción:

- 1. Integrar el valor de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos a sectores clave para la economía.**
- 2. Invertir en la conservación prioritaria de ecosistemas regionales.**
- 3. Apoyar la gobernanza y las políticas ambientales efectivas.**
- 4. Crear negocios y oportunidades que promuevan el desarrollo sostenible.**

El éxito del programa BIO depende de la colaboración y la participación de individuos y sectores, no sólo del BID, sino de países miembros, del sector privado, de ONG's y de comunidades locales. El programa trabajará arduamente con la División de Transporte y sus contrapartes gubernamentales para que los servicios ecosistémicos se tomen en cuenta en los proyectos, propiciando así el desarrollo económico y el bienestar de todos.

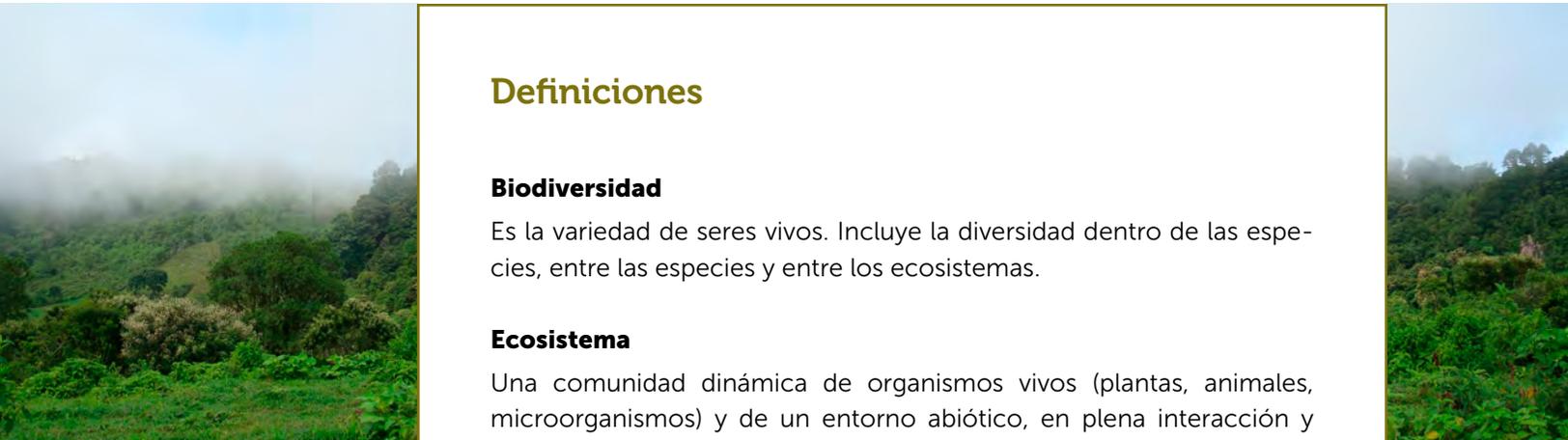


## 1.2. TIPOS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos que los seres humanos reciben de los ecosistemas. Estos servicios y beneficios se generan como resultado de las complejas interacciones que se producen entre las especies de flora y fauna, el ambiente físico y la energía solar. El bienestar humano y la mayoría de las actividades económicas dependen de un medio ambiente sano, y en ese sentido de la capacidad de los ecosistemas en proveer estos servicios. Existe, una amplia gama de servicios ecosistémicos, algunos de los cuales benefician a la gente directamente y otros de manera indirecta.

Se agrupan en cuatro categorías<sup>2</sup>:

- 1. Servicios de aprovisionamiento:** estos beneficios son los que se obtienen de los bienes y servicios que las personas reciben directamente de los ecosistemas, como alimentos, agua fresca, materias primas y recursos genéticos, entre otros.
- 2. Servicios de regulación:** se trata de una serie de procesos mediante los cuales los ecosistemas ayudan a regular el medio ambiente. Por ejemplo, la purificación del agua, la regulación del clima o la regulación de la erosión, entre otros.
- 3. Servicios culturales:** son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas. Entre ellos tenemos la belleza escénica, la recreación y el turismo.
- 4. Servicios de apoyo:** que consisten en una serie de funciones ecológicas necesarias para apoyar la producción de servicios en las tres categorías anteriores, tales como el ciclo de nutrientes y la formación de los suelos.



## Definiciones

### **Biodiversidad**

Es la variedad de seres vivos. Incluye la diversidad dentro de las especies, entre las especies y entre los ecosistemas.

### **Ecosistema**

Una comunidad dinámica de organismos vivos (plantas, animales, microorganismos) y de un entorno abiótico, en plena interacción y como parte de una unidad funcional.<sup>24</sup>

### **Servicios ecosistémicos**

Beneficios que las personas obtienen de la naturaleza para apoyar y sostener la vida.

### **Capital natural**

Reserva de ecosistemas naturales que permiten el flujo de bienes o servicios ecosistémicos valiosos hacia el futuro. Se trata de incluir dentro del concepto económico de *capital* (medios fabricados de producción) los bienes y servicios provenientes del medio ambiente.<sup>33</sup>

### **Sostenible**

Los proyectos o actividades sostenibles son aquellos que pueden implementarse de tal manera que faciliten el desarrollo y sus beneficios, al mismo tiempo que la integridad de los recursos naturales se preserva para el uso y goce de las generaciones futuras.

### 1.3. ¿QUÉ SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SON IMPORTANTES PARA LAS CARRETERAS?

En la tabla que se muestra a continuación se describen algunos de los servicios ecosistémicos que suelen ser importantes para proyectos viales. En algunos casos, los desarrolladores de proyectos pueden utilizar áreas naturales (como manglares, bosques o pantanos) o cualquier otro tipo de tierra de labor con el fin de reducir los riesgos por desastres naturales sobre las carreteras. Integrar las áreas naturales al diseño de carreteras puede evitar o reducir las consecuencias no intencionales de un mal diseño del proyecto, tales como la mala calidad del agua, el aumento del riesgo de inundaciones o cualquier otro impacto negativo. En las secciones subsecuentes se proporciona información sobre cómo integrar los servicios de las áreas naturales a los proyectos viales.

Servicios ecosistémicos	Su importancia en los proyectos viales
<p data-bbox="305 961 488 1024"><b>Regulación de inundaciones</b></p> 	<p data-bbox="675 961 1365 1360">Proteger o restaurar la vegetación en lugares clave en zonas aguas arriba de las carreteras puede reducir el riesgo de inundación en éstas. La vegetación regula y reduce la velocidad del caudal máximo durante las tormentas y baja el nivel de inundación, pues mejora la capacidad de infiltración de los suelos y el almacenamiento de agua. Evitar o reducir restricciones de flujo por la construcción de carreteras u otros desarrollos en planicies aluviales reducirá el riesgo de inundación de las carreteras; esto se debe a que el flujo de agua cuenta con suficiente espacio para fluir durante las inundaciones.</p>
<p data-bbox="272 1430 521 1493"><b>Protección contra tormentas costeras</b></p> 	<p data-bbox="675 1430 1365 1829">Los ecosistemas costeros (pantanos, manglares, lechos de algas marinas y arrecifes) disminuyen la fuerza de las olas, reducen la erosión costera y el riesgo de inundaciones. La protección y restauración de estas zonas puede reducir la exposición de las carreteras costeras a inundaciones y erosión, particularmente durante tormentas. Cuando los ecosistemas costeros sufren degradación o eliminación de vegetación, ya sea de manera indirecta o directa, y como resultado de la construcción de carreteras, incrementa el riesgo de daño tanto a la zona de la carretera como a la población.</p>

**Control de erosión**



La vegetación mantiene el suelo en su lugar y capta sedimentos. Esto previene la erosión y mantiene los sedimentos fuera de los sistemas de drenaje y de los canales. La vegetación que se mantiene o se restaura aguas arriba de los caminos evita que un gran número de sedimentos presentes en el agua de escorrentías proveniente de las tormentas lleguen hasta las carreteras. Esta filtración evita que los sedimentos en los caminos y puentes tengan que ser removidos. Como resultado, los costes de mantenimiento de infraestructura y de vehículos se reducen. De igual modo, tanto las cunetas expuestas como los caminos sin asfaltar suelen ser fuente de sedimentos. Los caminos pueden facilitar la transformación de tierras de vegetación silvestre en tierras menos efectivas para la retención sedimentos, tales como campos de cultivo o áreas pavimentadas adyacentes.

**Prevención de derrumbes**



La vegetación puede ayudar a estabilizar los suelos y las laderas y, en consecuencia, contribuye a la prevención de deslizamientos en áreas propensas a derrumbes. Proteger y restaurar la vegetación ubicada cuesta arriba de las carreteras puede reducir el riesgo de que un derrumbe caiga sobre la carretera. Como resultado, las preocupaciones de seguridad de los usuarios y los costes de mantenimiento disminuyen; mientras que la confianza en los caminos aumenta.

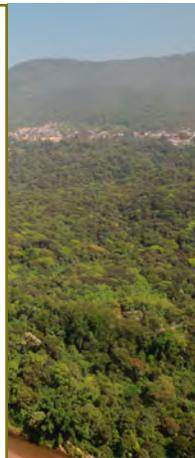
**Regulación de la calidad del agua**



Cuando los caminos reemplazan la vegetación o la transforman, se puede generar un efecto sobre la calidad del agua debido a la reducción de la capacidad de los ecosistemas para filtrar o retener contaminantes. La vegetación y los suelos ayudan a mantener el agua limpia porque eliminan los contaminantes. Los pantanos son particularmente efectivos, ya que pueden disminuir el flujo de agua un tiempo suficiente para que la vegetación pueda retener todos los contaminantes. Una manera rentable de mitigación de los efectos negativos de las carreteras en la calidad del agua es restaurar o plantar vegetación. Esta acción puede contribuir al cumplimiento de requerimientos regulatorios.

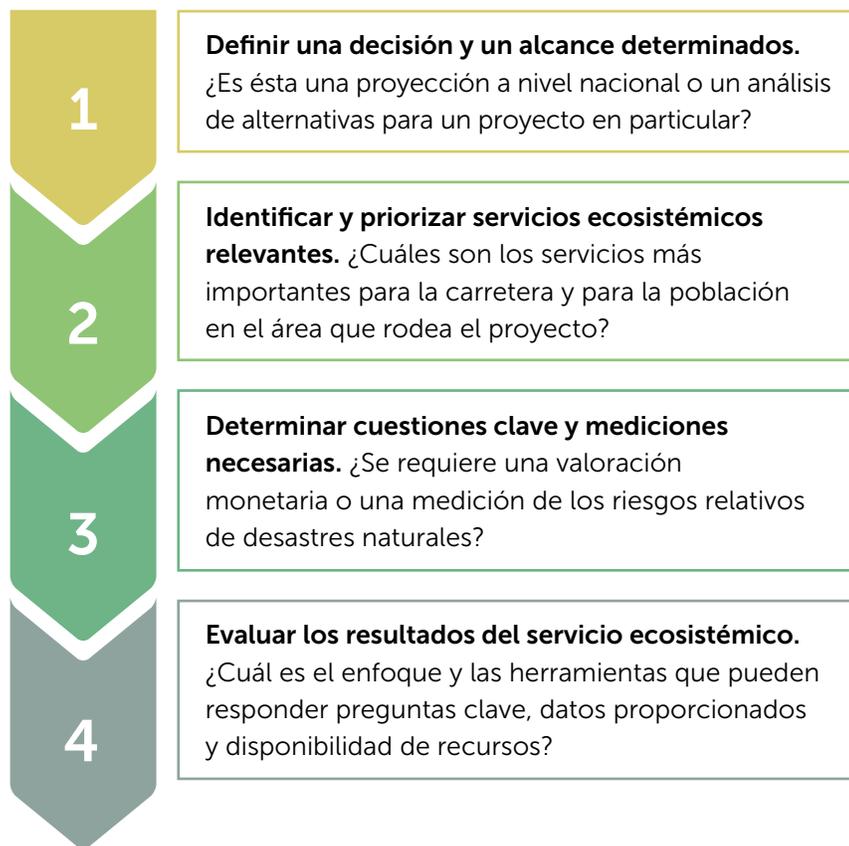
Servicios ecosistémicos	Su importancia en los proyectos viales
<p data-bbox="289 359 505 422"><b>Regulación de la calidad del aire</b></p> 	<p data-bbox="675 359 1365 758">La contaminación del aire tiene consecuencias negativas para la salud humana y puede causar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como algunas formas de cáncer. Las carreteras y, sobre todo, el tránsito vehicular que generan disminuyen la calidad del aire. La vegetación puede ayudar a mitigar los efectos negativos sobre la calidad del aire atrapando y filtrando contaminantes. La restauración de la vegetación puede servir como un método rentable para reducir y compensar el impacto de las carreteras sobre la calidad del aire, y contribuir al cumplimiento de las regulaciones del proyecto vial.</p>
<p data-bbox="264 825 529 947"><b>Captura y almacenamiento de carbono para la regulación climática</b></p> 	<p data-bbox="675 825 1365 1409">La población mundial puede sentir las consecuencias del incremento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera debido a los efectos del cambio climático en los patrones de lluvia; en la frecuencia y severidad de las tormentas; y en el aumento del nivel del mar. Por medio del almacenamiento de carbono en la vegetación, los ecosistemas mantienen el dióxido de carbono fuera de la atmósfera, en donde, de otro modo, contribuiría al cambio climático. La restauración de la vegetación puede compensar las emisiones de carbono asociadas a la construcción de carreteras, dando como resultado un proyecto neutro en carbono. También puede ayudar a compensar el CO<sub>2</sub> resultante de un crecimiento del tránsito vial y de la transformación de la vegetación; lo cual puede suceder de manera directa o indirecta a raíz de la construcción de caminos.</p>

**Tabla 1.** Algunos servicios ecosistémicos son particularmente importantes para los proyectos viales, ya sea porque los caminos dependen de ellos para reducir los riesgos naturales y las tasas de deterioro, o porque los caminos reducen los beneficios que estos servicios otorgan a la población. Imágenes de *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB). ©Jan Sasse para TEEB.



## Pasos para integrar los servicios ecosistémicos a la planeación de carreteras

Seguir los pasos que se detallan a continuación puede ayudar a integrar información sobre servicios ecosistémicos a la planeación, el diseño y la implementación de proyectos de infraestructura. Las secciones restantes de este documento proporcionan detalles y ejemplos adicionales sobre cómo implementar estos pasos para mejorar la viabilidad de los proyectos y de sus resultados. En la práctica, los detalles dependerán de la fase y del contexto del proyecto en el que los servicios ambientales se estén considerando (ver Sección 5 y Figura 4). Sin embargo, aquí se muestran algunas preguntas que pueden surgir durante cada etapa del proceso.





## 2. Las carreteras dependen y se benefician de los servicios ecosistémicos

1. Una actividad clave para la identificación e implementación de estrategias efectivas para la gestión de los beneficios de los servicios ecosistémicos es considerar la ubicación de ecosistemas importantes y población relativos para la construcción de caminos.
2. Conservar o restaurar los ecosistemas para reducir los riesgos naturales en las carreteras puede también proporcionar beneficios a las comunidades localizadas río abajo, tales como menor riesgo de inundación o una mejor calidad del agua. En tales casos, los proyectos de infraestructura pueden beneficiarse de una planeación multisectorial, por medio de la identificación de estrategias coordinadas y rentables para la gestión de servicios ambientales.

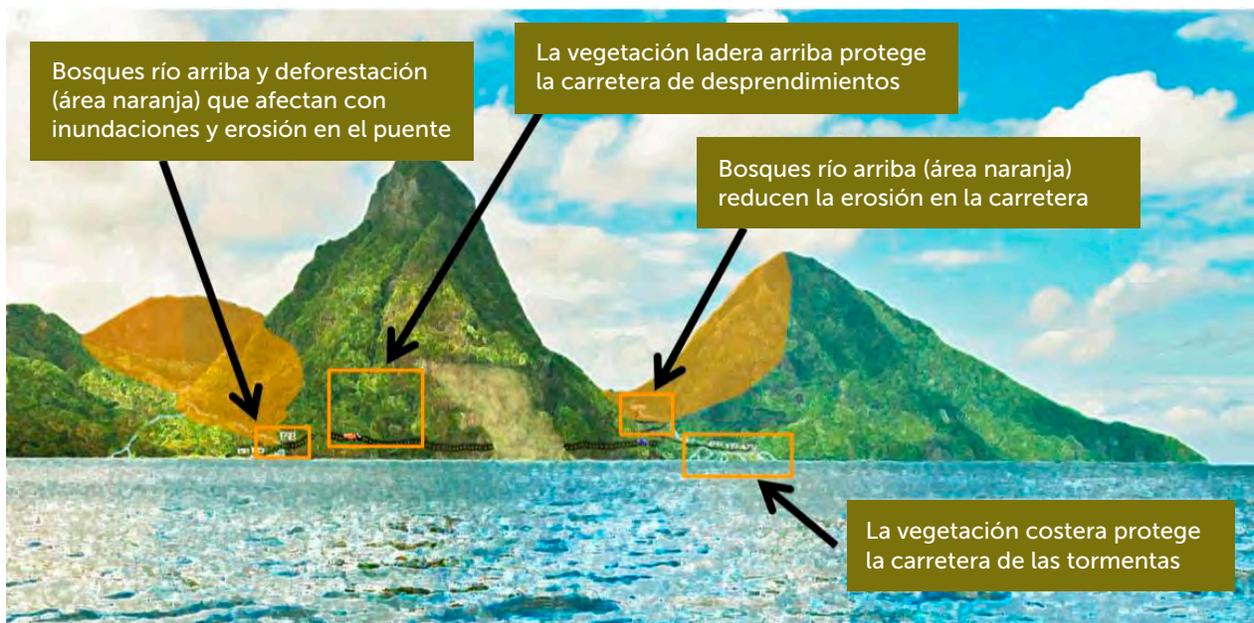
Cuando las inundaciones, los derrumbes y otros desastres naturales afectan a las carreteras, el acceso y la seguridad de usuarios y pobladores de áreas aledañas se ven comprometidos. Además, es necesario cubrir gastos de reparación, lo que provocaría que se acortara la vida útil del proyecto. Aunque siempre existe cierto nivel de riesgo, una parte clave del diseño del proyecto es el empleo de análisis ambientales y geotécnicos, para así reducir la vulnerabilidad y exposición de usuarios y de las carreteras a desastres naturales.

El concepto de servicios ecosistémicos proporciona una perspectiva útil para reflexionar sobre la exposición de las carreteras a desastres naturales provenientes de áreas aledañas, así como para convertir dichas reflexiones en una estrategia de mitigación de desastres. La dependencia de un servicio ecosistémico es una situación en donde los ecosistemas benefician a un proyecto vial de algún modo. Un ejemplo es el caso de un camino expuesto a inundaciones, donde proteger los pantanos río arriba y en zonas adyacentes al camino puede ser un componente importante para la estrategia contra inundaciones, la cual está basada en los servicios ecosistémicos. En cambio, si los pantanos sufrieran algún tipo de degradación o si este área fuera pavimentada, quedaría comprometido de manera severa el servicio de regulación de inundaciones, y se expondría a la carretera, a usuarios y a comunidades aledañas a mayores riesgos. Asimismo, la frecuencia de los costes de reparación de inundaciones se multiplicaría.

Como indica el ejemplo anterior, la identificación adecuada de servicios ambientales requiere de una perspectiva integral del área en cuestión, la cual debe abarcar una zona mayor a la del derecho de vía de las carreteras (Figura 1).

Si los desarrolladores de proyectos sólo consideraran el área del derecho de vía, se perdería la oportunidad de reducir la exposición a desastres naturales por medio de alternativas importantes y costo-eficientes. Si los desarrolladores de proyectos y otros actores internalizan en su totalidad cómo un proyecto vial depende y se beneficia de los servicios ecosistémicos, todos estarán mejor posicionados para responder preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo afectan los servicios ecosistémicos a un proyecto de infraestructura?
- ¿Cuál es la ruta ideal para maximizar el retorno de la inversión y para construir una carretera nueva con el menor riesgo ecosistémico posible?
- ¿Cuáles son las partes de la carretera más vulnerables a la degradación de los servicios ecosistémicos en el área circundante?
- ¿Cómo podría afectar un proyecto vial al cambio de uso de tierra y cuáles podrían ser los efectos de esta acción en términos de la degradación de los servicios ecosistémicos y del aumento de los riesgos para la carretera y sus usuarios?
- ¿Cómo afectan los diferentes escenarios del cambio climático al abastecimiento de los servicios ecosistémicos y cómo alteran el grado de exposición de la carretera y de los usuarios a desastres naturales?



**Figura 1.** Las carreteras dependen de las áreas naturales circundantes para controlar la erosión y reducir los riesgos de desastres naturales, tales como derrumbes o inundaciones. Una carretera cuenta con diferentes secciones, las cuales dependen de diferentes servicios ambientales. Las áreas que proporcionan beneficios a determinadas secciones se conocen como "servicesheds" o áreas de servicio. La preservación, restauración y la buena gestión de estas áreas de servicio ayuda a minimizar los costes de construcción y mantenimiento de las carreteras y, al mismo tiempo, maximizar sus beneficios.

Existen tres beneficios primordiales en la incorporación de la dependencia de los servicios ecosistémicos a los proyectos viales. Dichos beneficios fortalecen el retorno económico y la sostenibilidad de los proyectos, y son:

- 1. Mejorar el proceso de identificación del mejor proyecto o las mejores alternativas de diseño** en términos de la contribución de los servicios ambientales.
- 2. Informar qué parte de la zona es la mejor para realizar actividades económicas compatibles a ésta y fortalecidas por la carretera**, de modo que se puedan crear incentivos y políticas complementarias.
- 3. Permitir la identificación proactiva de las regiones más vulnerables a la degradación del ecosistema**, en donde actividades intencionales o no intencionales podrían comprometer seriamente los servicios ambientales para la carretera.

Esta información permitiría que los desarrolladores de proyectos participasen en la reducción de la probabilidad de que estos impactos negativos ocurran.

## 2.1. ÁREAS DE SERVICIO O “SERVICESHEDS”

Cuando los servicios ecosistémicos se incorporan al diseño de carreteras, resulta importante saber en qué parte del área son empleados para la protección de la infraestructura (Figura 1). Un área de servicio es una zona en donde se suministra un servicio ambiental determinado para un lugar o una población en especial<sup>3</sup>. El valor clave de un área de servicio es el de proporcionar un vínculo claro entre el lugar en donde se desarrolla el servicio ambiental y el lugar en donde se recibe el beneficio. Las áreas de servicio también son útiles para identificar quiénes podrían perder algún tipo de servicio a raíz de la construcción de una carretera; por lo tanto, las actividades de mitigación podrían enfocarse al beneficio de esas comunidades.

En lo que respecta a la regulación de inundaciones y a otros servicios ecosistémicos importantes para las carreteras (control de erosión, prevención de derrumbes, regulación de la calidad del agua), las áreas de servicio o las zonas de abastecimiento de servicios ambientales se localizarían en las áreas hidrológicas aguas arriba desde las que se originan los derrumbes, la erosión y los desbordamientos de agua. De igual manera, en lo que respecta a la protección contra tormentas costeras, las áreas de servicio se encontrarían en alta mar o en las zonas costeras por donde pasan las tormentas. En lo que respecta a la calidad del aire, la ubicación de las áreas de servicio estaría determinada por patrones de viento y por las zonas en donde se localiza la vegetación capaz de remover los contaminantes provenientes del camino.

Una vez determinada la ubicación del área de servicio, tanto los factores institucionales (por ejemplo, identificar quién es el propietario y gestor de las tierras desde donde se originan las escorrentías de agua) como los factores físicos (determinar si se cuenta con alguna infraestructura que proteja al camino de inundaciones) informan a los desarrolladores de proyectos sobre cómo usar de manera estratégica y proactiva este conocimiento para impulsar la protección del medio ambiente. Por ejemplo, en el caso de una inundación, esta información se puede emplear para desarrollar dentro de las áreas de servicio un plan de gestión que proteja o restaure ecosistemas y, por lo tanto, maximice la contribución de los servicios ecosistémicos a la mitigación de inundaciones del camino. Todo lo anterior debe ser parte de una estrategia integrada a los componentes convencionales de ingeniería que funcionan a nivel del proyecto.





## Evitar las consecuencias no intencionales antes de que ocurran: fundación del Parque Nacional Braulio Carrillo en Costa Rica

La construcción y mejora de carreteras resulta crucial para que el desarrollo económico arroje beneficios positivos, como mayor movilidad, acceso a mercados y a otros servicios sociales. Sin embargo, también abre la posibilidad de que surjan actividades ilegales o se produzca un cambio no sostenible en el uso de la tierra. Estos efectos no intencionales pueden comprometer la seguridad y confiabilidad de un proyecto vial, minar la capacidad de éste para cumplir con las obligaciones ambientales y afectar a largo plazo a las comunidades aledañas. Una estrategia para maximizar los beneficios económicos netos es la de anticipar potenciales cambios no intencionales y desarrollar, durante la etapa de planeación, acciones que se implementen antes o al mismo tiempo que la construcción o la mejora de la carretera en cuestión.

Un ejemplo práctico de este enfoque sincronizado se dio en los años setenta en Costa Rica, donde la construcción de la carretera San José-Puerto Limón se hizo en coordinación con la fundación del Parque Nacional Braulio Carrillo. La Carretera Limón, que atraviesa la Cordillera Central, tuvo un papel importante al proporcionar a los pueblos remotos de ese lado del Caribe mayor movilidad y acceso a mercados. Al mismo tiempo, la ruta iba a afectar a importantes áreas de conservación, lo que generó preocupación entre los grupos ambientalistas.

La fundación del Parque Nacional antes de la construcción de la carretera fue un hecho crucial para el éxito del proyecto. Se evitó tanto la expansión descontrolada de asentamientos como las actividades ilegales en el área. El parque se mantiene como una valiosa fuente abastecedora de servicios ecosistémicos. La protección brindada por el parque ha logrado conservar ecosistemas saludables que protegen el agua de las comunidades localizadas río abajo. El parque también funciona como un área para la protección de la biodiversidad de Costa Rica. Apoya las migraciones altitudinales de aves residentes al estirar un gradiente elevacional y ofrece la oportunidad de que diferentes especies se adapten al cambio climático. Aunque la designación de un área protegida no siempre es una estrategia práctica o efectiva, este ejemplo muestra cómo los desarrolladores de proyectos necesitan anticipar la manera en que las consecuencias intencionales y no intencionales de la construcción de carreteras afectarán a la región circundante. Es importante que se tomen acciones proactivas que preserven y restauren los servicios ecosistémicos que protegerán la carretera de desastres y evitarán que las comunidades aledañas sufran consecuencias no intencionales.

## 2.2. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL CONTEXTO DE UNA PLANEACIÓN MULTISECTORIAL DE INFRAESTRUCTURA

El BID está promoviendo un enfoque multisectorial para las acciones a futuro en el sector de infraestructura, por medio del reconocimiento tanto de la importancia de la interacción entre sectores, como del hecho de que las inversiones suelen ser irreversibles, específicas y a gran escala<sup>1</sup>. Un enfoque que identifique cómo los diferentes tipos de infraestructura dependen de los servicios ambientales proporcionados por la región es un modo práctico para integrar dichos servicios a una planificación multisectorial que incluya proyectos viales. Con el fin de lograr sinergias y evitar consecuencias no intencionales, tiene que darse una coordinación durante las fases de definición del alcance y planeación, así como durante la implementación del proyecto.



Una de las fortalezas de un enfoque así es que las inversiones en protección o restauración del ecosistema pueden producir diversos beneficios, relevantes para tomadores de decisiones y planificadores de diferentes sectores<sup>4</sup>.

Por ejemplo, las carreteras, los embalses, las plantas hidroeléctricas y la infraestructura de suministro de agua, se encuentran afectados por el impacto negativo de la erosión por sedimentación, derrumbes e inundaciones, las mismas causas que contribuyen a incrementar la erosión. Esta exposición a desastres favorece la oportunidad de identificar las regiones en donde una mejora en las prácticas de manejo de la tierra reduciría los riesgos para varios sectores. De igual forma, se encontrarían modos de gestión más rentables para cada uno de los sectores involucrados. Otro ejemplo son proyectos de expansión de carreteras que se combinen con inversiones dirigidas a empresas de agricultura sostenible, o a zonas de reforestación cercanas a los caminos, las cuales ayuden a disminuir la mala calidad del aire y a capturar el dióxido de carbono necesario para la mitigación del cambio climático.

Desde una perspectiva ambiental, una estrategia de coordinación multisectorial llevaría a una planeación que mejore el emplazamiento de los proyectos de infraestructura. El objetivo sería el de maximizar los beneficios potenciales de los servicios ambientales y minimizar los efectos negativos acumulados.



### 3. El impacto de las carreteras sobre el capital natural y los servicios ecosistémicos

#### Puntos clave:

1. La conectividad y el acceso que las carreteras proporcionan traen consigo numerosos beneficios para todos, pero también pueden tener efectos negativos sobre los servicios ecosistémicos. Tanto el control de la erosión como la regulación de la calidad del agua, de las inundaciones y del clima, son algunos de los servicios ecosistémicos que suelen perderse como consecuencia de la construcción de carreteras.
2. La ubicación estratégica de las carreteras, junto con una buena ingeniería y diseño de caminos nuevos y existentes, puede reducir muchas de las consecuencias directas que éstos tienen sobre los servicios ecosistémicos. Cuando no se respetan las mejores prácticas, la mitigación de los efectos de las carreteras puede resultar muy costosa.
3. Los mayores efectos que las carreteras tienen sobre el capital natural son resultado de efectos indirectos, tales como la transformación de la vegetación de áreas aledañas a los caminos en zonas de cultivo. La anticipación y el manejo adecuado de este impacto indirecto resulta crucial para asegurar que las carreteras contribuyan de manera sostenible al desarrollo de la región.

Las carreteras son agentes importantes de crecimiento económico. De igual modo, son responsables de una mejor calidad de vida de la población, pues permiten el acceso a servicios básicos, como la educación y los servicios de salud. Adicionalmente, facilitan el acceso a los mercados, lo que incrementa las oportunidades de trabajo y reduce los costes de producción<sup>1</sup>. Las carreteras tienen un rol fundamental en el desarrollo y en la prosperidad económica. Los caminos rurales, por su parte, ayudan al desarrollo de los mercados y de las economías locales<sup>5</sup>, así como a la reducción de la pobreza<sup>6</sup>. De igual manera, se ha encontrado que los gastos públicos en infraestructura vial contribuyen de manera significativa a la productividad<sup>7</sup> y al desempeño económico de la industria privada<sup>8</sup>. Cuando las carreteras se desarrollan de manera estratégica, tienen un papel fundamental en el crecimiento económico.

Al mismo tiempo, las carreteras pueden tener efectos negativos severos para los ecosistemas circundantes y para la población que depende de ellos; pueden afectar de manera directa en el medio ambiente de la región o permitir

la deforestación y otros cambios en el manejo de esas tierras. Cuando se construye infraestructura sin tener en cuenta los efectos de ésta (ya sean directos o indirectos), los beneficios esperados disminuyen y se ponen en riesgo oportunidades potenciales de crecimiento. La agricultura, la pesca, la silvicultura y el turismo constituyen, juntos, el 15% del PIB de América Latina y el Caribe; emplean el 17% de la fuerza de trabajo de la región y representan hasta el 50% de las exportaciones totales<sup>1</sup>. Estos sectores económicamente importantes dependen de los servicios ecosistémicos, como del abastecimiento de agua limpia, la mitigación de inundaciones y el control de la erosión, los cuales pueden resultar comprometidos a causa de una gestión deficiente en los proyectos viales.

Considerar tanto los beneficios importantes de las carreteras como el impacto negativo que producen, puede ayudar a reducir las consecuencias no intencionales del desarrollo de infraestructura y a maximizar las ventajas que otorgan. Con el objeto de tomar decisiones informadas sobre cómo satisfacer las necesidades sociales del mejor modo, así como para usar de manera prudente los escasos fondos disponibles para el desarrollo de carreteras, resulta importante entender, minimizar y ser transparente acerca de los “trade-offs” que se dan entre el desarrollo de éstas y los beneficios obtenidos, tales como los servicios ambientales que emanan del capital natural.

En esta sección se identifican servicios ecosistémicos clave que suelen estar en riesgo debido a la construcción de carreteras. También se describen las maneras directas o indirectas en las que las carreteras afectan a estos servicios. Finalmente, se muestra la importancia de considerar ambos tipos de impactos al momento de tomar decisiones sobre dónde y cómo construir caminos nuevos y mejorar los existentes.

### **3.1. MECANISMOS DEL IMPACTO DE LAS CARRETERAS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Al alterar la vegetación y los suelos, las carreteras pueden generar impactos de gran alcance sobre los servicios ambientales, que son fundamentales para el desarrollo económico y el bienestar humano. Particularmente, el desarrollo de carreteras suele tener un impacto recurrente sobre el control de la erosión, la regulación de inundaciones, la protección de las zonas costeras y la regulación de la calidad del agua y del clima (Tabla 1, páginas 11, 12 y 13).

Cuando se evalúan los efectos de las carreteras, resulta importante considerar tanto el impacto sobre los ecosistemas en términos de hectáreas afectadas, como la manera en que estos cambios afectan a la dinámica de los beneficios sobre las poblaciones más alejadas del sitio en cuestión. En el caso de carreteras que atraviesan áreas protegidas, el desarrollo y la mejora de éstas no sólo afectará el área en sí, sino que también alterará la cantidad de beneficios que obtienen las comunidades cercanas o localizadas río abajo.

Las carreteras también pueden afectar al abastecimiento de los servicios ecosistémicos de manera indirecta al incrementar el acceso a zonas naturales y al capital natural. Cuando las carreteras se manejan de manera sostenible, pueden facilitar el aumento de la producción de madera, del turismo y de alternativas recreativas. No obstante, sin la gestión y gobernanza adecuadas, el acceso creciente a áreas naturales proporcionado por las carreteras puede conducir a una disminución del capital natural, ya sea debido a la recolección de madera, a la caza o a una reducción de los beneficios recreativos en áreas valiosas por su biodiversidad, belleza o ubicación.

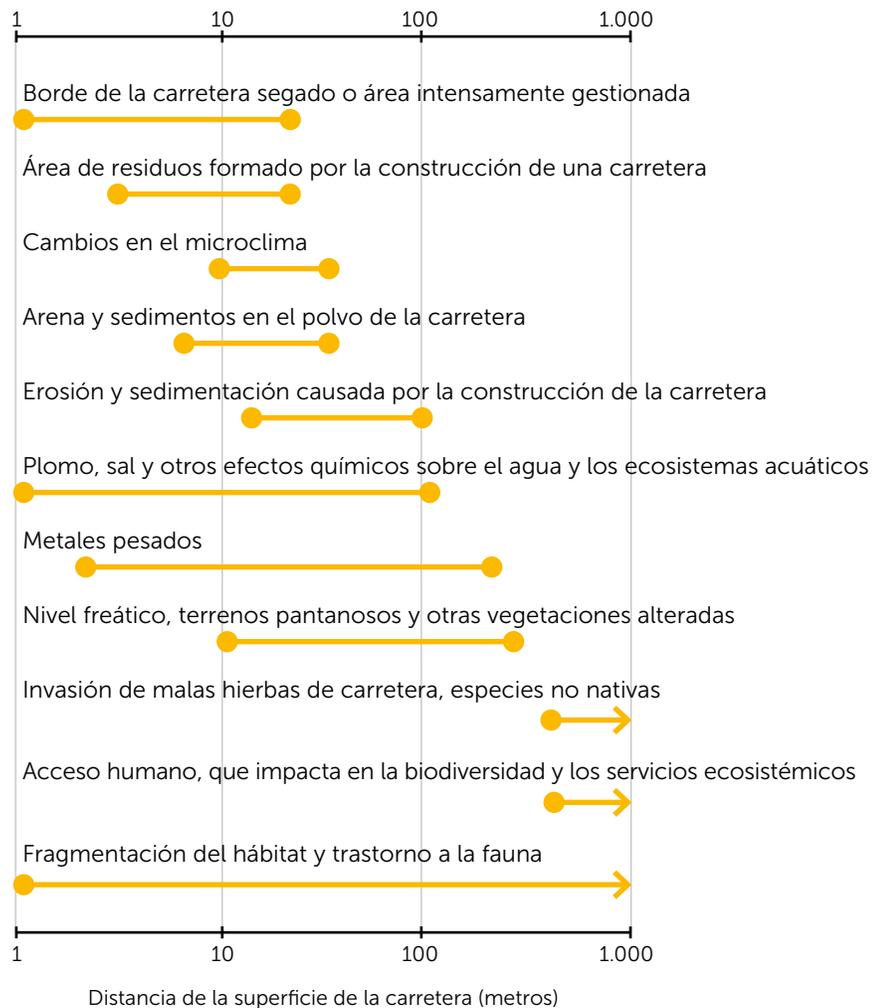


### **3.2. EFECTOS DIRECTOS DE LAS CARRETERAS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Los efectos directos de las carreteras tienen un gran impacto sobre las áreas que los rodean, sobre todo en zonas y poblados ubicados aguas abajo (Figura 2). La construcción de carreteras está relacionada con el declive de pesquerías económica y culturalmente importantes. Esto se debe a los cambios que se dan en los caudales pluviales máximos o caudales de avenida; al incremento de los sedimentos en el agua de los arroyos; a pérdidas de la vegetación ribereña; a derrumbes relacionados con los caminos; y, por último, a bloqueos de los arroyos debido al mal diseño o al cuidado deficiente de puentes y alcantarillas<sup>9</sup>.



## Impactos de la carretera sobre el medio ambiente en distancias



**Figura 2.** Rango de distancias promedio y máximas en las que se han medido y documentado los efectos sobre los ecosistemas y los servicios que éstos proporcionan. Gráfico adaptado de la Figura 11.6 en *Road Ecology* de Richard T.T. Forman. © 2003 Island Press. Reproducido con permiso de Island Press.

Las carreteras reemplazan la vegetación con superficies pavimentadas o suelos expuestos, los cuales alteran los procesos hidrológicos en las carreteras y alrededor de ellas. Este hecho puede acelerar el caudal en los canales de agua durante tormentas y, por ende, incrementar el riesgo de inundación<sup>9</sup>. Asimismo, se ha encontrado que los caminos en bosques incrementan la media anual de inundaciones hasta un 10%<sup>10</sup>. Los caminos también pueden incrementar las inundaciones al reducir la filtración del agua. En zonas en donde predomina la vegetación silvestre, la mayor parte de la lluvia se filtra hacia el subsuelo. En cambio, en las partes en donde las superficies pavimentadas ocupan una fracción mayor de la vertiente, mayor es la cantidad de lluvia

que se convierte en escorrentía superficial<sup>11</sup>. Por esta razón, las inundaciones suelen incrementar de manera proporcional a la cantidad de superficies pavimentadas, lo que provoca daños mayores a la infraestructura, a la propiedad e, incluso, puede poner vidas en peligro.

Los caminos contribuyen de manera importante a la erosión, sobretodo en ambientes húmedos con pendientes inclinadas. Los suelos expuestos a los lados del camino y las superficies viales sin asfalto suelen erosionarse, dando como resultado un flujo regular de sedimentos presentes en los cuerpos de agua que se dirigen río abajo<sup>9</sup>. El grado de erosión depende del tipo de suelo, de la profundidad y la velocidad del caudal de agua, así como de la longitud y la inclinación de la pendiente. De igual modo, la erosión y la sedimentación reducen la calidad del agua potable, disminuyen la belleza de las tierras y los ríos, afectan a la pesca en agua dulce de forma importante para la subsistencia y obtención de alimentos, y obstaculizan la irrigación y producción de energía hidráulica. Los caminos también pueden alterar los torrentes: el agua y los sedimentos provenientes de los canales y de las partes altas son interceptados por los caminos y desviados hacia las estructuras de drenaje de los mismos, erosionando con caudales enormes los grandes canales que se dirigen pendiente abajo.<sup>9,12,13</sup>

## **Minimizar el impacto directo de los caminos sobre los servicios ecosistémicos**

El impacto directo que provoca la construcción de caminos se puede minimizar de dos formas:

- 1. Ubicando los caminos en lugares en donde el impacto sea bajo o menor.**
- 2. Empleando las mejores prácticas de diseño y construcción de carreteras.**

De igual modo, es de suma importancia evitar la construcción de caminos en las áreas más sensibles. El impacto ambiental de los caminos es mayor cuando se construyen sobre valles o laderas, en donde tienden a interceptar más agua que aquellos que se encuentran en las cadenas montañosas<sup>9</sup>; aunque eso no quiere decir que las cadenas montañosas sean la ubicación ideal para una carretera. Un buen manejo de caminos que incluya la estabilización de los suelos a través de la vegetación, así como la desviación de los caudales y la construcción de pantanos que atrapen sedimentos y otros contaminantes, puede ayudar a minimizar la erosión, a controlar los sedimentos y a atenuar los flujos superficiales.<sup>9,14</sup>

Seguir los principios mencionados reduce de manera significativa los efectos de la construcción de carreteras sobre los servicios ecosistémicos. En cambio, ignorar el impacto directo acarrea grandes y costosas consecuencias.

Por ejemplo, el gobierno de Colombia ha gastado (mediante un préstamo del BID y asistido por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional, GIZ) diez millones de dólares en la restauración de los daños hechos a los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los cuales sucedieron cuando la construcción de la carretera bloqueó el intercambio de flujos entre los sistemas de agua dulce y el océano; como resultado, los manglares se secaron de manera drástica y las pesquerías locales se vieron seriamente afectadas.<sup>15,16</sup>



### **Carretera Ciénaga-Barranquilla en Colombia:** consecuencias de no considerar las dependencias de la carretera y sus efectos sobre los servicios ecosistémicos

En 1949, Colombia identificó que el mayor impedimento para el desarrollo económico de la nación era su infraestructura vial. Como consecuencia, el Banco Mundial le otorgó préstamos para la mejora de 300 kilómetros de carreteras, lo que conectaría los centros más habitados con los puertos marítimos y fluviales. El proyecto incluía la construcción de la carretera Ciénaga-Barranquilla, que se inició en 1956.<sup>34</sup>

La carretera Ciénaga-Barranquilla atraviesa la Ciénaga Grande de Santa Marta, un mosaico de manglares, bosques secos, pasturas, plantaciones, tierras agrícolas y pantanos marinos que cubren miles de kilómetros cuadrados de la costa caribeña de Colombia<sup>16</sup>. La ciénaga también es la fuente principal de mariscos de la región y proporciona alimentos a comunidades locales, así como a ciudades de la costa y del interior del país<sup>16</sup>. La mayor parte de las 350.000 personas que habitan en la región viven en la pobreza, carecen de agua potable, de vivienda y de acceso a servicios sanitarios y educativos<sup>16</sup>.

#### **Efecto cascada del impacto de la carretera Ciénaga-Barranquilla sobre los servicios ecosistémicos**

La construcción de la carretera Ciénaga-Barranquilla cortó casi todas las conexiones naturales (excepto una) entre el complejo de lagunas y el océano<sup>16</sup>. Este hecho cambió la hidrología del sistema de pantanos y contribuyó de manera sustancial a la mortalidad de los manglares (casi el 70%) y de las pesquerías, que usaban los manglares como hábitat de crianza. Entre 1980 y 1990, la biomasa de pescado disminuyó un 70%.

El declive de los mariscos, provocado por la pérdida de los manglares y los cambios en la hidrología, no es sólo consecuencia de la construcción de la carretera. Estas pérdidas son el resultado de los impactos acumulados de las actividades económicas y del desarrollo de la infraestructura en las zonas localizadas río arriba de la Ciénaga Grande de Santa Marta. La construcción de una carretera y una presa a lo largo del río Magdalena, la cría de ganado y la expansión de plantaciones de plátano y aceite de palma contribuyeron a la reducción de los caudales de agua dulce, al incremento de la sedimentación y a la contaminación de los canales, de las lagunas y de los humedales<sup>16</sup>.

Haber empleado un marco de planeación multisectorial que considerara los efectos y los beneficios de la construcción de una carretera, de una presa y del desarrollo agrícola, hubiera podido ayudar a identificar qué zonas eran más compatibles para estas actividades, y cómo éstas se hubieran podido desarrollar de manera que el impacto sobre la pesca y los manglares fuera mínimo.



Imagen: [www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com) (Tomas Konopasek)

La carretera Ciénaga-Barranquilla ilustra la importancia de tomar en cuenta los efectos indirectos de los caminos. En los 40 años que siguieron a la construcción de la carretera, los manglares se redujeron en un 70%<sup>35</sup>. Esto se debió, en parte, a los efectos directos de la carretera, así como a los efectos acumulados de otros desarrollos hidrológicos y de salinidad. La carretera también permitió la extracción de madera de los manglares para fines comerciales. Fue precisamente durante este periodo de 20 años de explotación que se aceleró el declive de los manglares<sup>16</sup>. Aunque la extracción de madera se traduce en un beneficio

económico, en este caso también generó costes económicos y ambientales, tales como la reducción del desembarque de pescados (también relacionado a la pérdida de los manglares). Además de la pérdida de los hábitats de crianza para la pesca, el declive de estas áreas parece haber contribuido a la eutrofización y a la mortandad de peces<sup>16</sup>. Los manglares pueden funcionar como depósitos de nitrógeno y fósforo inorgánicos; por lo tanto, entre mayor sea la desaparición del manglar menor será la capacidad del ecosistema para remover contaminantes del agua y amortiguar los efectos de la expansión agrícola que se da en zonas río arriba.

### Restaurar los servicios ecosistémicos y gestionar la dependencia

El proyecto **PROCIÉNAGA** se inició en 1992 con el propósito de restaurar los flujos hidrológicos, restableciendo las conexiones entre el océano y la laguna y entre la laguna y el río Magdalena, las cuales habían sido obstaculizadas por la construcción de la carretera Ciénaga-Barranquilla. El gobierno de Colombia, a través de un préstamo del BID y con la ayuda de la GIZ, invirtió decenas de millones de dólares para la restauración de los flujos<sup>15</sup>. Sin embargo, los esfuerzos para restaurar los manglares continúan.

Un enfoque multisectorial de planeación, que considerase tanto los efectos acumulados como los indirectos, pudo haber creado una vía para el desarrollo de la región que maximizara los diferentes beneficios económicos y, al mismo tiempo, evitara algunos de los gastos de restauración y mitigación de daños que aún persisten. De hecho, cuando el proyecto PROCIÉNAGA concluyó en el año 2000, las conexiones restauradas no recibieron el mantenimiento adecuado; los sedimentos incrementaron, la mortalidad de peces volvió a subir y el manglar se secó<sup>16</sup>. En el año 2005, Colombia añadió un impuesto ambiental a la cuota de la carretera con el objeto de solventar el dragado, el monitoreo ambiental y otras actividades de mantenimiento<sup>36</sup>. Desde 2010 se han gastado más de diez millones de dólares en la instalación de un arrecife artificial y en la reposición de arena, con el fin de facilitar la formación de la playa y la restauración del manglar al lado del camino. Se espera que, de este modo, también se restauren los servicios costeros de protección y se reduzca la erosión en la zona<sup>37</sup>. Sin embargo, la erosión del camino continúa a pesar de todos los esfuerzos, por lo que es necesario implementar más soluciones. Este documento perfila algunos enfoques que pueden ayudar a evaluar y reducir los “trade-offs” entre el desarrollo de la infraestructura y el abastecimiento de servicios ecosistémicos en la región de Ciénaga Grande de Santa Marta.

### 3.3. MÁS ALLÁ DEL DERECHO DE PASO: EFECTOS INDIRECTOS DE LAS CARRETERAS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La construcción de carreteras puede generar efectos de gran alcance sobre la región circundante y sobre los servicios ecosistémicos que ésta proporciona. Los efectos indirectos del desarrollo de infraestructura vial se pueden extender decenas de kilómetros más allá del camino; o incluso más en el caso de un cambio climático. Por medio de la reducción de costes de transporte y el mayor acceso, los caminos pueden promover cambios en el uso de la tierra, como la recolección de madera y la transformación de los bosques en pastos o en tierras de cultivo. Las carreteras nuevas o mejoradas también pueden detonar cambios en las prácticas de manejo de la tierra al permitir un acceso más fácil y menos costoso durante todo el año. La tasa creciente de deforestación alrededor de las nuevas carreteras en el Amazonas se ha extendido a distancias de 50 kilómetros o más<sup>17-19</sup>. Asimismo, las mejoras en la infraestructura vial también pueden tener consecuencias, por ejemplo, un aumento en las tasas de deforestación tanto en caminos pavimentados como en caminos de tierra no asfaltados<sup>20</sup>.

Cuando la construcción o las mejoras en los caminos promueven cambios en el uso de la tierra o en las prácticas de manejo de la tierra, éstos generan también un cambio en los servicios ecosistémicos disponibles en aquellas zonas.



Por ejemplo, la creciente recolección de madera en los bosques podría reducir el secuestro de carbono e incrementar la erosión. Cabe señalar que estos cambios sobrepasan, por mucho, el impacto directo de los caminos sobre los servicios ambientales. Un análisis de la propuesta de construcción de una carretera entre Pucallpa, Perú y Cruzeiro do Sul, en Brasil, sugiere que la transformación de la vegetación silvestre en zonas de pasto o de producción de aceite de palma cerca de dicho camino, generaría un aumento de los sedimentos en el agua potable 1.000 veces mayor que lo esperado en caso de que sólo se construya la carretera<sup>21</sup>.

Algunos de los efectos indirectos de la construcción de carreteras se traducen en beneficios económicos que proporcionan empleos y bienes materiales importantes. Sin embargo, también existe el riesgo de que un mayor acceso a los recursos naturales provoque la degradación y el agotamiento de estos bienes y servicios ambientales. Sin un manejo adecuado de las provisiones y una capacidad institucional sólida que apoye una gestión sostenible, los recursos naturales renovables pueden sobreexplotarse, minando así tanto el abastecimiento de dichos recursos como el número de empleos que dependen de ellos.

La tendencia de alejarse de los caminos para realizar un cambio en el uso de la tierra también es una oportunidad para guiar un desarrollo que logre reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente. El pleno conocimiento de las áreas clave para el abastecimiento de los servicios ambientales, una buena planeación y el emplazamiento estratégico de los caminos, concentraría el desarrollo vial en áreas menos sensibles y lo alejaría de las zonas más vulnerables<sup>22</sup>.

Por razones como estas, resulta importante considerar tanto el impacto indirecto de la construcción de carreteras como sus beneficios. De esta manera, sería posible asegurar que el efecto neto del desarrollo de carreteras sea beneficioso, y que los objetivos del mismo no disminuyan a causa de la degradación de la calidad del agua, de la poca disponibilidad de alimentos o de cualquier otro servicio ambiental relevante. Este hecho tiene especial importancia en el caso de las comunidades indígenas y de la población en condiciones vulnerables, quienes dependen casi totalmente de estos servicios para garantizar su subsistencia y bienestar.<sup>23,24</sup>



### **3.4. INTEGRACIÓN DE PERSPECTIVAS A NIVEL LOCAL Y PANORÁMICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL**

Con el objeto de anticipar y minimizar los efectos negativos de los caminos y, al mismo tiempo, maximizar los beneficios de los mismos, hay que integrar una perspectiva local (necesaria para un buen trabajo de ingeniería civil) a una perspectiva panorámica que proporcione una visión más holística de la interacción entre las carreteras y las áreas aledañas. Una perspectiva panorámica también facilita la coordinación de actividades entre sectores. Por lo tanto, dicha coordinación puede ayudar a prevenir los efectos negativos de la construcción de carreteras (por ejemplo, aumento de la erosión debido a la interrupción de la producción de energía hidráulica en áreas ubicadas río abajo). Además, como ya se ha mencionado, esta sincronización permite la identificación de sinergias en los lugares en donde los servicios ecosistémicos proporcionan mayores beneficios a varios sectores y a la población. Las secciones que se desarrollan a continuación resaltan los servicios ecosistémicos que se deben considerar como prioritarios en diferentes contextos. Por otro lado, se muestran cuáles son las oportunidades para integrar dichos servicios a la toma de decisiones durante etapas clave del proceso de planeación, así como qué herramientas resultan útiles para el análisis de los servicios ecosistémicos.

## 4. Contextos cruciales para la evaluación de los servicios ecosistémicos

Basándose en el hecho de que las carreteras dependen de los servicios ecosistémicos y, al mismo tiempo, tienen un efecto sobre éstos, la siguiente tabla es una herramienta que ayuda a identificar cuáles son los servicios ecosistémicos que deben priorizarse para su evaluación. En estos contextos se espera que la adaptación de planes de acuerdo con la información obtenida resulte beneficiosa para reducir la exposición de las carreteras a inundaciones, derrumbes y otros desastres relacionados con los servicios ambientales. Como consecuencia, también se evitarían y reducirían efectos indeseables para las comunidades aledañas. Cabe señalar que este tipo de identificación y evaluación debe llevarse a cabo en las etapas iniciales del proyecto. Como sucede con cualquier herramienta de identificación, la siguiente guía debe emplearse con el entendimiento adecuado de los factores geotécnicos, económicos y sociales, los cuales proporcionan un contexto adicional para saber qué servicios ecosistémicos tienen más riesgo de recibir algún impacto negativo tras el proyecto, así como cuáles son las estrategias más efectivas para reducir los primeros y mitigar los riesgos. Asimismo, estas detecciones también ayudan al cumplimiento de las salvaguardias ambientales y sociales del BID.

Servicios ecosistémicos prioritarios para evaluación:	Regulación de la calidad del aire	Almacenamiento de carbono	Protección contra tormentas costeras	Control de erosión	Regulación de inundaciones	Recursos naturales importantes a nivel local	Prevención de derrumbes	Regulación de la calidad del agua
<b>PROYECTOS VIALES QUE SE DAN EN ZONAS ECOLÓGICAS SENSIBLES</b>								
Áreas con pendientes pronunciadas, suelos inestables y/o lluvias intensas				✓	✓		✓	
Zonas áridas con vientos fuertes				✓				
Caminos que atraviesan o están al lado de arroyos y ríos				✓	✓			✓
Zonas costeras expuestas a tormentas, especialmente en áreas de baja altitud			✓					
Cabeceras para las poblaciones localizadas río abajo				✓				✓
Áreas activas o con potencial para la tala de bosques		✓		✓	✓		✓	✓

Servicios ecosistémicos prioritarios para evaluación:	Regulación de la calidad del aire	Almacenamiento de carbono	Protección contra tormentas costeras	Control de erosión	Regulación de inundaciones	Recursos naturales importantes a nivel local	Prevención de derrumbes	Regulación de la calidad del agua
<b>PROYECTOS VIALES QUE AFECTAN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS IMPORTANTES PARA COMUNIDADES EN RIESGO</b>								
Zonas río arriba o cerca de comunidades vulnerables	✓			✓	✓	✓		✓
Áreas donde la subsistencia depende altamente de recursos naturales renovables						✓		
Zonas río arriba de comunidades que obtienen agua potable directamente de los arroyos				✓				✓
Proyectos que forman parte de una planeación multisectorial	✓		✓	✓	✓		✓	✓
<b>PROYECTOS VIALES QUE PUEDEN CAUSAR UN CAMBIO DE ALTO RIESGO O DE GRANDES PROPORCIONES EN EL USO DE LA TIERRA</b>								
Potencial para la tala intensiva de vegetación silvestre		✓		✓	✓		✓	✓
Potencial de pérdida de los pantanos o de la vegetación ribereña				✓	✓			✓
Potencial de pérdida de los hábitats costeros, especialmente manglares y pantanos			✓					
Potencial para el crecimiento urbano				✓	✓			✓
Potencial para la expansión de actividades agrícolas				✓				✓
Potencial para una mayor extracción de recursos naturales		✓		✓	✓			

**Figura 3.** Saber cuál es el servicio ecosistémico más importante depende del contexto en el que la carretera se construye y de las características de la región. Esta figura muestra una lista de verificación de servicios ecosistémicos prioritarios para considerar dentro de una variedad de contextos comunes.

## 5. Oportunidades para priorizar los servicios ecosistémicos en las decisiones de construcción de carreteras

### Puntos clave:

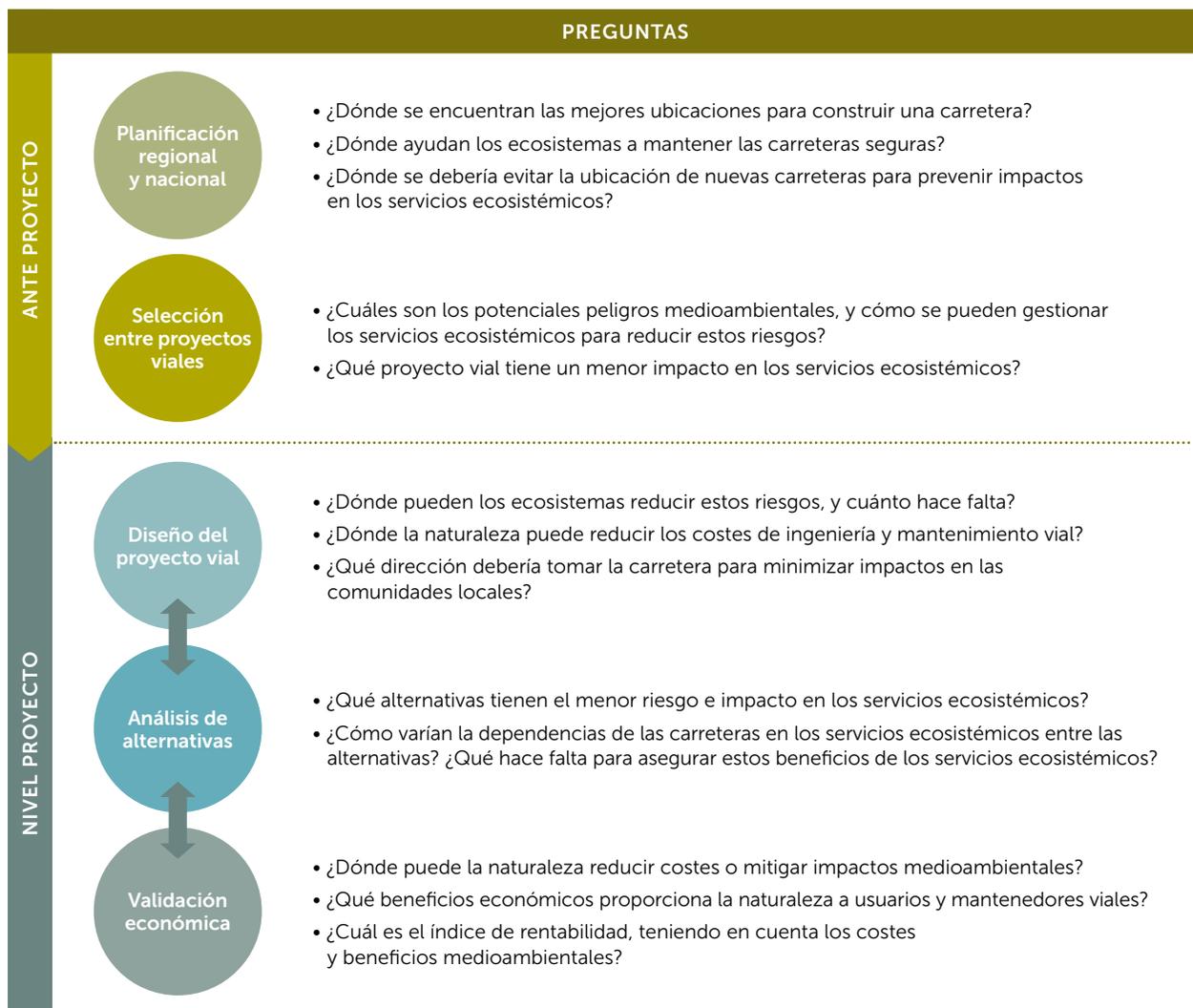
1. Incorporar la información de los servicios ecosistémicos en etapas claves del diseño y de la implementación de proyectos de infraestructura puede aumentar los beneficios económicos y de crecimiento que las carreteras ofrecen, al mismo tiempo que se mejora la duración de las inversiones en infraestructura vial.
2. La información sobre servicios ecosistémicos puede contribuir en muchos aspectos a las decisiones relacionadas con las inversiones en infraestructura.
3. Considerar los servicios ambientales en una etapa temprana del proceso de planeación de transporte puede traer consigo los mejores beneficios.

Incorporar la información sobre servicios ambientales durante el diseño y la implementación de proyectos viales puede ayudar a minimizar los riesgos y a maximizar los beneficios, mientras que los beneficios sociales también se ven fortalecidos. Esto no sólo ayuda a que los principios estratégicos de transporte<sup>1</sup> del BID tengan éxito, sino que facilita el cumplimiento de los requerimientos de protección ambiental<sup>25</sup>.



Existen muchos enfoques y herramientas que pueden proporcionar información necesaria sobre servicios ecosistémicos que apoye este tipo de decisiones. De igual modo, se pueden emplear conocimientos científicos nuevos o existentes para desarrollar herramientas que satisfagan las necesidades especiales del BID y de sus contrapartes en los países y, de este modo, estructurar adecuadamente el proceso.

Esta sección muestra las áreas clave en donde se puede incorporar información sobre servicios ecosistémicos a las decisiones de los proyectos viales durante diferentes fases de planeación (Figura 4). También proporciona ejemplos sobre cómo se ha utilizado este tipo de información en la toma de decisiones relacionadas a la planificación de construcción de carreteras y resalta cómo dichos enfoques pueden adaptarse a cada uno de los proyectos de infraestructura.



**Figura 4.** A lo largo del ciclo de vida del proyecto, se dan oportunidades para incorporar servicios ecosistémicos y capital natural valioso para el desarrollo vial. Por otro lado, tanto la naturaleza como la dimensión de las preguntas que pueden hacerse cambian en cada una de las fases.

## 5.1. PLANEACIÓN DE TRANSPORTE A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL

**La mayor oportunidad para maximizar los beneficios de los servicios ecosistémicos, minimizar pérdidas y manejar el nivel de dependencia, se da cuando la relación entre las carreteras y los servicios ecosistémicos es tomada en cuenta en el momento preciso; o sea, antes de que los proyectos se empiecen a definir.** Una detección a nivel nacional y regional ayuda a identificar las áreas clave de abastecimiento de servicios ecosistémicos que podrían resultar amenazadas por la construcción o expansión de una carretera. La detección también muestra las áreas menos sensibles para la construcción del camino. Por ejemplo, las áreas arboladas localizadas en las partes más empinadas de una cuenca no sólo resultan cruciales para la conservación de las reservas de agua potable de las poblaciones que habitan río abajo, sino que también pueden ser muy sensibles a la construcción de una carretera. Por otro lado, las planicies que ya se han transformado en tierras de cultivo podrían brindar menos servicios de regulación de calidad del agua y, al mismo tiempo, son una ruta de menor impacto en lo que respecta a la construcción de caminos. Toda esta información proporciona datos sobre los “trade-offs” y las sinergias involucradas en el emplazamiento de una carretera, y facilita la comparación con otros costes y beneficios. De igual modo, la información sobre las áreas en donde el camino está expuesto a inundaciones, derrumbes u otras amenazas ambientales puede incorporarse con el objetivo de trasladar el desarrollo vial hacia zonas de bajo riesgo.

Los mapas de detección que muestran los diferentes niveles de sensibilidad de las áreas naturales con respecto a la construcción de carreteras, pueden incorporarse a los planes maestros de transporte de los países. Además, estos mapas pueden guiar las inversiones en desarrollo de infraestructura de los sectores público y privado, de modo que ambos satisfagan las necesidades de transporte del país y, al mismo tiempo, mantengan la infraestructura natural de la que dependen los ciudadanos.



Este método de planeación a escala panorámica se ha aplicado exitosamente al sector energético, en donde se ha comprobado que las metas energéticas pueden alcanzarse fácilmente sin tener que intervenir en las áreas más sensibles de la región<sup>26-28</sup>. Dicho enfoque puede ampliarse al sector transporte con el fin de incorporar servicios ecosistémicos a la planeación de desarrollo de infraestructura vial, y por ende, satisfacer las necesidades del proyecto y proteger servicios ambientales cruciales. Por ejemplo, la información ambiental y socioeconómica podría usarse como una guía para la construcción de carreteras en zonas en donde la erosión y los derrumbes no representan una amenaza para el camino ni para los usuarios. Adicionalmente, una construcción más sensata evitaría que las escorrentías y los sedimentos provenientes de las carreteras pusieran en riesgo el agua potable de las comunidades localizadas río abajo.

**Considerar los servicios ecosistémicos en una etapa temprana del proceso de planeación fomentaría que los proyectos avanzaran más rápido y de forma más rentable, minimizando así el riesgo de sufrir retrasos asociados a la provisión de salvaguardias ambientales.** Este mismo enfoque resultaría muy valioso para una planeación multisectorial y para la gestión de los efectos acumulados de las actividades recurrentes de desarrollo. Además, todo lo anterior aseguraría la compatibilidad entre, por ejemplo, la construcción de carreteras y las necesidades hidráulicas, en donde los sedimentos provenientes de los caminos podrían impedir la generación de energía. Al mismo tiempo, la protección de las cuencas mejoraría la sostenibilidad de los puentes y reduciría los costes de mantenimiento de las reservas.

Dada la brecha que existe entre la oferta y la demanda de infraestructura en América Latina y el Caribe, cada vez se están considerando más proyectos viales, los cuales podrían aprobarse en un ciclo determinado de financiación. La detección a nivel panorámico también ayuda a priorizar los proyectos y a elegir cuáles son los que están menos expuestos a riesgos y/o tienen un impacto negativo menor sobre los servicios ambientales. Por ejemplo, sería mejor invertir en proyectos viales en áreas con bajo riesgo de derrumbes, o donde sea posible proteger la vegetación y reducir cualquier desastre. No obstante, sucede lo contrario cuando se construyen caminos en áreas donde un potencial cambio en el uso de la tierra o el cambio climático ponen en riesgo los caminos, provocando el aumento de los costes de construcción y mantenimiento. Está claro que estos riesgos y efectos son sólo algunos de los muchos factores que intervienen durante la selección de un proyecto. Sin embargo, aunque todo lo demás es igual, los proyectos de bajo riesgo tienen más posibilidad de implementarse con menos demoras, así como de traducirse en inversiones más sostenibles a lo largo del ciclo de vida del proyecto.



## Pavimentando un camino a través del Amazonas

El programa del BID **“Desarrollo Sostenible de Acre”**, en Brasil, muestra que tomar en cuenta el contexto del área que rodea a un proyecto puede ayudar al éxito del mismo. En este caso, la pavimentación de un segmento de la carretera BR-364, que conecta las capitales de Acre y Rondônia, fue sólo una parte de una planeación espacial cuidadosa y de un proyecto mayor de desarrollo. Basándose en un proyecto anterior de infraestructura, se pudo ver con claridad que la pavimentación requería de un buen manejo y protección de los bosques circundantes. De lo contrario, podría haber grandes niveles de deforestación más allá de la zona de derecho de paso del camino. Dicha deforestación tendría consecuencias negativas en el medio ambiente y en las comunidades cercanas, tales como la contaminación del aire, la erosión y pérdida de nutrientes de los suelos, el detrimento de la calidad del agua y una presión mayor sobre los recursos naturales. Es por esto que la obtención de recursos estuvo sujeta a condiciones como la planeación de espacio, el fortalecimiento institucional y otras medidas de mitigación de las tasas de deforestación, las cuales se aplicarían en un radio de más de 250.000 kilómetros cuadrados.

La perspectiva panorámica y multisectorial adoptada para el proyecto **“Desarrollo Sostenible de Acre”** fue crucial en el éxito del programa para terminar la pavimentación de la carretera con un incremento mínimo de las tasas de deforestación<sup>38</sup>. Tal enfoque resulta especialmente relevante, tanto para proyectos de infraestructura en zonas en donde perdura la vegetación silvestre, como para una planeación con un enfoque multisectorial. Aunque los servicios ecosistémicos fueron incluidos de forma general dentro del proyecto de Acre, los enfoques actuales permiten que estos beneficios se incluyan de un modo más explícito y minucioso. Por ejemplo, las áreas identificadas como las más importantes para el control de la erosión y la regulación de inundaciones pueden añadirse a zonas de manejo sostenible, o al desarrollo de planes de manejo de recursos. La planeación avanzada para la conservación y gestión de estos lugares no sólo significaría que las tasas de deforestación disminuyeran de manera generalizada (como en el caso de la carretera BR-364), sino que se evitaría la deforestación en las áreas más importantes, maximizando así los beneficios de las actividades de conservación.

Imagen: [www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com) (Ammit Jack)

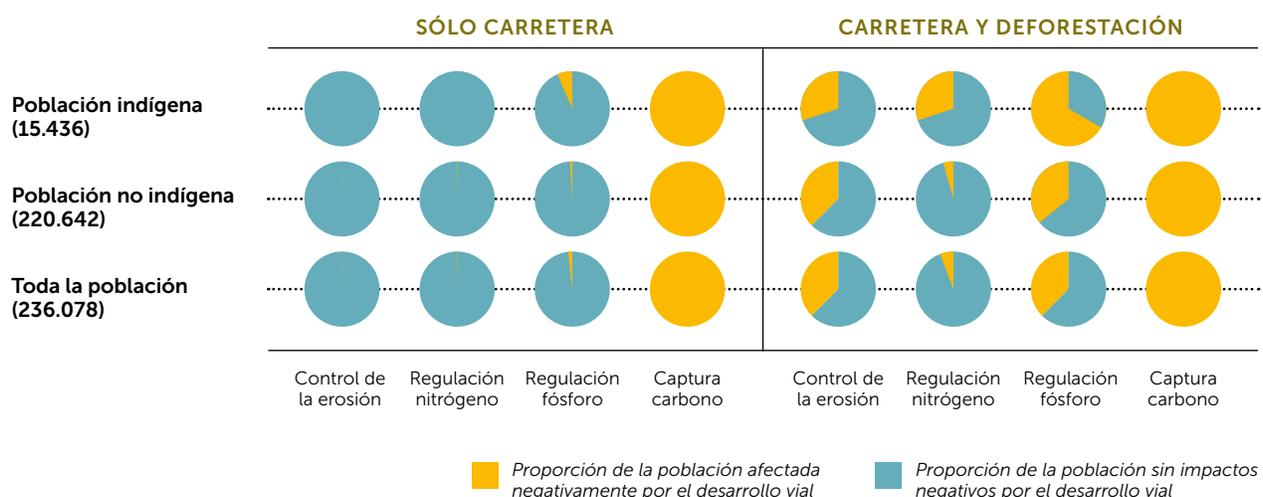
## 5.2. INCORPORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A LA TOMA DE DECISIONES A NIVEL DEL PROYECTO: EVALUANDO ALTERNATIVAS Y DEPENDENCIAS

Una vez que un proyecto se ha seleccionado, la información sobre servicios ambientales continúa teniendo un rol importante en la maximización de la sostenibilidad del proyecto. Hay dos áreas que destacan por ser particularmente útiles para la integración de información sobre servicios ecosistémicos en el proceso de toma de decisiones de un proyecto:

1. **El análisis de alternativas**, las cuales suelen ser parte de la evaluación ambiental y económica del proyecto.
2. **La evaluación y gestión de la dependencia del proyecto con respecto a los servicios ecosistémicos.**

Los enfoques para atender estas dos áreas se pueden aplicar de manera uniforme a la rehabilitación y reparación de caminos, así como a la construcción de caminos nuevos.

Un marco teórico de los servicios ecosistémicos puede ser una herramienta útil para integrar aspectos sociales y ambientales a la evaluación de rutas o segmentos alternativos de un proyecto determinado. Un enfoque que combine la información sobre la magnitud del impacto con la información de las "servicesheds" (que rastrean la distribución de los impactos entre los beneficiados) mostraría cómo una opción en particular podría afectar al ambiente y a las poblaciones aledañas. De igual modo, el enfoque permitiría una comparación de cómo los efectos y la equidad de la distribución es diferente en cada alternativa (Figura 5).



**Figura 5.** Impacto proyectado sobre la calidad del agua y los servicios de regulación del clima de los que goza la población de Perú<sup>21</sup> a raíz de la construcción de la carretera Pucallpa-Cruzeiro do Sul. Cada círculo representa la población total del grupo beneficiado. El escenario "sólo carretera" considera únicamente los efectos directos del camino. El escenario "carretera y deforestación" tiene en cuenta un posible cambio en el uso de la tierra (creación de plantaciones de aceite de palma o áreas de pasto).

Los proyectos también pueden beneficiarse de una evaluación de los beneficios que los caminos reciben de los ecosistemas circundantes. Los modelos de servicios ecosistémicos y las herramientas de ayuda facilitarían la identificación de las áreas clave para el abastecimiento de servicios de control de erosión o de regulación de inundaciones de los que depende la población y la infraestructura<sup>29</sup>. Este enfoque se puede emplear para investigar en qué áreas la protección y restauración de la vegetación beneficiarían en mayor medida al camino, así como cuánta vegetación se necesita para garantizar esos beneficios. Incorporar la protección y/o la restauración de las áreas cruciales para el abastecimiento ayudaría a garantizar la sostenibilidad de las inversiones en infraestructura. Asimismo, los costes de mantenimiento bajarían, el ciclo de vida del camino se prolongaría y los riesgos de desastres naturales disminuirían.



Dichas actividades podrían traducirse, ya sea en la restauración de la vegetación que previene la erosión en los arroyos (la misma que agravaría la socavación en puentes) o en la protección de los manglares ubicados entre el camino y la costa, los cuales evitan que las carreteras se inunden durante las tormentas. Por ejemplo, la ciudad de Portland, Oregon (Estados Unidos), redujo en un tercio el riesgo de inundación de la carretera "Foster Road" gracias a la restauración de 63 acres de manglares y de llanuras aluviales que rodean un arroyo cercano<sup>30</sup>. Antes de eso, el camino se inundaba cada dos años, lo que provocó que fuese intransitable y que los negocios cercanos tuvieran que cerrar constantemente. Tras la restauración, se esperaba que el camino se inundara una vez cada 6 u 8 años. En 2012, después de una gran tormenta, el arroyo sobrepasó por dos pies el nivel de inundación; sin embargo, "Foster Road" se mantuvo seco y los negocios locales permanecieron abiertos gracias a la capacidad de retención de agua que ahora tenía la zona restaurada.

Esta información también se puede emplear o incorporar a análisis económicos. Por ejemplo, el *Conservation Strategy Fund* y *The Nature Conservancy-Panamá* se sirvieron del “Modelo de toma de decisiones económicas en materia de caminos” para evaluar tanto la propuesta de la carretera Cerro Punta-Boquete que atraviesa el Parque Nacional del Volcán Barú en Panamá, como las dos alternativas de inversión consideradas para la región<sup>31</sup>. Además, se evaluaron los efectos potenciales que cada una de las rutas posibles tendría sobre los servicios ambientales, incluyendo agua para la producción de energía hidráulica, irrigación y ecoturismo. En este caso, el camino más viable desde el punto de vista económico fue la ruta del sur, que también resultó ser la opción que menos amenazaba los servicios ecosistémicos. En este ejemplo, el análisis no tuvo que cuantificar las pérdidas de servicios en términos monetarios porque esto no habría alterado las conclusiones con respecto a la mejor opción. No obstante, de ser necesario, los costes ambientales podrían calcularse en términos económicos e integrarse a los análisis antes mencionados. Este enfoque puede resultar especialmente útil en casos en donde exista algún tipo de “trade-offs” entre los beneficios ofrecidos a los usuarios y los costes relacionados con la pérdida de servicios ambientales.

### **5.3. INCORPORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A ANÁLISIS ECONÓMICOS**

Cuando se planea la construcción o el mantenimiento de carreteras y con el fin de asegurar normas apropiadas de diseño y de gastos presupuestarios, las evaluaciones del proyecto suelen incluir estudios extensos de ingeniería, así como análisis detallados de la relación coste-beneficio. Muchos proyectos también incluyen una evaluación de impacto ambiental (EIA) o evaluaciones ambientales similares para medir acertadamente los efectos directos e indirectos que las carreteras tienen sobre el medio ambiente. Sin embargo, un análisis completo de la relación coste-beneficio a nivel del proyecto requiere que el impacto ambiental y la dependencia del camino se evalúen de manera cuantitativa, a través de una métrica monetaria común. De este modo, las consideraciones ambientales pueden ser evaluadas como parte de un todo, en vez de hacerse por separado un análisis de la relación coste-beneficio y las evaluaciones ambientales.

La relación funcional entre caminos, pobladores y ambiente circundante incluye varias perspectivas diferentes. Como se mostró anteriormente, las carreteras tienen un impacto sobre el ambiente circundante y, al mismo tiempo, dependen de la integridad de los ecosistemas para garantizar su continuo funcionamiento. En lo que respecta a cuestiones como el emplazamiento y el diseño de los caminos, la representación en términos monetarios de la dependencia sobre el ambiente permite que ésta se integre de manera explícita a los análisis de coste-beneficio y a las consideraciones tradicionales en materia de ingeniería.



El valor monetario puede emplearse para medir los daños evitados, los costes de mantenimiento e ingeniería y los beneficios resultantes de la protección y restauración de los ecosistemas que disfrutaban los usuarios de los caminos. Por ejemplo, los arbustos originarios de la región árida en el oeste de los Estados Unidos tienen un papel muy importante en la estabilización de los suelos y en la prevención de la erosión. Cuando estos ecosistemas se convierten en tierras de cultivo, la falta de control de la erosión origina tormentas de arena severas. Esto aumenta tanto la tasa de accidentes automovilísticos en carreteras por falta de visibilidad, como los costes de mantenimiento por remover la arena de la carretera y los canales. Análisis realizados por *Scott and Colleagues* calcularon que los costes por erosión eólica que se evitaron gracias a la presencia de estos arbustos ascendieron a \$180 por hectárea al año<sup>33</sup>. Estos valores, aplicados a los caminos rurales con niveles bajos de tránsito, aumentarían la tasa de uso de los mismos. Los pagos hechos a los terratenientes por la conservación de arbustos podrían ser una estrategia rentable para el control de los costes de mantenimiento del camino y para prevenir accidentes de tránsito.

Más allá de dar cuenta sobre los beneficios que los servicios ecosistémicos proporcionan a los caminos, la realización de un análisis extenso de la relación coste-beneficio permitiría una valoración económica tanto de los beneficios que los ecosistemas ofrecen a la sociedad, como del impacto que las carreteras tienen sobre estos beneficios. Además de los beneficios aportados en lo que respecta a la reducción de accidentes y de costes de mantenimiento por las tormentas de arena, los arbustos de la estepa tienen usos recreativos, reducen los costes de mantenimiento en viviendas al disminuir el riesgo de tormentas y mejoran la calidad del agua y del aire. Si la protección o restauración de la vegetación silvestre fuera parte de los proyectos de infraestructura vial, el valor de estos beneficios para la sociedad sería un factor importante en los análisis de la relación coste-beneficio. En el caso analizado por *Scott and Colleagues*<sup>32</sup>, los ecosistemas de arbustos tienen un valor adicional anual de \$180 por hectárea en lo que respecta a actividades recreacionales de caza, a la par de los beneficios derivados de la prevención de erosión eólica.

Existen diferentes alternativas para estimar el valor económico (o de otro tipo) de los servicios ambientales que son importantes para los caminos, cuyo rango va desde lo simple hasta lo complejo. El enfoque más apropiado para un contexto determinado depende del grado de interés, de la disponibilidad de datos y de la compatibilidad con los enfoques o modelos en uso. La siguiente sección hace referencia al rango de herramientas disponibles para la evaluación de servicios ambientales. También facilita la elección inicial de una herramienta que solucione cuestiones relacionadas con el proceso de planeación de infraestructura vial.



Imagen: [www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com)  
(Martin Mecnarowski)

## Adición de programas de conservación y de pago por los servicios ecosistémicos a los planes de desarrollo de infraestructura vial en Honduras

El sector vial en Honduras apoya el 80% del transporte de carga y turístico de pasajeros; sin embargo, la red de caminos y carreteras del país aún no se ha desarrollado de forma adecuada. En 2008, sólo el 20% de los caminos de Honduras estaban pavimentados, mientras que el índice de servicio vial (kilómetros por miles de habitantes) y el índice de densidad de carreteras (kilómetros por miles de habitantes) estaban muy por debajo de los promedios de otros países de Centroamérica<sup>39</sup>. Como muchos países de América Latina y el Caribe, Honduras también respalda la protección de la biodiversidad y de numerosas especies endémicas y únicas en el mundo. Como consecuencia, muchos caminos clave que se beneficiarían de la pavimentación o de otras mejoras, atraviesan o pasan cerca de algún hábitat de especies en peligro de extinción. Para el caso del colibrí esmeralda, en peligro de extinción en todo el mundo y que sólo habita en cuatro áreas, el Banco Mundial y el BID han vinculado los proyectos de pavimentación de caminos con esquemas de pago por servicios ecosistémicos (PSE). El objeto de esta estrategia es fomentar la protección de los hábitats del colibrí esmeralda que aún perduran. Los esquemas de PSE compensan a los terratenientes por dar mantenimiento o restaurar el hábitat de estas aves en sus propias tierras.

La carretera San Lorenzo-Olancho forma parte del corredor que conecta al centro de Honduras con el puerto caribeño de Trujillo. Un préstamo del Banco Mundial en 2008 proporcionó los fondos para el mejoramiento de la carretera, con la condición de que se protegieran 1.400 hectáreas del hábitat del colibrí. Esto llevó a la creación de un esquema de PSE que, para el año 2011, logró proteger 835 hectáreas de hábitat en tierras privadas. Dicho esquema se llevó a cabo con un financiamiento que podría atender otras 600 hectáreas y, además, dar fondos para 10 años<sup>40</sup>. Sin embargo, este programa se enfrenta a diversos retos en términos de sostenibilidad económica y de la habilidad para mantener a largo plazo los pagos hechos a los terratenientes encargados de conservar el hábitat del colibrí esmeralda.

El BID está financiando un proyecto de pavimentación en el Valle Agalta, al noreste de Honduras. Dentro del área de influencia del proyecto existen y perduran 20 fragmentos de hábitats. De esta cantidad, todos excepto uno se encuentran en tierras privadas. A partir de las experiencias del Banco Mundial con el proyecto de San Lorenzo-Olanchito, el BID está apoyando el desarrollo de un esquema similar de PSE. El diseño de dicho esquema unirá a actores de diversos sectores (gobiernos locales, terratenientes y miembros de ONG's medioambientales) con el fin de garantizar medidas de conservación efectivas y respaldadas por niveles adecuados de compensación<sup>41</sup>. Este enfoque basado en los PSE podría emplearse en otros proyectos de infraestructura que busquen la conservación de las áreas naturales y que faciliten el control de la erosión, la regulación de inundaciones o la continuidad de los servicios de protección costera.



Imagen: [www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com) (Svetlana Bykova)

## 6. Herramientas para incorporar información sobre los servicios ecosistémicos a la planeación de infraestructura vial

El número y la disponibilidad de herramientas de apoyo para la toma de decisiones están creciendo a un ritmo acelerado. La herramienta más apropiada para un proyecto o una cuestión en particular depende del asunto que se está evaluando, del nivel necesario de precisión y la cantidad disponible de tiempo, información y experiencia. Las herramientas de detección suelen ser más simples, requieren menos experiencia técnica y científica, y proporcionan resultados en términos relativos. Las herramientas para la creación de mapas, la cuantificación y la valoración de los servicios ambientales suele requerir más información y tiempo, así como mayor capacidad técnica. De igual manera, se deben generar resultados cuantitativos que muestren la ubicación y los tipos de servicios abastecidos, y que puedan vincularse a una valoración económica.

Las siguientes páginas muestran una lista de algunas herramientas útiles para la evaluación de la dependencia y de los efectos de los caminos sobre los servicios ambientales, herramientas que están disponibles de manera gratuita. Cabe señalar que el objetivo de esta lista es mostrar algunos ejemplos de herramientas, no proporcionar una información detallada. Consulte la sección "Recursos adicionales" de este documento para obtener el enlace al informe del 2014 de *Business for Social Responsibility*, titulado *Making the Invisible Visible: Analytical Tools for Assessing Business Impacts & Dependencies Upon Ecosystem Services*, el cual brinda información sobre 50 herramientas útiles para el análisis de los servicios ecosistémicos.



## 6.1. HERRAMIENTAS DE DETECCIÓN

Herramientas simples, resultados cualitativos o relativos.

### **ROADS FILTER (Filtro de carreteras)**

*Conservation Strategy Fund*

*Roads Filter* compara los riesgos y los beneficios relativos de los caminos, integrando medidas de riesgo económico, ambiental, sociopolítico y cultural. Se analizan variables de indicadores cuantitativos y cualitativos según su importancia, y se combinan con un índice de riesgos. El filtro de carreteras se puede emplear para priorizar proyectos viales de bajo riesgo.

### **ESR FOR IA - ECOSYSTEM SERVICES REVIEW FOR IMPACT ASSESSMENT (Revisión de los servicios ecosistémicos para una evaluación de impacto)**

*World Resources Institute*

*ESR for IA* es un enfoque de seis pasos que contiene herramientas basadas en una hoja de cálculo, cuyo fin es evaluar y priorizar los efectos del proyecto y su dependencia de los servicios ambientales. Puede emplearse para identificar alternativas que gestionen la dependencia que los caminos tienen de los servicios ecosistémicos, así como para la mitigación de los efectos negativos que los primeros tienen sobre los beneficios otorgados por estos servicios.

## 6.2. HERRAMIENTAS PARA LA CREACIÓN DE MAPAS, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Herramientas más complejas, resultados cuantitativos y detallados.

### **RIOS - RESOURCE INVESTMENT OPTIMIZATION SYSTEM (Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos)**

*Proyecto Capital Natural*

*RIOS* combina información biofísica, social y económica para identificar en qué zonas las actividades de gestión de cuencas proporcionarían los mayores beneficios posibles a partir de los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, esta herramienta se puede usar para determinar cuáles son las zonas en donde la restauración o la protección de ecosistemas disminuirían de manera efectiva la erosión y sus efectos sobre caminos y puentes, o mejorarían la calidad del agua para los usuarios afectados por algún desarrollo vial.

## **INVEST - INTEGRATED VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES & TRADEOFFS**

**(Valoración Integrada de Servicios Ecosistémicos y Compensaciones)**

*Proyecto Capital Natural*

*InVEST* emplea datos económicos y científicos espacialmente explícitos para la creación de mapas, así como para cuantificar y valorar el abastecimiento de los servicios ecosistémicos. Puede emplearse, por ejemplo, para evaluar cuáles son los caminos que dependen en mayor medida de los manglares para protegerse contra las inundaciones. También sería útil para cuantificar y valorar el cambio en los niveles de erosión, producto de la expansión del camino pavimentado.

## **SWAT - SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL**

**(Herramienta de evaluación de aguas y suelos)**

*Texas A&M University and the USDA Agricultural Research Service*

*SWAT* simula la calidad y la cantidad de agua superficial o en el subsuelo y predice el impacto ambiental del uso de la tierra, de las prácticas de manejo de los suelos y del cambio climático. *SWAT* se puede emplear para evaluar la prevención de la erosión en el suelo y también para controlar las medidas y actividades en las cuencas. Asimismo, ofrece resultados duraderos (ej. estimados diarios), pero su funcionamiento requiere de más datos y experiencia que otras herramientas más simples.

## **ARIES – ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ECOSYSTEM SERVICES**

**(Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos)**

*University of Vermont's Gund Institute for Ecological Economics*

*ARIES* modela y crea un mapa del abastecimiento de los servicios ecosistémicos por medio de una dinámica espacial basada en la ubicación y en las demandas de los beneficiados. *ARIES* es muy flexible y, con el tiempo, permitirá que los usuarios seleccionen de manera automática los modelos y los datos más apropiados para las áreas y los servicios de interés. *ARIES* sigue en desarrollo y por el momento requiere ser manejado por un usuario experimentado o por alguien que colabore de cerca con sus desarrolladores.

## Conclusiones

Aplicar un enfoque basado en los servicios ecosistémicos para planificar, preparar e implementar proyectos viales, puede mejorar la tasa de retorno sobre la inversión. Esto se consigue con la construcción de carreteras más fiables y duraderas, que contribuyen a la obtención de beneficios económicos sostenibles y equitativos. El presente informe ha subrayado diversas prácticas mediante las cuales los beneficios de los servicios ecosistémicos pueden ser cuantificados y empleados en el contexto de las inversiones en infraestructura vial. Hay grandes oportunidades de inversión en el capital natural de América Latina y el Caribe para lograr un desarrollo económico sostenible. Los ecosistemas de la región previenen las inundaciones y la erosión, protegen a las personas y a la infraestructura de tormentas costeras, proporcionan agua potable y fomentan la producción de energía. Todos estos factores y beneficios están sentando las bases para el crecimiento económico y el bienestar de hoy y del futuro. Además, la consideración de estos servicios ecosistémicos vitales nos descubre otro modo de entender las conexiones entre la naturaleza, las inversiones en infraestructura y el desarrollo. La región de América Latina y el Caribe, junto con el Banco Interamericano de Desarrollo, han unido esfuerzos para liderar el camino y mostrar los beneficios que este enfoque ha tenido, tiene y tendrá sobre la comunidad mundial.



## Más información y recursos adicionales

### PARA MÁS INFORMACIÓN

- **Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del BID**  
[www.iadb.org/biodiversity](http://www.iadb.org/biodiversity)
- **Proyecto Capital Natural**  
[www.naturalcapitalproject.org](http://www.naturalcapitalproject.org)
- **The Nature Conservancy**  
[www.nature.org](http://www.nature.org)

### RECURSOS ADICIONALES

**Business for Social Responsibility (BSR).** *Making the Invisible Visible: Analytical Tools for Assessing Business Impacts and Dependencies upon Ecosystem Services.*  
[http://www.bsr.org/reports/BSR\\_Analytical\\_Tools\\_for\\_Ecosystem\\_Services\\_2014.pdf](http://www.bsr.org/reports/BSR_Analytical_Tools_for_Ecosystem_Services_2014.pdf)

**Gore, Leoniak et Al.** *Best Management Practices: A Guide for Reducing Erosion in the British Virgin Islands.*  
[http://issuu.com/alookingglass/docs/best\\_erosion\\_practices-alookingglas](http://issuu.com/alookingglass/docs/best_erosion_practices-alookingglas)

**Transportation Research Board.** *Evaluation of Best Management Practices for Highway Runoff Control.*  
[http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_rpt\\_565.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_565.pdf)

**United States Environmental Protection Agency.** *Runoff control for roads, highways and bridges.*  
<http://water.epa.gov/polwaste/nps/roadshwys.cfm>

**USAID.** *Low-Volume Roads Engineering: Best Management Practices and Field Guide.*  
[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADB595.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADB595.pdf)

**World Bank.** *Road Maintenance and the Environment.*  
<http://siteresources.worldbank.org/EXTROADSHIGHWAYS/Resources/td-rd17.pdf>

**World Bank.** *Roads and the Environment. A Handbook.*  
<http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1107880869673/covertoc.pdf>

**World Bank.** *Watershed Management Approaches, Policies, and Operations.*  
<http://www.unwater.org/downloads/442220NWP0dp111Box0327398B01PUBLIC1.pdf>

**World Resources Institute.** *Weaving Ecosystem Services into Impact Assessment.*  
<http://www.wri.org/publication/weaving-ecosystem-services-into-impact-assessment>

### RECONOCIMIENTOS

Muchas gracias a Kim Bonine y a John Reid por la información proporcionada a partir de los casos de estudio de *Conservation Strategy Fund*; a Michel Ahrens y Katie Arkema por su ayuda para localizar los casos y el material informativo en América Latina; a Kelsey Schueler, Jasmin Hundorf y Ben Bryant por su valiosa retroalimentación; y a Mary Ruckelshaus por su incalculable aportación durante todo el proceso.

## Referencias

1. Inter-American Development Bank. 2013. *Infrastructure Strategy for Competitiveness*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
2. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press.
3. Tallis H, Polasky S, Lozano JS, Wolny S. 2012. *Inclusive wealth accounting for regulating ecosystem services*. In: *Inclusive Wealth Report 2012. Measuring Progress toward Sustainability*. Cambridge: Cambridge University Press.
4. TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2009. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers*.
5. Mu R, van de Walle D. 2011. *Rural roads and local market development in Vietnam*. The Journal of Development Studies. 47(5):709-734.
6. Khandker SR, Bakht Z, Koolwal GB. 2009. *The poverty impact of rural roads: evidence from Bangladesh*. Economic Development and Cultural Change. 57(4):685-722.
7. Fernald JG. 1999. *Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity*. The American Economic Review. 619-638.
8. Seitz H. 1993. *A dual economic analysis of the benefits of the public road networks*. The Annals of Regional Science. 27(3):223-239.
9. Forman RTT, Sperling D, Bissonette JA, et al. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Washington, DC: Island Press.
10. La Marche JL, Lettenmaier DP. 2001. *Effects of forest roads on flood flows in the Deschutes River, Washington*. Earth Surface Processes and Landforms. 26(2):115-134.
11. Arnold CL, Gibbons CJ. 1996. *Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator*. Journal of the American Planning Association. 62(2):243-258.
12. Nakamura F, Swanson FJ, Wondzell SM. 2000. *Disturbance regimes of stream and riparian systems: a disturbance-cascade perspective*. Hydrological Processes. 14:2849-2860.
13. Wemple B, Swanson FJ, Jones JA. 2001. *Forest roads and geomorphic process interactions, Cascade Range, Oregon*. Earth Surface Processes and Landforms. 26:191-204.
14. Transportation Research Board. 2006. *National Cooperative Highway Research Program Report 565: Evaluation of Best Management Practices for Highway Runoff Control*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
15. Martínez AR. 2005. *Ciénaga Grande de Santa Marta: Un Modelo de Gestión Interinstitucional Para Su Recuperación*. Santa Marta, Colombia: CORPAMAG.
16. Vilarity SP, González JA., Martín-López B, Montes C. 2011. *Relationships between hydrological regime and ecosystem services supply in a Caribbean coastal wetland: a social-ecological approach*. Hydrological Sciences Journal. 56(8):1423-1435.
17. Reymondin L, Argote K, Jarvis A, et al. 2013. *Road Impact Assessment Using Remote Sensing Methodology for Monitoring Land-Use Change in Latin America: Results of Five Case Studies*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
18. Southworth J, Marsik M, Qiu Y, et al. 2011. *Roads as drivers of change: trajectories across the tri-national frontier in MAP, the Southwestern Amazon*. Remote Sensing. 3(12):1047-1066.
19. Laurance WF, Goosem M, Laurance SGW. 2009. *Impacts of roads and linear clearings on tropical forests*. Trends in Ecology and Evolution. 2009;24(12):659-669.
20. Nepstad D, Carvalho G, Barros AC, et al. 2001. *Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests*. Forest Ecology and Management. 154:395-407.

21. Mandle L, Tallis H, Vogl A, et al. 2013. *Can the Pucallpa-Cruzeiro Do Sul Road Be Developed with No Net Loss of Natural Capital in Peru? A Framework for Including Natural Capital in Mitigation*. Stanford, CA: The Natural Capital Project.
22. Carvalho G, Barros AC, Moutinho P, Nepstad D. 2001. *Sensitive development could protect Amazonia instead of destroying it*. *Nature*. 409:131.
23. Bovarnick A, Alpizar F, Schnell C. 2010. *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and the Caribbean: An Economic Valuation of Ecosystems*. New York: United Nations Development Programme.
24. TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*.
25. Inter-American Development Bank. 2007. *Implementation Guidelines for the Environment and Safeguards Compliance Policy*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
26. Kiesecker JM, Evans JS, Fargione J, et al. 2011. *Win-win for wind and wildlife: a vision to facilitate sustainable development*. *PLoS One*. 6(4):e17566.
27. Cameron DR, Cohen BS, Morrison SA. 2012. *An approach to enhance the conservation-compatibility of solar energy development*. *PLoS One*7(6):e38437.
28. Fargione J, Kiesecker J, Slaats MJ, Olimb S. 2012. *Wind and wildlife in the Northern Great Plains: identifying low-impact areas for wind development*. *PLoS One*. 7(7):e41468.
29. Arkema KK, Guannel G, Verutes G, et al. 2013. *Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms*. *Nature Climate Change*. 3(10):913-918.
30. City of Portland. 2014. *Foster Floodplain Natural Area Information*. Available online at: <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/286175>. Accessed July 1, 2014.
31. Reid J, Hanily G. 2003. *Economic Analysis of Three Road Investments through Western Panama's Barú Volcano National Park and Surrounding Areas*. Sebastopol, CA: Conservation Strategy Fund.
32. Scott M, Bilyard G, Link S, et al. 1998. *Valuation of ecological resources and functions*. *Environmental Management*. 22(1):49-68.
33. Costanza R. 2008. *Natural capital*. *The Encyclopedia of Earth*. Available online at: <http://www.eoearth.org/view/article/154791>
34. International Bank for Reconstruction and Development (World Bank). 1956. *Appraisal of Revised Highway Project, Colombia*. Washington, D.C.: International Bank for Reconstruction and Development (World Bank).
35. Perdomo L, Ensminger I, Espinosa LF, Elster C. et al. 1999. *The mangrove ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): observations on regeneration and trace metals in Sediment*. *Marine Pollution Bulletin*. 37:393-403.
36. Republica de Colombia. 2005. *Diario Oficial No. 45.982 de Julio de 2005*. Bogotá, Colombia: Republica de Colombia.
37. El Tiempo. 2013. *Obras no frenan erosión en vía Ciénaga-Barranquilla*. Bogotá, Colombia: El Tiempo.
38. Bank D, Redwood J. 2012. *Managing the Environmental and Social Impacts of Major IDB-Financed Road Improvement Projects in the Brazilian Amazon: The Case of BR-364 in Acre*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
39. World Bank. 2008. *Honduras Road Reconstruction and Improvement II, Report AB3436*. Washington, DC; World Bank.
40. Bernardini T, Brushett S. 2012. *Balancing Biodiversity Preservation and Economic Development: The Case of the San Lorenzo Olanchito Road in the Valle de Aguan in Honduras*. Washington, D.C.: World Bank.
41. Inter-American Development Bank. 2013. *Agalta Valley Payment of Ecosystem Services Scheme HO-T1196*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

**Este documento proporciona una guía sobre cómo incluir los servicios ecosistémicos en el diseño y desarrollo de infraestructura vial. Su objetivo es ayudar a los lectores a identificar, priorizar y manejar de manera proactiva tanto el impacto del medio ambiente sobre los caminos, como el impacto que provocan éstos en el medio ambiente.**

