



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE ACADÉMICA No. 21 | noviembre de 2011

## El Filtro de Carreteras: Un análisis estratégico de proyectos viales en la Amazonía

alfonso malky  
john reid  
juan carlos ledezma  
leonardo fleck

© Conservation Strategy Fund-CSF

*Oficina Bolivia*

Conservación Estratégica-Bolivia  
Irpavi, Av. Pablo Sánchez No. 6981  
(entre calles 1 y 2)  
La Paz, Bolivia  
Tel/Fax: (+591 2) 272-1925  
Email: csfbolivia@entelnet.bo

*Administrative Office*

Conservation Strategy Fund  
1160 G Street, Suite A-1  
Arcata, CA 95521-Estados Unidos  
Tel: 707-822-5505  
Fax: 707-822-5535

*General Inquiries, Media and Administration*

Conservation Strategy Fund  
7151 Wilton Avenue, Suite 203  
Sebastopol, CA 95472  
Tel 707-829-1802  
Fax 707-829-1806

*Brazil Office*

Conservação Estratégica  
Rua Cândido Almeida, 143-Barrio Joana D´Arc  
33400-000 - Lagoa Santa - MG . Brasil  
Telephone/Fax: +55 31 3681-4901  
Email: csfbrasil@conservation-strategy.org

Este documento puede ser descargado  
del sitio web de CSF:

[www.conservation-strategy.org](http://www.conservation-strategy.org)

Fotografía de la tapa: juan carlos ledezma

Edición: willy camacho

Diseño y diagramación: adriana berríos

La Paz - Bolivia

# El Filtro de Carreteras: Un análisis estratégico de proyectos viales en la Amazonía

alfonso malky  
john reid  
juan carlos ledezma  
leonardo fleck



*Disclaimers*

**Fundación Gordon & Betty Moore**

Esta publicación fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación Gordon & Betty Moore.

Las opiniones expresadas en el documento son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores.



# Agradecimientos

**L**os autores agradecen a la Fundación Gordon y Betty Moore por el apoyo financiero que hizo posible la realización de esta investigación.

A Thales Rosa, Álvaro Hopkins, Verónica Cordero, María Angélica Ocampo y Lía Peñarrieta por su valiosa participación en el proceso de recolección de información secundaria.

A Luis Dávalos por la revisión realizada al texto y los valiosos aportes. Y, finalmente, a Cristian Vallejos, Cecilia Ayala y Vince Mc Elhinny por las importantes sugerencias realizadas.




# Índice

<i>DISCLAIMERS</i>	2
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE	6
LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y MAPAS	8
RESUMEN EJECUTIVO / <i>EXECUTIVE SUMMARY</i>	10
INTRODUCCIÓN	15
LOS IMPACTOS DE LAS CARRETERAS	18
OBJETIVOS	21
ASPECTOS METODOLÓGICOS	23
Descripción general del filtro	24
Selección de proyectos viales	24
Selección de variables y ponderaciones	25
Definición de pesos o ponderaciones de las variables	26
Variables geográficas	28
Variables no geográficas	29
Criterios de estratificación y descripción de cada variable	29
RESULTADOS	43
Resultados generales del filtro	44
Consideración exclusiva de las variables ambientales y económicas	46
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	58



# Lista de tablas y figuras

Tabla 1 - Variables consideradas agrupadas según categoría	25
Tabla 2 - Criterios considerados para la ponderación de variables y categorías	27
Tabla 3 - Ranking de las carreteras más riesgosas según la calificación total del filtro	44
Tabla 4 - Ranking y categorización de las carreteras más riesgosas según criterios ambientales y económicos	48
Figura 1 - Clasificación general de las carreteras analizadas según su nivel de riesgo	12
Figura 2 - Categorización de las carreteras según costo ambiental y razón beneficio/costo	46



Resumen ejecutivo  
*Executive summary*

**E**l Filtro de Carreteras es una herramienta de análisis desarrollada por Conservación Estratégica para apoyar la conservación y el desarrollo sostenible. La herramienta utiliza un índice comparativo que considera implicaciones ambientales, económicas, sociales y culturales correspondientes a proyectos viales en la Amazonía. Esta herramienta puede utilizarse para informar a los tomadores de decisiones sobre los niveles de riesgo y los posibles impactos. En 2011 se aplicó el Filtro de Carreteras a 36 proyectos viales propuestos en la región. La clasificación general de estos proyectos se observa en la figura 1.

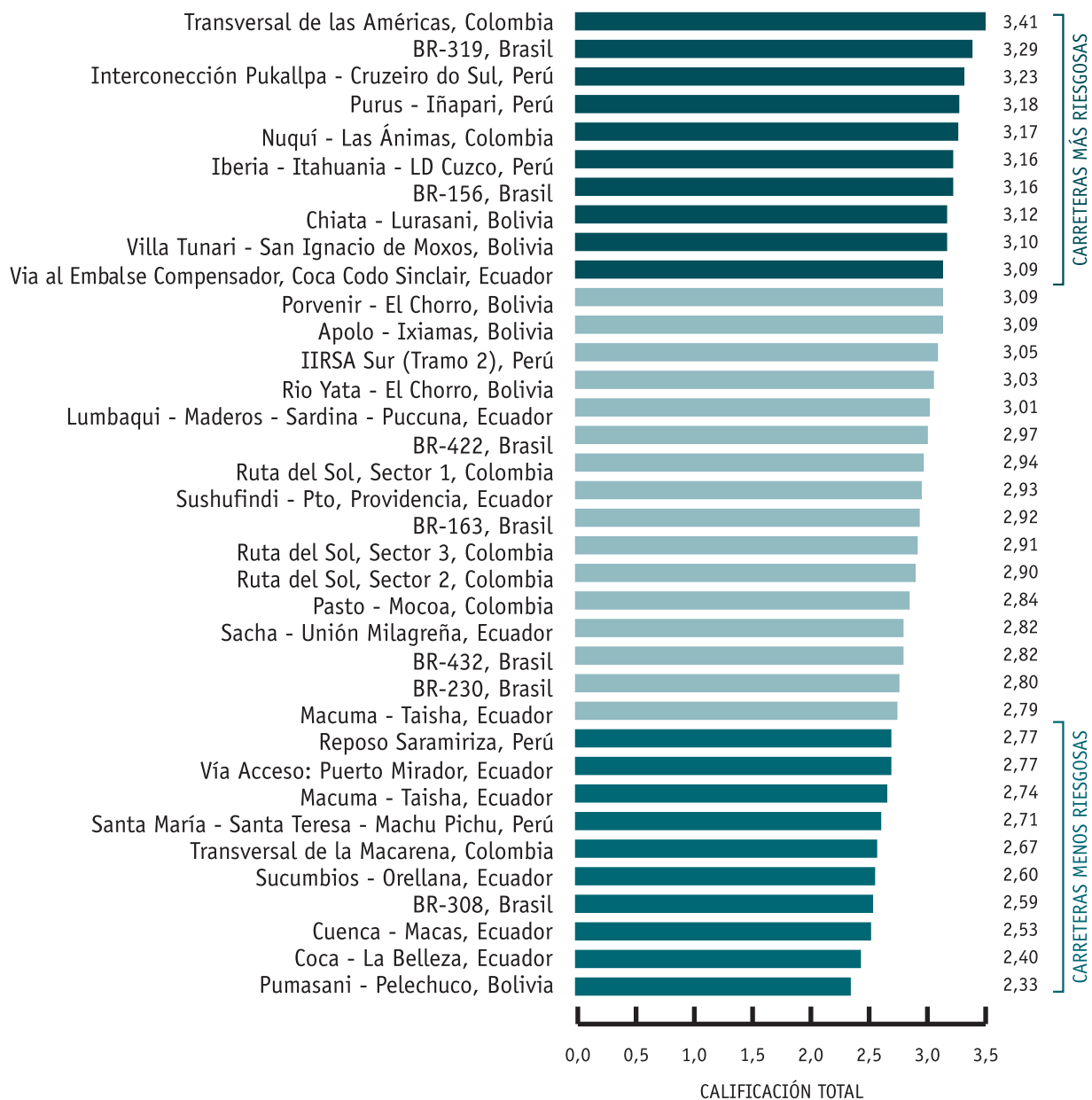
La herramienta va más allá del análisis tradicional del riesgo económico, ya que utiliza un enfoque multi-criterio que integra un conjunto amplio de factores en un solo índice. Su sistema de clasificación flexible proporciona elementos que permiten orientar mejor las decisiones estratégicas relacionadas a la priorización de esfuerzos, tanto en conservación como en la asignación de recursos para inversiones en transporte.

El Filtro considera 17 variables, agrupadas en cuatro categorías y ponderadas según la importancia relativa asignada por los autores. Valores numéricos son asignados a cada proyecto y para cada variable, estos son multiplicados por las ponderaciones correspondientes y sumados a otros para obtener una clasificación final de riesgo, la cual demuestra el grado relativo de oportunidad de conservación presentado por cada carretera.

Esa oportunidad representa simplemente la otra cara del riesgo. Las carreteras más riesgosas serían aquellas con mayores impactos ambientales, con beneficios económicos mínimos y sujetas a oposición local. Genéricamente hablando, las oportunidades de conservación estarían presentes cuando los cambios o la reubicación de esos proyectos pueden ser beneficiosos tanto para la conservación como para el desarrollo económico.

Este análisis representa la primera aproximación a una herramienta dinámica y multivariable que permite realizar evaluaciones comparativas de riesgo para proyectos viales en la Amazonía e identificar las mejores oportunidades para implementar acciones de conservación. Esperamos que esta herramienta contribuya a orientar una asignación más eficiente de los recursos económicos, a fin de que los esfuerzos de quienes participan de procesos de planificación de políticas de desarrollo, como también de quienes trabajan en la prevención de impactos sobre los recursos naturales y la conservación de los mismos, se concentren en los proyectos de riesgo mayor.

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS CARRETERAS SEGÚN SU NIVEL DE RIESGO



Fuente: Elaboración propia.

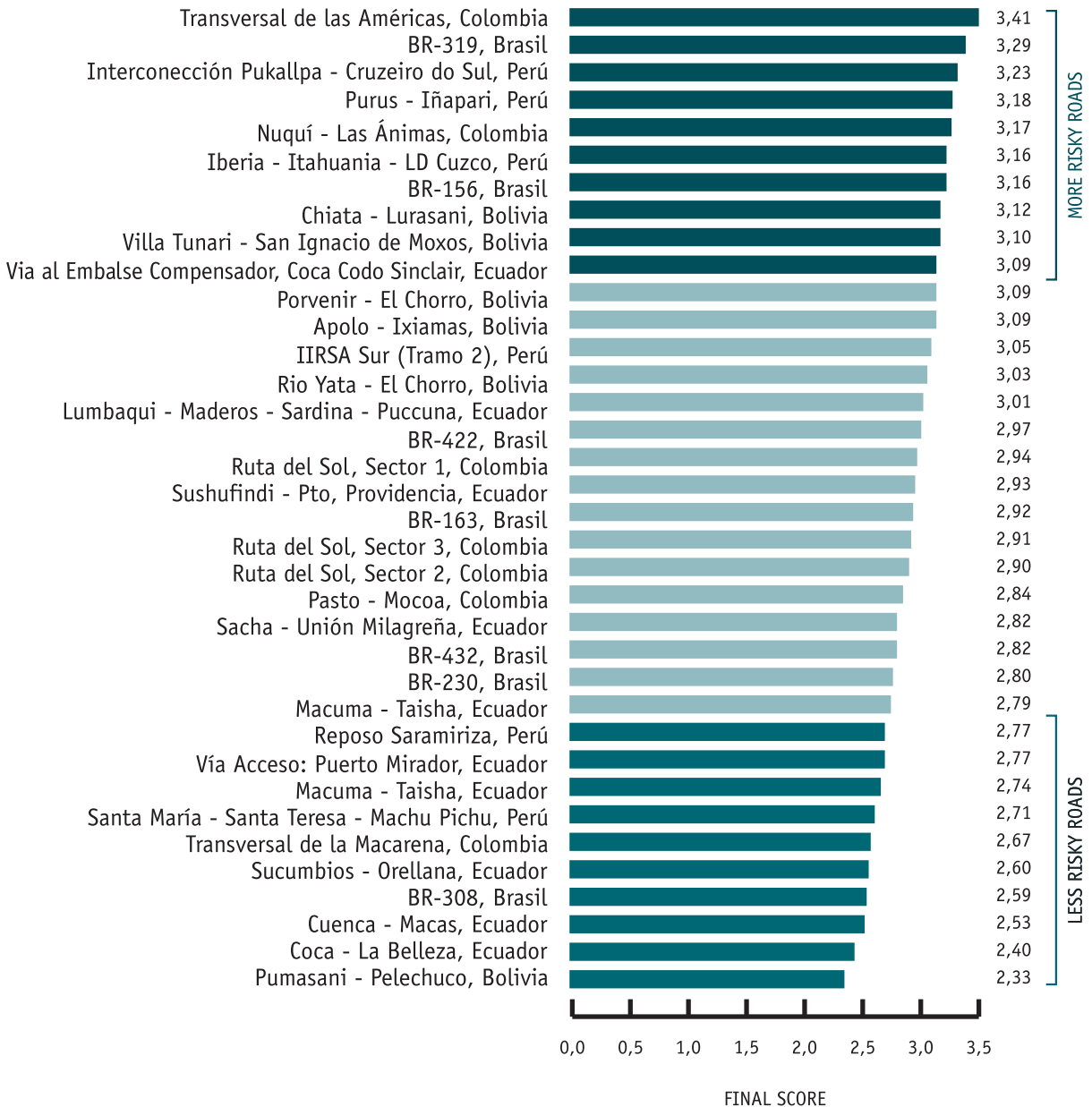
The Roads Filter is an analysis tool developed by Conservation Strategy Fund to support conservation and sustainable development. The tool uses a comparative index that considers the environmental, economic, social and cultural implications of road construction projects. It can be used throughout the Amazon region to inform decision makers about a project's risk levels and possible impacts. In 2011, we applied the Roads Filter to 36 proposed roads in the region. The overall ranking of these roads is seen in Figure 1.

The tool goes beyond traditional economic risk analysis, employing a multi-criteria approach that integrates a set of wide-ranging factors into a single index. Its flexible ranking system provides improved guidance for strategic decisions on how to prioritize conservation efforts and transportation spending.

The Filter considers 17 variables, grouped into four categories and weighted according to their relative importance, from the authors' point of view. Numerical values are assigned for each variable for each road project. Those values are multiplied by the corresponding weights and then aggregated with others to derive a final ranking, which shows the relative degree of conservation opportunity presented by each road. That opportunity is simply the flip side of risk; the "risky" roads are those with high negative impacts, minimal benefits and some level of local opposition. Generically speaking conservation opportunities are present where changes or relocation of the project are somewhat realistic and could be beneficial for both conservation and economic development.

This analysis represents the first dynamic and multi-criteria tool that allows conservationists and decision-makers to establish comparative risk assessments for Amazon road projects and identify opportunities for conservation action. We expect this tool will contribute to more efficient allocation of economic resources, helping development planners prevent negative impacts and focus investment on the most beneficial roads.

FIGURE 1. FINAL RANKING OF THE ROADS ACCORDING TO THEIR RISK LEVEL



Source: The authors.



# { Introducción

# E

l transporte carretero es parte integral del desarrollo. Los programas de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la red vial cobran notable importancia, dado que coadyuvan al desarrollo local, regional y nacional, incrementan fuentes de empleo, reducen costos de transporte y tiempo de viaje, permiten el comercio y la explotación de las ventajas comparativas, facilitan la movilidad de mano de obra y fomentan, en términos generales, el desarrollo de las poblaciones ubicadas en sus zonas de influencia (Reid, 2009; Peñarrieta y Fleck, 2007).

Durante las últimas décadas, los gobiernos nacionales y regionales de países amazónicos promovieron carreteras a un ritmo acelerado, generando impactos considerables en términos ambientales, sociales, económicos y culturales. En la actualidad, esta situación se mantiene, viéndose además potenciada por planes de integración vial, como la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA)<sup>1</sup>.

No obstante, la concepción desarrollista detrás de la construcción de las carreteras a menudo se contrapone a otro de los objetivos de la sociedad en general: la conservación de los recursos naturales. El conflicto se origina porque la infraestructura puede catalizar la rápida, y con frecuencia caótica, conversión de ambientes naturales en ambientes dominados por la actividad humana. Este cambio, de hecho, no representa un subproducto o un efecto indirecto de la mayoría de las obras de infraestructura vial, sino que representa el objetivo principal de las mismas. En consecuencia, estas obras, generalmente, presentan costos ambientales y sociales que están relacionados con la pérdida de biodiversidad, la alteración de la cultura indígena y la emisión de gases de efecto invernadero, entre otros (Reid, 2009).

Ante esta bipolaridad de efectos positivos y negativos provenientes del desarrollo de infraestructura vial, surge el concepto de desarrollo sostenible aplicado al caso específico de las carreteras. Este concepto propone maximizar las mejoras en el bienestar humano derivadas del transporte, minimizando el costo para el medioambiente (Reid, 2009). A fin de alcanzar esta maximización, los planificadores y analistas de política utilizan como herramientas de análisis los estudios de factibilidad económica, considerando en los mismos la internalización de externalidades ambientales y sociales<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> *A través de esta iniciativa, se proyectan inversiones de 37 billones de dólares en 335 proyectos, que incluyen represas, carreteras, hidrovías, puertos y otros grandes proyectos de infraestructura desde el Istmo de Panamá hasta la Tierra del Fuego (Amazon Watch, 2006). Desde su inicio, la iniciativa ha recibido apoyo formal del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), de la Corporación Andina de Fomento (CAF) y del Fondo Financiero para el Desarrollo de la Cuenca del Plata (FONPLATA), como también del banco público brasileño BNDES (Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social) (Flek et ál., 2007).*

<sup>2</sup> *Un proyecto eficiente genera beneficios que compensan sus costos, considerando también el costo de oportunidad del capital. Eso es especialmente importante en grandes proyectos de infraestructura, pues abarcan costos altísimos, riesgos considerables (sociales, económicos y ambientales) e inversiones públicas a largo plazo (Fleck et ál., 2007).*

A través de los estudios de factibilidad económica es posible determinar si la construcción de una carretera representa un beneficio o un costo para la sociedad. Sin embargo, estos análisis difícilmente pueden incorporar al menos una parte de las externalidades ambientales y sociales generadas por un proyecto. Esta limitación a menudo se explica, entre otras razones, por la limitada disponibilidad de tiempo y recursos de parte de los gestores públicos y los financiadores de proyectos.

En este contexto –limitada disponibilidad de recursos y tiempo–, se hace cada vez más necesario el desarrollo de herramientas que permitan identificar proyectos cuya implementación implicaría complejos impactos ambientales, sociales, económicos y culturales. El presente análisis constituye una primera aproximación hacia la identificación de estos proyectos de infraestructura vial que, por los riesgos a los que estarían asociados, deberían ser priorizados en la ocupación de recursos humanos y financieros destinados a la evaluación y análisis de factibilidad.



## Los impactos de las carreteras

A lo largo de las últimas décadas, la Amazonía ha sufrido una presión creciente, originada, entre otras razones, por la construcción de obras de infraestructura de transporte (Killeen, 2007). Los proyectos desarrollados cambiaron, en mayor y menor medida, la estructura económica, social y ambiental de las regiones donde fueron ejecutados (*e.g.*, Soares-Filho *et ál.*, 2004, 2006; Reid & Souza Júnior, 2005; Alencar *et ál.*, 2005; Dourojeanni, 2006; Fleck, 2009). A raíz de esos cambios, son crecientes las preocupaciones relacionadas a los impactos socio-ambientales directos e indirectos que pueden generar los nuevos proyectos de desarrollo vial en la región.

Los impactos directos se dan desde la fase de construcción de las vías, durante toda su vida útil e inclusive más allá de la misma. Entre los más importantes están: pérdida de la vegetación; modificación de patrones naturales de drenaje; cambios en la elevación de las aguas subterráneas; deslaves, erosión y sedimentación de ríos y lagos; degradación del paisaje o destrucción de sitios culturales; contaminación de aire, agua y ruido provenientes de la construcción de la ruta y posterior operación de vehículos; interferencia con la movilización de personas, animales silvestres y ganado, entre otros. Muchos de estos impactos pueden surgir no sólo en el sitio de construcción sino también en las pedreras, canteras apropiadas, campamentos, polvorines, depósitos de material y otras áreas usadas durante la etapa previa a la operación de una vía. Adicionalmente, pueden darse impactos ambientales y socioculturales, como resultado de la contaminación del aire y del suelo proveniente de las plantas de asfalto, el polvo y el ruido del equipo de obra, el uso de pesticidas, la basura y, en proyectos grandes, la presencia de mano de obra no residente (Banco Mundial, 1988), esto, sin contar accidentes en las vías, derrames de combustibles, aceites y otros similares.

Por otro lado, los impactos indirectos<sup>3</sup> pueden estar relacionados con la pérdida de cobertura forestal a raíz del desarrollo inducido: comercial, industrial y residencial en los márgenes del camino; el incremento del transporte motorizado y los consecuentes impactos en emisiones y contaminación; desmonte y tala no planificada o ilegal; degradación del bosque; erosión del suelo; aumento de los riesgos de incendios forestales; caza y pesca ilegal; tráfico ilegal de animales vivos; invasión de tierras indígenas por parte de los agricultores, madereros y mineros, así como de cazadores o pescadores ilegales; contaminación química de suelos y agua por abuso de agroquímicos o a consecuencia de minería; reducción de servicios ambientales del bosque (ciclo de agua, fijación de CO<sub>2</sub>, etc.); invasión de áreas protegidas; especulación

---

3 Para fines prácticos del estudio, se mencionan dentro de los impactos indirectos también algunos impactos acumulativos y sinérgicos.

y apropiación ilícita de tierras; y, en algunos casos, proliferación de cultivos ilegales (Dourojeanni, 2002; Banco Mundial, 1998). Estos impactos indirectos provocan un proceso continuo de degradación de los recursos hídricos y forestales, así como cambios de hábitat natural (Fearnside, 2001 y 2002; Kaimowitz & Angelsen, 1998; Pfaff, 1999; Maki *et ál.*, 2001; Alves, 2002; Laurance *et ál.*, 2002; Soares-Filho *et ál.*, 2004; Fearnside, 2005).

Otros impactos indirectos importantes son los sociales, ya que muchos proyectos promueven cambios estructurales significativos en la economía de sus regiones de influencia, generando procesos migratorios que derivan posteriormente en disputas por tierra y recursos naturales (Cáceres-Vega, 2000). Estos procesos y sus consecuencias muchas veces son impulsados por los gobiernos e, inclusive, llegan a ser la justificación social de algunos proyectos. No obstante, en la promoción de tales proyectos no suele considerarse las inversiones paralelas necesarias para la provisión de servicios básicos, como tampoco la realización de evaluaciones comparativas respecto a inversiones alternativas que podrían realizarse con los mismos recursos, y que, posiblemente, podrían generar beneficios mayores, más eficientes y/o más integrales para las poblaciones involucradas.

Aunque los posibles impactos de una carretera son múltiples, en general, la principal preocupación está relacionada con los potenciales impactos ambientales indirectos y acumulados a largo plazo. Estos impactos habitualmente traen consecuencias más profundas sobre el medio ambiente que los impactos directos, pudiendo, con el transcurso del tiempo, afectar grandes extensiones geográficas<sup>4</sup>.

Las carreteras son construidas a pesar de que existe conciencia sobre los impactos que originan, principalmente por los beneficios económicos derivados de la reducción de los costos de transporte. Dicha reducción disminuye, a su vez, el costo total de una actividad económica y, así, proporciona aumento en la rentabilidad potencial de áreas utilizadas. También viabiliza actividades productivas en áreas donde anteriormente eran financieramente inviables. La reducción de costos, por lo tanto, puede ocasionar una intensificación y una expansión en el uso de la tierra. El grado de los daños depende de varios factores, que pueden abarcar la escala del proyecto caminero, la existencia, valor y estado de los recursos naturales antes del proyecto, el aumento del valor económico de las tierras con mejor acceso, y la existencia y capacidad de grupos interesados en explotarlas (Fleck *et ál.*, 2006).

<sup>4</sup> Se estima que los impactos indirectos, en condiciones de selva amazónica, ocurren sobre no menos de 50 km a cada lado de la carretera (en Dourojeanni, 2002; Alves, 2001; IPAM/ISA, 2000). En la Amazonia brasileña, estudiada con más profundidad, 80% de la deforestación ocurrió a menos de 30 km. de las carreteras principales (Barreto *et ál.*, 2005). La inclusión de carreteras secundarias (no-oficiales) en el análisis es un frecuente efecto indirecto de la construcción de carreteras principales, y tendería a aumentar esa relación (Souza Jr. *et ál.*, 2005).



Objetivos

**E**n consideración al reconocimiento de los impactos ambientales, sociales, económicos y culturales de las carreteras, se desarrolla el “Filtro de Carreteras” con el objetivo de evaluar un conjunto de proyectos viales en proceso de planificación en cinco países amazónicos (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú), estableciéndose para cada uno de los casos, y en función a los impactos que puedan ser generados, el grado de oportunidad para conservación asociado a cada uno, entendiendo que una carretera que genera impactos mayores debería favorecer el desarrollo de políticas de mitigación y compensación también mayores.

A través de la evaluación mencionada será posible orientar de un modo más eficiente los recursos disponibles para el desarrollo de estudios a profundidad sobre la factibilidad económica de los proyectos<sup>5</sup>. Esto, considerando que aquellas carreteras que presenten mayores riesgos en términos ambientales, sociales, económicos y culturales serían aquellas en las que un análisis a profundidad permitiría establecer argumentos suficientes que orienten en la toma de decisiones a favor de la conservación de los recursos naturales y la mejor asignación de los recursos económicos.

---

<sup>5</sup> El filtro no establece si los proyectos viales evaluados son más o menos eficientes; simplemente identifica aquellos proyectos que presentarían mayores niveles de riesgo en términos ambientales, sociopolíticos, económicos y culturales.



## { Aspectos metodológicos

## Descripción general del filtro

El Filtro de Carreteras es una herramienta que evalúa 36 proyectos de construcción y mejoramiento vial en cinco países amazónicos<sup>6</sup>, calificando a cada proyecto según sus niveles de riesgos ambientales, sociales, económicos y culturales, y construyendo un ranking según estos criterios. La evaluación de las carreteras se realiza a través de un índice que considera 17 variables, las cuales están ponderadas según su importancia relativa.

La asignación de valores numéricos a cada variable mediante la interpretación de información secundaria permitió tener una calificación final de cada carretera, determinándose el nivel de riesgo que, según cada variable, tiene cada uno de los proyectos. La calificación final de cada carretera a través de un valor numérico, como en todo índice, representa únicamente una medida comparativa y no tienen mayor utilidad que la de comparar los proyectos viales analizados. Así, por medio del filtro es posible identificar los proyectos carreteros más riesgosos, o bien aquellos que presentarían mayores oportunidades para la realización de inversiones en conservación (identificación de proyectos alternativos menos riesgosos, cambios en el diseño o ubicación de la vía o medidas de mitigación y/o compensación).

## Selección de proyectos viales

El proceso de selección de carreteras para ser analizadas por el filtro tomó en cuenta, en primera instancia, el levantamiento de información cualitativa en cada uno de los países considerados, respecto a los proyectos viales en proceso de planificación. Esta recopilación de información primaria, realizada a través de entrevistas con informantes clave en cada país, buscó identificar los proyectos más controversiales en función a los impactos que podrían generar. No obstante, varios de los proyectos identificados durante este primer sondeo fueron posteriormente descartados del análisis por no cumplir las siguientes condiciones:

- a) El proceso de construcción o mejoramiento de la ruta debía estar en proceso de planificación el momento en que se recolectó la información (no se consideraron tramos que en ese momento estaban en etapa de construcción).
- b) El periodo de implementación de los proyectos considerados no debería ir más allá del 31 de diciembre de 2015, como máximo.
- c) La región geográfica de interés es la Amazonía.

---

<sup>6</sup> En el ANEXO 2, puede apreciarse la ubicación geográfica de cada una de las carreteras analizadas por el "Filtro de Carreteras". La extensión de estos proyectos varía entre 10 km y 860 km.

Una vez ajustada la lista preliminar de proyectos en función a las condiciones recientemente descritas, se inició el proceso de recolección de información cualitativa, cuantitativa y geográfica de cada una de las rutas y sus áreas de influencia. Este proceso implicó el descarte de algunas rutas inicialmente seleccionadas (sobre las cuales no existía información suficiente o certeza sobre su estatus como proyecto vial), y la identificación y posterior consideración de rutas que no fueron identificadas en el primer sondeo, pero que sí cumplían con todas las condiciones establecidas.

## Selección de variables y ponderaciones

La selección de variables se ajustó en función a la disponibilidad de información secundaria observada en el proceso de recolección de datos, definiéndose la confiabilidad de esa información y, finalmente, la posibilidad de que ella pueda ser comparada entre los cinco países. Finalmente, se obtuvo un conjunto de 17 variables, las cuales fueron agrupadas en cuatro categorías, descritas en la siguiente tabla.

TABLA 1. VARIABLES CONSIDERADAS AGRUPADAS SEGÚN CATEGORÍA

<b>Económicas (ECO)</b>	V1. Costo de inversión
	V2. Pendiente o relieve (aprox. costo de mantenimiento) (*)
	V3. PIB regional (de los municipios atravesados por el tramo)
	V4. Densidad poblacional (*)
	V5. Ingreso bruto por agricultura (*)
<b>Ambientales (AMB)</b>	V6. Cobertura boscosa (*)
	V7. Presencia de humedales (*)
	V8. Balance hídrico promedio (*)
	V9. Estado de conservación natural (*)
	V10. Proximidad a áreas de conservación / territorios indígenas (*)
	V11. Longitud de las rutas
<b>Sociales (SOC)</b>	V12. Tipo de inversión
	V13. Grado de rechazo de la población afectada
	V14. Vulneración de normas legales
<b>Culturales (CULT)</b>	V15. Existencia de presión externa a favor del proyecto
	V16. Existencia de pueblos en aislamiento voluntario
	V17. Posibilidad de daños arqueológicos

(\*) Variables explícitas geográficamente.

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los cuatro grupos de variables tiene una ponderación y, al interior de cada grupo, las variables son también ponderadas. Esta ponderación responde a criterios cualitativos sobre la importancia de cada una de las variables. Por otro lado, cada variable contiene información de cualitativa o cuantitativa. Tanto las variables cuantitativas como las cualitativas fueron interpretadas en base a distintos criterios, en un valor numérico que va de 1 a 5. El valor numérico o calificación asignada es multiplicada por el peso relativo asignado a cada variable<sup>7</sup>, el cual varía entre 0 y 1. La suma de los pesos relativos entre las variables de un mismo grupo es 1; lo mismo ocurre con la suma de los pesos relativos de los grupos. Así, los valores finales asignados por el filtro a cada carretera también oscilan entre 1 y 5, donde aquellas carreteras con calificación mayor presentarán riesgos elevados, o bien, mejores oportunidades para inversiones en conservación, esto en términos relativos.

## Definición de pesos o ponderaciones de las variables

La definición de pesos para las categorías de variables responde principalmente a cuatro criterios:

- i. El grado de certidumbre que tiene cada variable en el tiempo. A medida que los datos analizados tengan menor variabilidad en el tiempo, se asigna una ponderación más alta. Una variable geográfica, como el tipo de relieve topográfico, por ejemplo, permanecerá en el tiempo, mientras que una social, como el grado de rechazo de la población local, puede cambiar si cambian ciertas condiciones.
- ii. Tipo de datos considerados para la calificación de las variables. Las variables económicas y ambientales se basan en información cuantitativa, mientras que las variables sociales utilizaron información cualitativa. Las variables culturales se basaron en información cuantitativa también, pero al existir cierto grado de incertidumbre respecto a las dos variables analizadas en este grupo, se les asigna también una ponderación menor.
- iii. La importancia de la variable como determinante de la eficiencia de un proyecto para la sociedad. Esta calificación se realizó en función a lo observado en la literatura (Reid, 2009; Fleck, 2009; Killeen, 2007; Dourojeanni, 2006; Fearnside, 2005; Banco Mundial, 1998; entre otros) respecto a la evaluación social de carreteras. Estos análisis consideran principalmente variables de tipo económico y ambiental para la determinación de la viabilidad o no de un proyecto vial.

---

<sup>7</sup> Los pesos relativos asignados a las variables sociales y culturales son significativamente menores, considerando que la calificación realizada para éstas se basa en criterios cualitativos que pueden variar en el tiempo y a medida que avanzan las negociaciones y procesos de desarrollo de los proyectos. También se les asigna un menor valor, porque al ser variables de tipo cualitativo, su calificación responde a percepciones individuales que pueden variar en función a distintas percepciones.

- iv. El número de variables consideradas en cada categoría. La categoría económica considera cinco variables, y la ambiental, siete, mientras que las categorías social y cultural consideran 3 y 2 variables, respectivamente.

En función a estos criterios, se calificó los cuatro tipos de variables, asignando ponderaciones altas, medias y bajas, como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 2. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA PONDERACIÓN DE VARIABLES Y CATEGORÍAS

CRITERIO	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	SOCIALES	CULTURALES
Grado de certidumbre en el tiempo	Alta	Alta	Baja	Media
Tipo de datos considerados	Alta	Alta	Baja	Media
Importancia como determinante de eficiencia	Alta	Alta	Media	Baja
Número de variables consideradas	Alta	Alta	Media	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la ponderación asignada a cada una de las variables al interior de cada grupo, en el caso de las variables culturales se asignó similar peso a las dos variables consideradas. En cuanto a las variables económicas, ambientales y sociales, se aplicaron ponderaciones distintas en función al tercer criterio de ponderación de grupos de variables. Todas las ponderaciones fueron interpretadas numéricamente, como se detalla en las siguientes ecuaciones:

$$(1) \text{ Calificación Total} = (0.4 \cdot \text{ECO}) + (0.45 \cdot \text{AMB}) + (0.1 \cdot \text{SOC}) + (0.05 \cdot \text{CULT})$$

Donde:

$$(2) \text{ ECO} = (0.4 \cdot V1) + (0.1 \cdot V2) + (0.1 \cdot V3) + (0.2 \cdot V4) + (0.2 \cdot V5)$$

$$(3) \text{ AMB} = (0.2 \cdot V6) + (0.1 \cdot V7) + (0.1 \cdot V8) + (0.1 \cdot V9) + (0.2 \cdot V10) + (0.2 \cdot V11) + (0.1 \cdot V12)$$

$$(4) \text{ SOC} = (0.4 \cdot V13) + (0.3 \cdot V14) + (0.3 \cdot V15)$$

$$(5) \text{ CULT} = (0.5 \cdot V16) + (0.5 \cdot V17)$$

## VARIABLES GEOGRÁFICAS

De las 17 variables seleccionadas, ocho fueron analizadas a través de Sistemas de Información Geográfica. Para estas variables se ha considerado un área de influencia de 20 km a cada lado de la carretera, superficie sobre la cual se realizó el análisis geográfico-estadístico y la asignación de valores. Cada una de las variables seleccionadas se ha expresado en grillas de 1 km de resolución, a excepción de la variable “ingreso bruto por agricultura”, que tiene una resolución de 10 km. Estas grillas inicialmente contenían información continua correspondiente a la variable misma; posteriormente, los valores de estas grillas fueron clasificados o estandarizados en una escala de entre 1 y 5.

Luego, sobreponiendo el área de influencia de cada carretera a cada variable, se ha calculado el área que comprende cada valor entre 1 y 5. A partir de esta información, mediante el cálculo de promedios ponderados, se ha realizado el cálculo del valor asignado a cada carretera. A continuación, se presenta el proceso general para el análisis geográfico de cada variable.

- a. Identificación de las carreteras. El primer paso fue la identificación y digitalización de las 36 carreteras que se incluyeron en el filtro. Este proceso se realizó en base a la información vial sobre proyectos carreteros de cada país. Dado que no se contaba con toda la información geográfica sobre el trazo de carreteras en todos los países, se digitalizó un trazo aproximado con ayuda de *google earth* o con la información de centros poblados. Finalmente, se logró un archivo vectorial (*shapefile*) de las 36 carreteras y luego se procedió al cálculo del área *buffer* de 20 km a cada lado.
- b. Preparación de las variables. Dada la necesidad de comparar información de diferentes países, se utilizó información espacial a escala continental, preferencialmente. Para ello, se ha buscado, descargado y transformado a un solo sistema compatible toda la información para Sudamérica. La proyección utilizada fue la Cónica Conforme de Lambert. Solamente la información sobre población y áreas protegidas desarrollada a escala de país fue utilizada en el filtro, después de haber sido agregada en un solo archivo continental. Luego, dado que cada variable está expresada en diferentes unidades, se ha procedido a su estandarización en una escala de 1 a 5 para hacerlas comparables.

- c. Cálculo de los valores por carretera. El cálculo de los valores para el filtro de carreteras se realizó utilizando un área *buffer* de 20 km alrededor de cada carretera. Allí se calculó el área que representa cada categoría de valores (entre 1 y 5), y luego se calculó un promedio ponderado para obtener un valor único para cada variable y cada carretera.
- d. Elaboración de mapas. Se elaboraron mapas de las variables continuas y las variables clasificadas para todo el continente.

## Variables no geográficas

En el caso de las variables no geográficas, el proceso de ponderación se basó en la estratificación de los valores observados para las 36 carreteras y para cada una de las nueve variables no geográficas. En tres de las variables no geográficas (costo de inversión, PIB regional y longitud de las rutas), se agruparon los valores observados en cinco estratos (según rangos) y, posteriormente, se asignó a cada estrato un valor entre 1 y 5 según el relacionamiento de la variable con el filtro. Para las otras siete variables, la asignación de valores entre 1 y 5 fue directa y en base a información cualitativa. En esta asignación de valores, se trató de utilizar criterios homogéneos de comparación entre proyectos en cada uno de los países.

## Criterios de estratificación y descripción de cada variable

Todas las variables consideradas fueron estratificadas según diferentes rangos o criterios de clasificación, los cuales respondieron a las características propias de cada una y a los valores observados en las mismas. Los criterios de estratificación no consideraron una homogeneización en cuanto al número de observaciones calificadas en cada rango, o algún otro criterio de distribución de observaciones entre rangos; simplemente consideraron los valores máximo y mínimo observados y las características propias de cada variable. Así, se obtuvo una distribución heterogénea de observaciones en cada rango y para todas las variables. Cada uno de los rangos responde a una categoría de calificación cuyos valores varían entre 1 y 5. A continuación, se describe el tratamiento para cada una de las variables, así como la definición de rangos.

## Variable 1. Costo de Inversión

A medida que el costo de inversión por kilómetro de una carretera sea mayor, disminuye la probabilidad de que la vía alcance niveles de eficiencia económica. Dado que las estimaciones de costos de inversión de las carreteras de los diferentes países se realizaron en distintos años, a fin de actualizar los valores, se aplicó una tasa de inflación externa de 2,2% a todos los casos, actualizándose todos los valores al año 2010 (en dólares americanos). Realizada la actualización de valores, se procedió a estimar el costo de inversión por kilómetro (monto total de inversión/distancia)<sup>8</sup>. Finalmente, y en base a las observaciones de inversión/distancia de las 36 carreteras, se estratificó la muestra de la siguiente manera.

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	0 - 0,5 \$us millones/km
bajo -> 2	0,5 - 1 \$us millones/km
medio -> 3	1 - 2 \$us millones/km
alto -> 4	2 - 5 \$us millones/km
muy alto -> 5	más de 5 \$us millones/km

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 2. Pendiente o relieve (aproximación al costo de mantenimiento)

Toda vez que una carretera atraviese una región más accidentada, los costos de inversión y mantenimiento serán mayores y, en consecuencia, los riesgos económicos también serán más elevados. Dado que se cuenta con una variable que determina directamente el costo de inversión por kilómetro, se utiliza el relieve como una aproximación a los costos de mantenimiento<sup>9</sup>.

Expresada como la pendiente del terreno en grados, esta variable fue calculada a partir de un modelo digital de elevación de 1 km de resolución, derivado mediante agregación a partir de la base de datos de SRTM<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> Se realiza el ajuste por distancia a fin de tener un indicador relativo de costo de inversión y evitar que sean las rutas más largas las que presenten calificaciones más altas dentro del filtro.

<sup>9</sup> Una mayor pendiente también suele relacionarse a mayores impactos directos (por ejemplo, erosión) y menores impactos indirectos (por ejemplo, pérdida de vegetación natural). El segundo ejemplo es analizado de manera específica por otra variable del filtro.

<sup>10</sup> Shuttle Radar Topography Mission; <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>



Fuente: Elaboración propia en base al modelo digital de elevación de SRTM, obtenido de <http://www.worldclim.org/>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
llano -> 1	0-1 (Grados)
ondulado -> 2	1-5 (Grados)
montañoso grado 1 -> 3	5-10 (Grados)
montañoso grado 2 -> 4	10-30 (Grados)
muy accidentado -> 5	30-45 (Grados)

Fuente: Elaboración propia.

### *Variable 3. PIB regional (de los municipios atravesados por el tramo)*

Mientras mayor sea el producto interno bruto (PIB) regional de los municipios que son atravesados por una carretera, existen más argumentos económicos a favor de su construcción, toda vez que se supone que el nivel de tráfico será mayor y que la ruta beneficiará al desarrollo de las actividades productivas de la región. Por ello, los criterios de calificación asignan valores más altos a aquellas carreteras cuyo PIB regional sea menor, porque estas presentarían mayores riesgos de no alcanzar una eficiencia económica.

Dado que las realidades entre los países analizados por el filtro son diversas y es difícil comparar los PIB regionales entre países, se estimaron porcentajes ponderados de participación del PIB regional de cada carretera, en relación a los PIB regionales de todas las carreteras de un mismo país. Luego se utilizó la participación porcentual de cada carretera como medida de comparación entre países. Previo a la estimación de valores ponderados, se dividió el PIB regional de cada ruta entre la distancia de la misma para eliminar el efecto de la distancia de las rutas en el resultado.

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	25% o más
bajo -> 2	15% - 25%
medio -> 3	10% - 15%
alto -> 4	5% - 10%
muy alto -> 5	menos de 5%

Fuente: Elaboración propia.

#### Variable 4. Densidad poblacional

A medida que una carretera atraviese regiones con una mayor densidad poblacional o conecte mayor número de centros poblados, la probabilidad de que la vía alcance una eficiencia económica es más alta, toda vez de que existe también una probabilidad mayor de que la vía beneficie a un número creciente de usuarios (mayor tráfico esperado).

Expresada en promedio de habitantes por hectárea, la densidad de la población fue calculada a partir de *shapefiles* de unidades administrativas en cada uno de los países, cuyas tablas de atributos contenían la información sobre el número de habitantes por unidad administrativa. Las unidades administrativas consideradas fueron: Bolivia, municipio; Perú, provincia; Ecuador, provincia; Colombia, municipio; y Brasil, municipio.

Para calcular la densidad poblacional, se dividió el número total de habitantes entre el área en hectáreas. Posteriormente, se procedió a transformar el archivo vectorial en un raster de 1 km de resolución, donde cada pixel contiene la densidad poblacional promedio de toda la unidad administrativa, expresada en habitantes por hectárea.



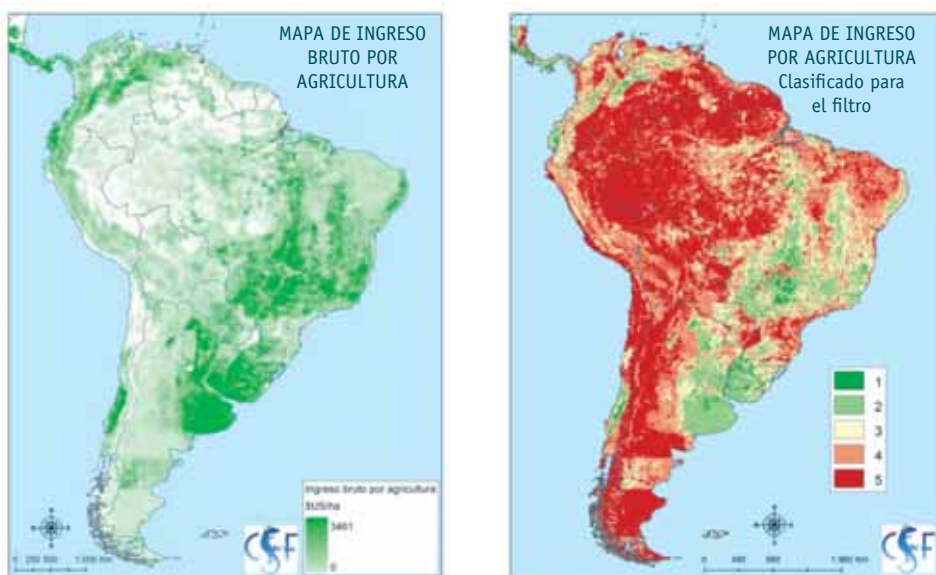
Fuentes: Elaboración propia en base a Bolivia: Instituto Nacional de Estadística, Censo 2001 <http://www.inec.gov.bo/>; Brasil: Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2010 <http://www.ibge.gov.br>; Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos <http://www.inec.gov.ec/>; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010 <http://www.dane.gov.co/>; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2005 <http://www.inei.gov.pe/>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	0 - 0,001 (habitantes/ha)
bajo -> 2	0,001 - 0,01 (habitantes/ha)
medio -> 3	0,01 - 0,1 (habitantes/ha)
alto -> 4	0,1 - 1 (habitantes/ha)
muy alto -> 5	1 - 150 (habitantes/ha)

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 5. Ingreso bruto por agricultura

Expresado en dólares americanos, el ingreso bruto de la agricultura fue obtenido a partir de un mapa de Naidoo & Iwamura (2007). Este mapa fue realizado a escala global, e integra información sobre la productividad de 42 cultivos, densidad de ganado y precios de estos productos. El mapa refleja la rentabilidad potencial por hectárea, tomando como referencia el valor de la actividad productiva más rentable entre las analizadas. Esta información fue utilizada como un *proxy* de la aptitud de la tierra para actividades agrícolas. A medida que la rentabilidad agrícola de una región específica sea mayor, los argumentos para justificar la construcción de una ruta serán también mayores, y los riesgos de que la carretera no pueda ser justificada económicamente serán menores. Así, el filtro asigna valores altos (mayor riesgo económico) a las carreteras que atraviesan regiones con menor rentabilidad agrícola.



Fuente: Elaboración propia en base a Naidoo, R. & Iwamura, T., 2007. Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: implications for conservation priorities. *Biological Conservation* 140: 40-49.

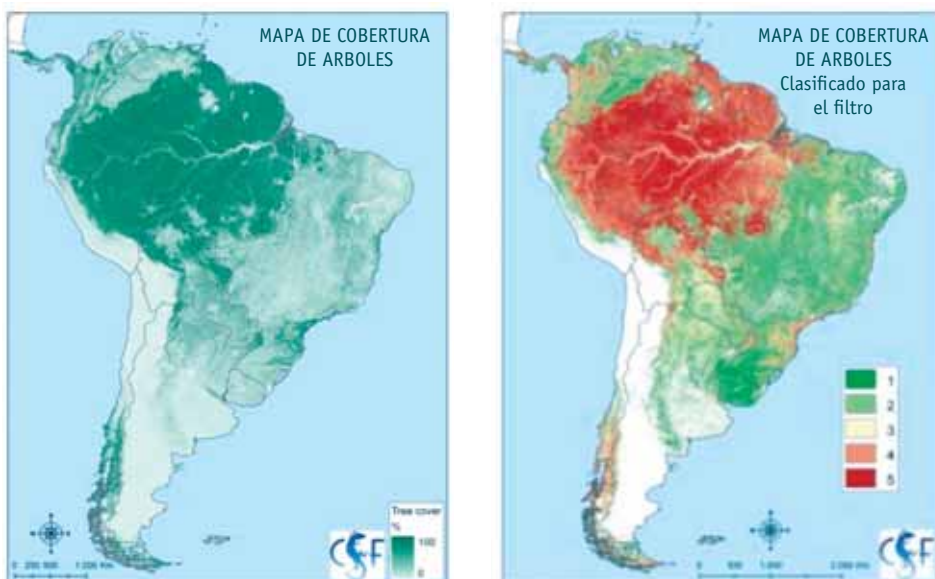
Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	0-10 (\$us/ha)
bajo -> 2	10-50 (\$us/ha)
medio -> 3	50-100 (\$us/ha)
alto -> 4	100-300 (\$us/ha)
muy alto -> 5	300-3500 (\$us/ha)

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 6. Cobertura boscosa

Expresada como el porcentaje de cobertura de árboles, como un *proxy*, la cobertura boscosa se obtuvo a partir de un mapa en formato raster, que contiene información sobre porcentaje de cobertura de árboles desarrollada para 2001 en base a imágenes MODIS<sup>11</sup> de 500 m de resolución. A medida que una ruta atraviesa una región con mayor cobertura vegetal, las posibilidades de pérdidas en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos son mayores, por lo tanto, los riesgos ambientales, así como los argumentos para cuestionar la carretera ambientalmente, serán también mayores, identificándose así la necesidad de mejorar la oportunidad para el desarrollo de inversiones en conservación.

11 National Aeronautics and Space Administration; <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>



Fuente: Elaboración propia en base a Hansen, M., Defries, R.S., Townshend, J.R.G., Carroll, M., Dimiceli, C. & Sohlberg, R.A. (2003), "Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: First Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm", Earth Interactions, Vol 7, No 10, pp 1-15, <http://www.landcover.org/>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	10-20 (%)
bajo -> 2	20-40 (%)
medio -> 3	40-60 (%)
alto -> 4	60-80 (%)
muy alto -> 5	80-100 (%)

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 7. Presencia de humedales

Según el Convenio Ramsar, un humedal es una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan<sup>12</sup>. Para fines del presente estudio, se definió la presencia de humedales a partir de la información de la base de datos global de lagos, reservorios y humedales de WWF. El mapa de ubicación de diferentes tipos de humedales se reclasificó en dos clases, las cuales indican la presencia o ausencia de los mismos. Así, se incluye esta variable para reconocer la importancia ecológica, y en términos de servicios ecosistémicos, que tienen los humedales, asignándose valores altos a aquellas carreteras que atraviesen zonas con mayor presencia de estos (mayor riesgo ambiental).

<sup>12</sup> No incluye páramos.



Fuente: Elaboración propia en base a Lehner, B. & Döll, P. (2004): Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. Journal of Hydrology 296/1-4: 1-22. <http://www.worldwildlife.org/science/data/item1877.html>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
no existen -> 1	No existe presencia de humedales
existen -> 5	Presencia de humedales

Fuente: Elaboración propia.

### Variable 8. Balance hídrico promedio

El balance hídrico es considerado como variable del filtro, tomando en cuenta que representa una aproximación a los recursos hídricos que pudiesen estar presentes en el área de influencia de un proyecto vial y que podrían verse afectados por el mismo. El balance hídrico de una cuenca hidrográfica representa una aproximación a la disponibilidad de los recursos hídricos que ella ofrece. Esta variable es considerada para el filtro de carreteras, ya que cualquier intervención que pudiera disminuir la capacidad de infiltración de los suelos, también podría reducir la disponibilidad de agua en los acuíferos, lo cual podría afectar la disponibilidad de este recurso en época seca.

Este criterio se incluye también por la importancia que tiene la infiltración del agua durante la época húmeda, especialmente ahora, cuando observamos que solo con una diferencia de cinco años (2005 y 2010) han ocurrido severas sequías en la Amazonía, eventos que usualmente se observaban una vez cada 100 años. Este hecho ha provocado una emisión adicional de dióxido de carbono proveniente del bosque amazónico, el cual, durante el 2010, se ha comportado como una fuente de

emisión en lugar de ser el habitual sumidero de carbono. Además, por los modelos de predicción de cambio climático existentes, es probable que estos eventos extremos sean más frecuentes y, por lo tanto, una gran parte de los árboles susceptibles a la sequía mueran (Lewis *et ál.*, 2011).

A esto habría que sumar la cantidad de árboles que son removidos para abrir una carretera, así como los que son removidos por los efectos indirectos que causa la deforestación, los cuales tienden a impermeabilizar los suelos y, por lo tanto, disminuyen la capacidad de infiltración de agua, reduciendo así la disponible para mantener el ecosistema y para brindar servicios de provisión de agua a poblaciones humanas.

El balance hídrico se determinó a partir de la precipitación y la evapotranspiración potencial establecidas por el método de Thornthwaite & Matter (1955). La información sobre precipitación y temperatura necesarias para calcular la evapotranspiración potencial se obtuvo de la base de datos de Worldclim. La resolución de la información fue de 1 km.

El cálculo del balance hídrico se realizó para cada mes del año. Para ello, simplemente se sustrajeron los valores de evapotranspiración potencial de la precipitación. Luego, se realizó el cálculo del balance hídrico anual relativo, agregando los valores de balance hídrico mensual, que se ajustaron a cero cuando resultaron negativos, para evitar realizar una sustracción de valores de balance hídrico mensual negativo. El proceso fue realizado de esa manera debido a que el método de cálculo utilizado sobrestima la evapotranspiración potencial y asume una fuente infinita de agua. Además, suponemos que la evapotranspiración no puede exceder el aporte de la lluvia en la cuenca.

El método de Thornthwaite & Mather (1955) se basa en el cálculo de un índice de calor, utilizando la temperatura como único dato de entrada. La relación que determina la evapotranspiración potencial es la siguiente:

$$E = 1,6 (10T/I)^a$$

Donde:

E= Evapotranspiración mensual (cm).

T= Temperatura media mensual (C°).

I= Índice de calor total dado por la suma de los índices de calor mensuales (i).

$$i = (T/5)^{1,514}$$

a = coeficiente empírico calculado a partir de:

$$a = 6,75 * 10^{-7I^3} - 7,71 * 10^{-5I^2} + 1,79 * 10^{-2I} + 0,49$$

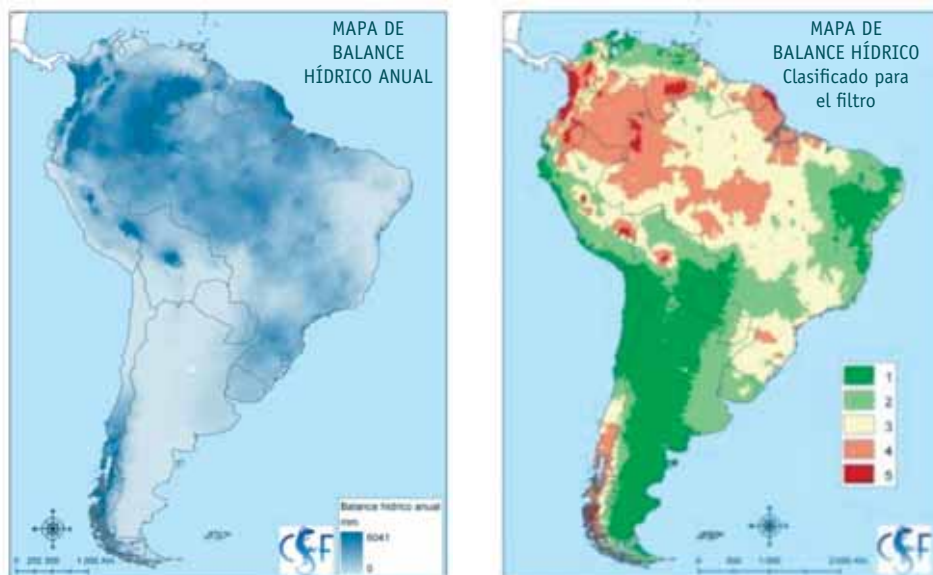
Los valores calculados representan la evapotranspiración potencial sin corregir para 30 días y 12 horas sol teóricas para todos los meses, de tal manera que para obtener la ETP corregida se aplica la siguiente relación:

Donde:

N = Número máximo de horas sol dependiendo de la latitud y el mes.

d = Número de días para cada mes.

Para determinar la importancia de una cuenca hidrográfica en la captación de agua, se realizó un cálculo del promedio de balance hídrico en los polígonos de cuencas de la base de datos de HydroSHEDS de WWF. De esta manera, cada cuenca adquiere un valor promedio de balance hídrico por unidad de área (1 km<sup>2</sup>). Este método de cálculo no toma en cuenta la permeabilidad del suelo, cobertura vegetal, pendiente y otros factores que podrían afectar la evapotranspiración. Sin embargo, permite estimar un valor de balance hídrico relativo y uniforme para todo el continente.



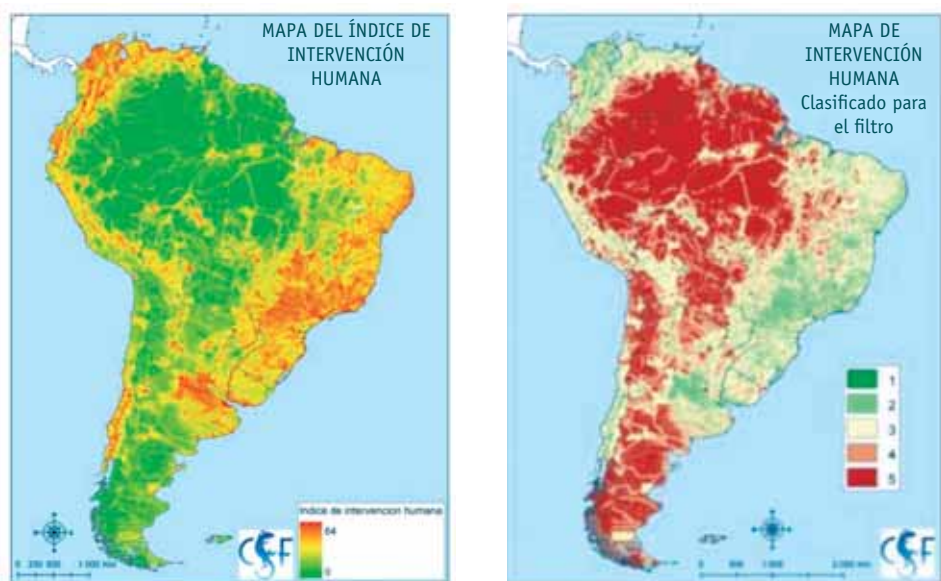
Fuentes: Elaboración propia en base a Rasters de precipitación y temperatura: Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978. <http://www.worldclim.org/>; Cuencas hidrograficas: Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A. (2008): New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94. <http://hydrosheds.cr.usgs.gov>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	0-100 (mm)
bajo -> 2	100-500 (mm)
medio -> 3	500-1000 (mm)
alto -> 4	1000-2000 (mm)
muy alto -> 5	2000-6050 (mm)

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 9. Estado de conservación natural

Expresada a través de un índice de intervención humana, como un proxy del estado de conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, los valores asignados por esta variable son producto de la sobreposición de información a escala global sobre varios factores que representan influencia en los ecosistemas, como pueden ser: distribución de la población humana, áreas urbanas, carreteras, ríos navegables y usos agrícolas. De la influencia combinada de estos factores se deriva el Índice de Intervención Humana. Este se representa en un raster donde los valores más bajos corresponden a las áreas menos intervenidas por el hombre, y que, por lo tanto, mantendrían su biodiversidad natural. El índice asigna a estas áreas valores mayores, considerando que la construcción de una ruta implicaría riesgos también mayores sobre la situación de conservación de los recursos albergados en las mismas.



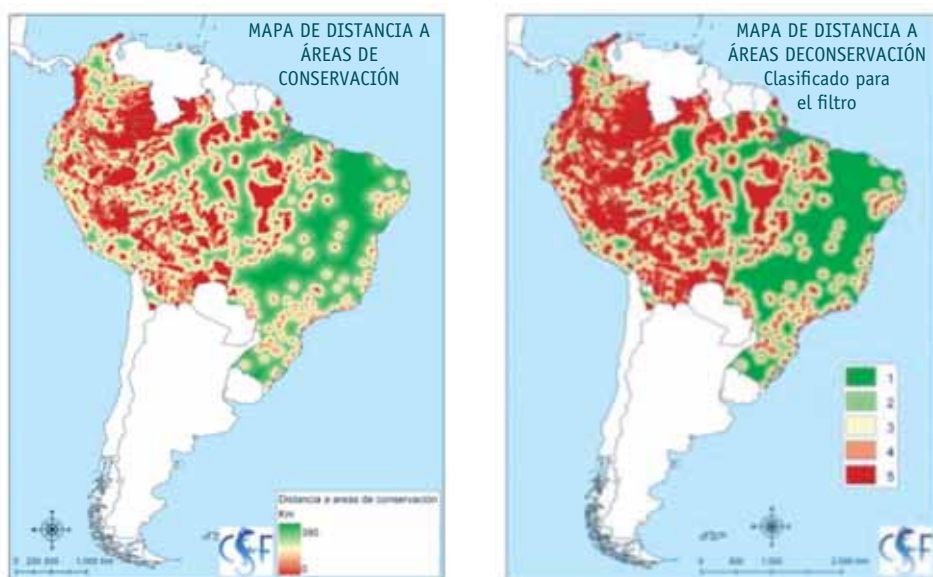
Fuente: Elaboración propia en base a Last of the Wild Data Version 2, 2005 (LWP-2): Global Human Footprint data set (HF). Wildlife Conservation (WCS) and Center for International Earth Science Information Network (CIESIN). <http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/downloads.jsp#infl>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	40-64
bajo -> 2	20-40
medio -> 3	10-20
alto -> 4	5-10
muy alto -> 5	0-5

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 10. Proximidad a áreas de conservación / territorios indígenas

Expresado por la distancia en kilómetros, el cálculo de conectividad con áreas de conservación y/o territorios indígenas se realizó a partir de un mapa de distancia de las áreas protegidas y tierras indígenas de cada país hacia las áreas de influencia de cada carretera. A este fin, se elaboró un mapa de áreas de conservación y territorios indígenas<sup>13</sup> para los cinco países, el cual incluye todas las áreas clasificadas y tituladas como tales: áreas naturales protegidas, tierras indígenas y reservas. Luego, se procedió al cálculo de la distancia euclidiana a partir de cada área de conservación hacia las áreas sin categoría alguna de protección. Así, a medida que el trazo de una carretera atraviese áreas de conservación o esté próximo a ellas, el riesgo ambiental será mayor y, por lo tanto, el índice le asignará también una calificación más alta.



Fuentes: Elaboración propia en base a Bolivia: SERNAP, <http://www.sernap.gob.bo/>; Brasil: SNUC; Ecuador: SNAP; Colombia: <http://www.parquesnacionales.gov.co/>; Perú: SERNANP, <http://www.sernanp.gob.pe>

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	100-380 (km)
bajo -> 2	50-100 (km)
medio -> 3	30-50 (km)
alto -> 4	10-30 (km)
muy alto -> 5	0-10 (km)

Fuente: Elaboración propia.

<sup>13</sup> Incluye solamente aquellos territorios que están estricta y legamente protegidos por cada uno de los Estados.

## Variable 11. Longitud de las rutas

La longitud o distancia de las rutas expresa la magnitud de las inversiones. Esta variable es considerada toda vez que un proyecto de mayor magnitud, que implique un área de influencia más extensa, tendrá mayor probabilidad de generar impactos ambientales acumulativos y/o sinérgicos superiores por kilómetro de carretera. Es decir, una carretera de 500 km de longitud tiene más potencial para catalizar la transformación de paisajes enteros que una de 50 km. En consecuencia, los riesgos ambientales de proyectos de mayor longitud serán más altos, así como la calificación asignada por el filtro.

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
muy bajo -> 1	0-50 km
bajo -> 2	50-100 km
medio -> 3	100-200 km
alto -> 4	200-400 km
muy alto -> 5	más de 400 km

Fuente: Elaboración propia.

## Variable 12. Tipo de inversión

De los 36 proyectos viales considerados en el análisis, 23 son inversiones destinadas a la construcción de una ruta nueva y 13 son proyectos de mejoramiento de rutas ya existentes. Esta variable pretende establecer una diferencia en la calificación que asigna el filtro entre proyectos de apertura de una vía nueva o el mejoramiento de una ya existente, asumiendo que una vía nueva puede tener impactos ambientales sustancialmente superiores a los que tendría una vía ya existente, cuyas condiciones se pretende mejorar. La apertura de una vía, aunque sea de tierra y angosta, establece las circunstancias básicas para que en el futuro se hagan inversiones de ampliación y mejoramiento; en consecuencia, el riesgo de que en el futuro alcancen impactos ambientales directos e indirectos de mayor magnitud es elevado.

Categorías de clasificación según nivel de riesgo	Rangos\ criterios de clasificación
bajo -> 1	Mejoramiento
alto -> 5	Carretera nueva

Fuente: Elaboración propia.

## Variables 13 a 17. Sociales y culturales

Las variables categorizadas como sociales y culturales fueron clasificadas en función a consideraciones cualitativas. Por lo tanto, no se utilizaron rangos o criterios de calificación, sino que se asignaron categorías directamente. La tabla siguiente muestra las categorías y describe el comportamiento de las variables.

Variables		Comportamiento	Categorías de clasificación según nivel de riesgo
V13	Grado de rechazo de la población afectada	A medida que exista mayor rechazo de parte de la población para la construcción de una carretera, el riesgo de que se presenten conflictos sociales será mayor. Así, el filtro asigna una calificación mayor a mayor riesgo.	muy bajo rechazo -> 1
			bajo rechazo -> 2
			medio -> 3
			alto rechazo -> 4
			muy alto rechazo -> 5
V14	Vulneración de normas legales	Si un proyecto vial vulnera alguna norma (nacional o regional), el riesgo de potenciales conflictos sociales también se incrementa.	no vulnera -> 1
			si vulnera -> 5
V15	Existencia de presión externa a favor del proyecto	Proyectos financiados o promovidos por gobiernos externos u organismos de financiamiento internacional establecen, en general, escenarios propicios para el surgimiento de conflictos sociales	muy baja presión -> 1
			baja presión -> 2
			media -> 3
			alta presión -> 4
			muy alta presión -> 5
V16	Existencia de pueblos en aislamiento voluntario	Una vía que atraviesa el área de influencia de pueblos en aislamiento voluntario presenta mayores riesgos de generar impactos culturales negativos.	no existen -> 1
			existen -> 5
V17	Posibilidad de daños arqueológicos	Si se tiene evidencia de la existencia de recursos arqueológicos en la zona de influencia de la carretera, el riesgo de generar impactos culturales es mayor.	no existe -> 1
			existe -> 5

Fuente: Elaboración propia.



Resultados

## Resultados generales del filtro

Aplicando el filtro se identificaron los 10 proyectos viales que presentarían mayores oportunidades para conservación, o dicho de otra manera, las carreteras con mayores riesgos de generar impactos ambientales, sociopolíticos, económicos y culturales negativos.

Los resultados alcanzados y la identificación de los proyectos más riesgosos son válidos únicamente si se considera la ponderación asignada a las variables y grupos de variables analizados. Cambios en la ponderación, que pueden darse en función a distintos tipos de análisis que se quiera realizar, modificarían la calificación asignada y, en consecuencia, el orden de prioridad de los proyectos. Asimismo, y como puede apreciarse en la siguiente tabla, si se considera la calificación según tipo de variable, el orden de clasificación de los proyectos también variaría. En síntesis, diferentes ponderaciones o la consideración parcial de variables específicas pueden variar los resultados ([enlace a hoja de cálculo](#)).

TABLA 3. RANKING DE LAS CARRETERAS MÁS RIESGOSAS SEGÚN LA CALIFICACIÓN TOTAL DEL FILTRO

PAÍS	TRAMO	ECONÓMICO	AMBIENTAL	SOCIAL	CULTURAL	TOTAL
Colombia	Transversal de las Américas	3,89	3,48	2,40	1,00	3,41
Brasil	BR-319	3,37	3,82	1,70	1,00	3,29
Perú	Pukallpa - Cruzeiro do Sul	2,58	3,44	5,00	3,00	3,23
Perú	Purus – Iñapari	2,85	3,85	1,60	3,00	3,18
Colombia	Nuquí - Las Ánimas	3,56	3,48	1,30	1,00	3,17
Perú	Iberia - Itahuania - LD Cuzco	2,52	4,01	2,00	3,00	3,16
Brasil	BR-156	3,54	3,17	2,70	1,00	3,16
Bolivia	Chiata - Lurasani	3,84	3,06	1,60	1,00	3,12
Bolivia	Villa Tunari - San Ignacio de Moxos	2,61	3,73	3,30	1,00	3,10
Ecuador	Coca Codo Sinclair	3,09	3,35	2,00	3,00	3,09

Nota: La lista completa de carreteras, su calificación de acuerdo al filtro y según país y su ubicación geográfica puede apreciarse en los Anexos 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia

La carretera con peor calificación, o la que presentaría mayores riesgos según el filtro, es la correspondiente a la Transversal de las Américas en Colombia (parte del Corredor vial del Caribe). En junio de 1998, el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) presentó al Ministerio de Ambiente de Colombia el diagnóstico ambiental de 14 alternativas para la construcción de la carretera Tapón del Darién. El Ministerio no aceptó ninguna de las alternativas y solicitó realizar estudios más profundos. En 2010, el Instituto Nacional de Concesiones (INCO) ordenó reabrir la licitación pública y se adjudicó el proyecto. Mediante el contrato de concesión se estableció que el concesionario realizará los estudios, diseños y licenciamiento ambiental para el tramo Palo de Letras-Cacarica-Lomas Aisladas y la construcción del puente sobre el río Atrato, que corresponde al Tapón del Darién. Esta vía, además de presentar la peor calificación del filtro, presenta la peor calificación en consideración exclusiva de las variables económicas, pues tiene los costos de inversión/kilómetro más elevados de todas las vías analizadas, y conecta regiones con limitado desarrollo económico. A pesar de esa situación, el proyecto fue declarado prioritario y estratégico, ya que se espera que mejore la competitividad exportadora del país. La ruta está siendo promovida por el gobierno colombiano, y existe presión externa de parte de Panamá y otros países de la región para su construcción. A la vez, existe un fuerte rechazo de parte de la población local.

Considerando únicamente las variables ambientales, la carretera con mayor nivel de riesgo es la que une el tramo Iberia-Itahuania-Cuzco, en Perú. Esta carretera se encuentra en el departamento de Madre de Dios y conectaría los centros poblados de Iberia, Oceanía, Providencia, Manu, Itahuania, Shintuya, Salvación, Gamitana y Pilcopata. El proyecto atravesaría el área de amortiguamiento del Parque Nacional Manu y la Reserva Comunal Amarakaeri. Esta carretera conectaría con el tramo final de la IIRSA Sur en Iberia. Además de atravesar las zonas de amortiguamiento de áreas protegidas, vulnerando la normativa de las mismas, la carretera atravesaría una zona que, en general, se encuentra en muy buen estado de conservación. Económicamente, el proyecto también puede ser cuestionado, toda vez que atraviesa una región con bajo potencial para el desarrollo de actividades agropecuarias (PIB regional bajo y baja densidad poblacional).

En consideración exclusiva de las variables sociales y políticas, la carretera que recibe peor calificación del filtro es la que corresponde a la interconexión vial Pucallpa-frontera con Brasil (excluyendo el tramo entre la frontera y la ciudad de Cruzeiro do Sul), en Perú. La ruta cruzaría la Zona Reservada Sierra del Divisor y la Reserva Territorial Isconahua, vulnerándose las normas de ambas zonas de protección. Además, la construcción de la vía podría facilitar el acceso a madereros ilegales, minería informal e invasiones que degradarían la zona reservada y la forma de vida de los pueblos indígenas de la región. Actualmente, se discute como posible alternativa a la ruta la construcción de la Ferro vía Transcontinental Brasil-Perú (FETAB). Como

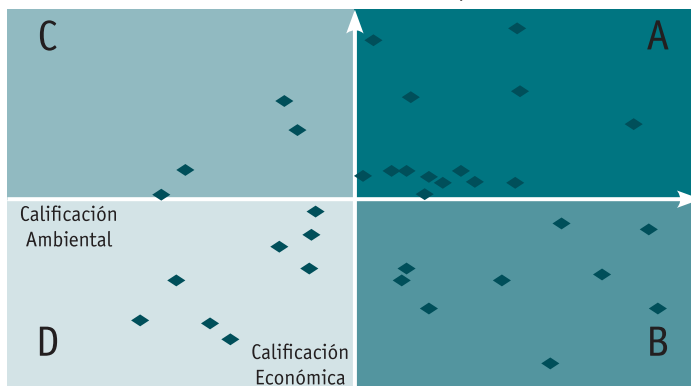
puede apreciarse, esta carretera no está entre las 10 peores calificadas por el filtro, pero sí recibe la peor calificación en consideración a las variables sociales, porque vulnera ciertas normas y existe un fuerte rechazo de las poblaciones locales (principalmente la sociedad civil organizada) hacia su construcción.

Finalmente, si se consideran únicamente las variables culturales, se obtienen 12 proyectos viales con similar calificación, de los cuales, solo cinco coinciden con los 10 proyectos calificados como los más riesgosos. Esto se da porque la ponderación de este tipo de variables, así como de las variables sociales, es menor a la ponderación asignada a las variables ambientales y económicas.

## Consideración exclusiva de las variables ambientales y económicas

Dado que las variables ambientales y económicas son las que inciden con mayor fuerza en la clasificación final del filtro, se procedió a relacionar gráficamente las calificaciones asignadas por ambos criterios a los proyectos viales. Los resultados de ese relacionamiento dan pautas sobre aquellas vías que deberían ser prioridad en consideración a esos criterios. La figura 2 describe la relación entre variables ambientales y económicas: el eje horizontal representa la calificación ambiental, y el vertical, la económica; el punto de intersección para ambos ejes corresponde al valor de 3, que representa un valor intermedio entre el máximo y mínimo del filtro.

FIGURA 2. CATEGORIZACIÓN DE LAS CARRETERAS SEGÚN COSTO AMBIENTAL Y RAZÓN BENEFICIO/COSTO



A = calificación AMB > 3 (alto costo ambiental); calificación ECO > 3 (peor razón beneficio/costo)

B = calificación AMB > 3 (alto costo ambiental); calificación ECO < 3 (mejor razón beneficio/costo)

C = calificación AMB < 3 (bajo costo ambiental); calificación ECO > 3 (peor razón beneficio/costo)

D = calificación AMB < 3 (bajo costo ambiental); calificación ECO < 3 (mejor razón beneficio/costo)

Nota: Accediendo a la hoja de cálculo se puede correlacionar los puntos de la figura con la carretera correspondiente.

Fuente: Elaboración propia.

Según la clasificación descrita en la figura 2, los proyectos que se encuentran en el cuadrante A serán aquellos con alto riesgo ambiental y baja eficiencia económica. Estos proyectos deben ser priorizados para la realización de estudios a profundidad que evalúen su factibilidad, dado que tienen mayor probabilidad de ser económicamente ineficientes. También en este tipo de proyectos habrá que priorizar análisis que permitan identificar inversiones alternativas más eficientes o cambios de ubicación de la vía. Dos proyectos viales que están presentes en esta clasificación son la BR-319 y la BR-163. Los resultados de los análisis de factibilidad realizados para estos proyectos viales brasileños por Fleck (2009) y Alencar *et ál.* (2005) respectivamente, corroboran la clasificación del filtro.

Los clasificados dentro del cuadrante B, son proyectos viales que posiblemente alcancen la eficiencia económica, pero con riesgos de generar impactos ambientales importantes. Es decir, la probabilidad de que estos proyectos alcancen una eficiencia económica es mayor siempre y cuando no se consideren las externalidades ambientales. En función a la magnitud que puedan tener esas externalidades, y considerando que las vías podrían ser justificadas económicamente, los estudios a profundidad de estos proyectos deberían tomar en cuenta valoraciones de impacto que permitan desarrollar políticas de mitigación y compensación adecuadas.

Por otro lado, los del cuadrante C vendrían a ser proyectos que posiblemente generen un bajo impacto ambiental, pero con riesgos de ser económicamente ineficientes. Habrá que evaluar la pertinencia de ese tipo de proyectos, considerando inversiones alternativas que puedan tener mayor beneficio económico para la sociedad y, quizás, menores impactos económicos. En esta clasificación se encuentra el proyecto vial que conecta Pucallpa con la frontera de Brasil. El análisis de factibilidad de esta vía, elaborado por Glave *et ál.* (2011), establece que la probabilidad de que esta vía alcance una viabilidad económica es baja, lo cual también corrobora la clasificación de la vía en este grupo.

Finalmente, están los proyectos viales que fueron clasificados dentro del cuadrante D, que representan los que conllevan menores riesgos ambientales y económicos. Estos proyectos difícilmente serán priorizados para esfuerzos de cambio y rediseño. Cabe tener en cuenta que la clasificación realizada es válida única y exclusivamente en consideración de las 36 carreteras analizadas. A continuación, en la tabla 4, se describen las rutas según la categoría en la que fueron clasificadas.

TABLA 4. RANKING Y CATEGORIZACIÓN DE LAS CARRETERAS MÁS RIESGOSAS SEGÚN CRITERIOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

TRAMO	PAÍS	Calif. AMB	Calif. ECO	Categoría
Vía al Embalse Compensador. Coca Codo Sinclair (*)	Ecuador	3,3	3,1	A
Lumbaqui-Maderos-Sardina-Puccuna	Ecuador	3,5	3,1	
Nuquí-Las Ánimas(*)	Colombia	3,5	3,6	
Transversal de las Américas(*)	Colombia	3,5	3,9	
Ruta del Sol, Sector 2	Colombia	3,1	3,2	
Ruta del Sol, Sector 3	Colombia	3,2	3,1	
BR-156(*)	Brasil	3,2	3,5	
BR-163	Brasil	3,3	3,1	
BR-230	Brasil	3,2	3,0	
BR-432	Brasil	3,0	3,1	
BR-422	Brasil	3,1	3,2	
BR-319(*)	Brasil	3,8	3,4	
Porvenir-El Chorro	Bolivia	3,3	3,1	
Chiata-Lurasani(*)	Bolivia	3,1	3,8	
Pasto-Mocoa	Colombia	3,1	2,6	B
Transversal de la Macarena	Colombia	3,1	2,6	
Villa Tunari-San Ignacio de Moxos	Bolivia	3,7	2,6	
Apolo-Ixiamas	Bolivia	3,9	2,4	
Rio Yata-El Chorro	Bolivia	3,2	2,4	
Reposo Saramiriza	Perú	3,6	2,1	C
Pucallpa-Cruzeiro do Sul	Perú	3,4	2,6	
IIRSA Sur	Perú	3,6	2,9	
Purus Iñapari	Perú	3,9	2,8	
Iberia-Itahuania-LD Cuzco	Perú	4,0	2,5	
Vía Acceso: Puerto Mirador	Ecuador	2,8	3,4	
Sushufindi-Pto. Providencia	Ecuador	2,8	3,5	
Sacha-Unión Milagreña	Ecuador	2,4	3,0	
Ruta del Sol, Sector 1	Colombia	2,5	3,2	
Coca-La Belleza	Ecuador	2,6	2,3	
Cuenca-Macas	Ecuador	2,6	2,4	D
Macuma-Taisha	Ecuador	2,9	2,9	
Sucumbios-Orellana	Ecuador	2,8	2,8	
Macuma-Taisha	Ecuador	2,9	2,8	
BR-308	Brasil	2,5	2,6	
Pumasani-Pelechuco	Bolivia	2,4	2,4	
Santa María-Santa Teresa-Machu Picchu	Perú	2,9	2,6	

Fuente: Elaboración propia

Entre los 10 proyectos viales clasificados como los más riesgosos, según la calificación asignada por el filtro (considerando los cuatro tipos de variables), y los 14 proyectos que fueron consignados dentro de la categoría A (en consideración de las variables de mayor ponderación, ambientales y económicas) existen seis coincidencias. Los seis proyectos que en ambas calificaciones se identificaron como riesgosos son resaltados en la lista (\*); estos son los más urgentes y en los cuales se debería priorizar inversiones que permitan evaluar a profundidad su factibilidad económica, dado que, a la vez de ser los de mayor riesgo en términos ambientales y económicos, también presentan riesgos elevados en términos sociales, culturales y políticos.



## { Conclusiones

**E**l Filtro de Carreteras representa una primera aproximación a la construcción de una herramienta de análisis multivariable que permite identificar los proyectos viales que podrían presentar mejores oportunidades para inversiones en conservación. Los resultados presentados son válidos única y exclusivamente si se asume como universo de análisis las 36 carreteras examinadas y las ponderaciones asignadas a las variables consideradas. No obstante, los resultados alcanzados orientan sobre un buen porcentaje de proyectos que actualmente están en discusión en los cinco países amazónicos considerados.

Mediante los resultados expuestos es posible dirigir las inversiones en conservación hacia aquellos proyectos que fueron presentados como los más riesgosos. Parte de estas inversiones deberían estar orientadas a la realización de estudios a profundidad que permitan establecer con mayor contundencia y exactitud la posible ineficiencia ambiental, social, económica y cultural de las vías. Además de orientar éstas y otros tipos de inversiones, los resultados del análisis podrán contribuir en la toma de decisiones a favor de la conservación y la asignación de recursos en la sociedad.

La información generada puede ser utilizada tanto por gestores de política pública, como por la comunidad de conservación y sus donantes, a fin de que puedan priorizar su atención en aquellos proyectos más urgentes. Al respecto, cabe resaltar que es posible alterar la asignación de ponderaciones en función a las prioridades y objetivos que puedan tener distintas organizaciones o individuos.

Esta primera aproximación metodológica debe ser discutida a fin de generar una retroalimentación técnica que permita evaluar la asignación de ponderaciones para las 17 variables y, si es necesario, ajustarla. Para ello, algunas actividades útiles serían: i) socializar la herramienta ante paneles de expertos en los distintos países; ii) incluir algunos proyectos viales cuya eficiencia económica y ambiental no esté cuestionada, para evaluar en qué magnitud el filtro diferencia entre proyectos controversiales y aquellos que no lo son; iii) comparar la calificación asignada por el filtro con los resultados de estudios de factibilidad económica que hayan sido realizados para las carreteras consideradas; iv) evaluar estadísticamente la sensibilidad de los resultados ante variaciones en las ponderaciones; v) validar técnicamente los elementos subjetivos (principalmente los referidos a las variables sociales y culturales) con los afectados directos por la implementación de estos proyectos.



# { Bibliografía

- ALENCAR, A., LAURENT, M., L., REID, J., AMEND, M., OLIVEIRA, M., ZEIDEMANN, V., y CABRAL DE SOUSA JÚNIOR, W. (2005). *A pavimentação da BR-163 e os desafios à sustentabilidade: uma análise econômica, social e ambiental*. Belo Horizonte, Brasil: Conservation Strategy Fund. p. 29.
- ALVES, D. (2001). "An analysis of the geographical patterns of deforestation in the Brazilian Amazon during the 1991-1996 period" en *Patterns and Process of Land Use and Forest Changes in the Amazon*. Wood, C., Porro R. (Eds.). Gainsville: University of Florida Press.
- BANCO MUNDIAL (1988). *Road Deterioration in Developing countries: Causes and Remedies*. Estudio Político del Banco Mundial. Washington, D.C.
- BARRETO, P., SOUZA JR., ANDERSON, A., SALOMAO, R. y WILES J. (2005). Pressão humana no Bioma Amazonia en *O Estado da Amazonia*. No. 3. IMAZON, Belem/PA. Disponible en: [<http://www.imazon.org.br/especiais/especiais.asp?id=331>].
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DE COLOMBIA, 2010 Disponible en: <http://www.dane.gov.co/>
- DOUROJEANNI, M. (2006). *Estudio de caso de la carretera Interoceánica en la Amazonía sur de Perú*. Perú: Bank. Information Center. Disponible en: [<http://www.bicusa.org/proxy/Document.100135.aspx>].
- DOUROJEANNI, M. (2002) "Impactos socioambientales probables de la carretera transoceánica (Rio Branco - Puerto Maldonado - Ilo) y la capacidad de respuesta del Perú" en *La Integración Regional entre Bolivia, Brasil y Perú*. Ed. por Allan Wagner y Rosario Danta Gadea Duarte. Lima: CEPEI. pp. 311-322. Boletín CF + S N° 19, Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- FLECK, L. C. (2009). *Eficiência econômica, riscos e custos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319*. Brasil: Conservação Estratégica. Serie Técnica No. 17. Disponible en: [[http://conservationstrategy.org/files/CSF\\_Eficiencia\\_economica\\_BR319.pdf](http://conservationstrategy.org/files/CSF_Eficiencia_economica_BR319.pdf)].
- FLECK, L. C., PAINTER, L. y AMEND, M. (2006). *Una carretera a través del Madidi: un análisis económico-ambiental*. Conservation Strategy Fund. Disponible en: [<http://www.conservation-strategy.org>].
- FLECK, L. C., PAINTER, L. y AMEND, M. (2007). *Carreteras y áreas protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la Amazonía Boliviana*. Belo Horizonte, Brasil: Conservation Strategy Fund do Brasil. Serie Técnica No. 12. Disponible en: [[http://conservation-strategy.org/files/Fleck\\_Carreteras\\_Norte\\_Bolivia.pdf](http://conservation-strategy.org/files/Fleck_Carreteras_Norte_Bolivia.pdf)].

- FEARNSIDE, P. (2001). "Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil" en *Environment Conservation*, 8(1): 23-38.
- FEARNSIDE, P. (2002). "Avança Brasil: Environmental and social consequences of Brazil's planned infrastructure in Amazonia" en *Environmental Management*, 30(6):748-763.
- FEARNSIDE, P. (2005). "Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates and Consequences" en *Conservation Biology* 19(3): 680-688.
- FEARNSIDE, P. y GRACA P. (2006). BR-319: "Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the Potential Impact of Linking the Arc of Deforestation to Central Amazonia" en *Environmental Management*, 38:705 - 716.
- GLAVE, M., HOPKINGS, A. y MALKY, A. (2011). *Análisis económico de la carretera Pucallpa – Cruzeiro do Sul*. Documento de discusión. Conservation Strategy Fund & GRADE.
- HANSEN, M., DeFRIES, R.S., TOWNSHEND, J.R.G., CARROLL, M., DIMICELI, C. y SOHLBER, R.A. (2003). "Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: First Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm" en *Earth Interactions*, Vol 7, No 10, pp 1-15. Disponible en: <http://www.landcover.org/>
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G. y JARVIS, A. (2005). "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas" en *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978. Disponible en: <http://www.worldclim.org/>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DE BOLIVIA. "Censo 2001". Disponible en: <http://www.ine.gob.bo/>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA DE PERÚ, 2005. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS DE ECUADOR, 2010. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec/>
- INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA DE BRASIL, 2010. Disponible en: <http://www.ibge.gov.br>
- IPAM/ISA (2000). "Avança Brasil: Os Custos Ambientais para a Amazônia Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia e Instituto Sócio-Ambiental Brasília", DF 20p.
- KAIMOWITZ, D. y ANGELSEN, A. (1998). *Economic models of tropical deforestation: a review*. Indonesia: Center for International Forestry Research.

- KILLEEN, T. (2007). *Una tormenta perfecta en la Amazonia: desarrollo y conservación en el contexto de la IIRSA*. AABS 7. Arlington, EUA: Conservación Internacional,. Disponible en: [[http://library.conservation.org/portal/server.pt/gateway/PTARGS\\_0\\_122814\\_129586\\_0\\_0\\_18/AABS.7\\_Perfect\\_Storm\\_Spanish.low.res.pdf](http://library.conservation.org/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_122814_129586_0_0_18/AABS.7_Perfect_Storm_Spanish.low.res.pdf)].
- LAURANCE, W., GOOSEM, M y LAURANCE, S. (2009). "Impacts of road and linear clearings on tropical forests" en *Trends in Ecology and Evolution*. Article in press.
- LAURANCE, W. F., ALBERNAZ, A. K. M., SCHROTH, G., FEARNESIDE, P. M., BERGEN, S., VENTICINQUE, E. M. y COSTA, C. (2002). "Predictors of Deforestation in the Brazilian Amazon" en *Journal of Biogeography*, V. 29, p. 737-748.
- LAST OF WILD DATA VERSION 2, (2005) (LWP-2): Global Human Footprint data set (HF). Wildlife Conservation (WCS) y Center for International Earth Science Information Network (CIESIN). Disponible en: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/downloads.jsp#infl>
- LEHNER, B. y DÖLL, P. (2004). "Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands" en *Journal of Hydrology* 296/1-4: 1-22. Disponible en: <http://www.worldwildlife.org/science/data/item1877.html>
- LEHNER, B., VERDIN, K., JARVIS, A. (2008). "New global hydrography derived from spaceborne elevation data" en *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94. Disponible en: <http://hydrosheds.cr.usgs.gov>
- LEWIS S., BRANDO P., PHILLIPS O. VAN DER HEIJDEN G., NEPSTAD D. (2011). "The 2010 Amazon Drought". *Science*, 2011; 331 (6017): 554 DOI: 10.1126/science.1200807
- MÄKI, S., KALLIOLA, R. y VUORINEN, K. (2001). "Road construction in the Peruvian Amazon: Process, causes and consequences" en *Environmental Conservation*, 28 (3).
- MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN SRTM. Disponible en: <http://www.worldclim.org/>
- NAIDOO, R. and IWAMURA T. (2007). "Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: implications for conservation priorities". *Biological Conservation* 140: 40-49.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. MODIS Web; Disponible en: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>

PARQUES NACIONALES DE COLOMBIA. Disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co>

PEÑARRIETA L. y FLECK L. (2007). *Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani – Apolo*. Conservation Strategy Fund. Disponible en: [[http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/14\\_Documento\\_Charazani.pdf](http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/14_Documento_Charazani.pdf)]

PFUFF, A. (1999). "What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from Satellite and Socioeconomic Data" en *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 37:26-43.

RAMOS, V.H., BURGUES, I., FLECK, L. C., CASTELLANOS, B., ALBACETE, C., PAIZ, G., ESPINOSA, P. y REID, J. (2007). *Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya*. Costa Rica: Conservation Strategy Fund. Disponible en: [<http://conservation-strategy.org/en/publications>].

REID, J. (2009). *Incentivos para la excelencia ambiental en el desarrollo de infraestructura*. Conservation Strategy Fund & Corporación Andina de Fomento. Disponible en: [<http://conservation-strategy.org/files/Incentivos%20para%20infraestructura%20sostenible%20%28CSF-CAF%29.pdf>].

REID, J., SOUZA JÚNIOR, W. (2005). "Infrastructure and conservation policy in Brazil" en *Conservation Biology*, 19(3):740-746.

SERNAP Bolivia. Disponible en: <http://www.sernap.gob.bo/>

SERNANP Perú. Disponible en: <http://www.sernanp.gob.pe>

SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION. Disponible en: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

SOARES-FILHO, B., ALENCAR, A., NEPSTAD, D., CERQUEIRA, G., VERA DIAZ, M.C., RIVERO, S., SOLÓRZANO, L. y VOLL, E (2004). "Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor" en *Global Change Biology*, 10(5): 745-764.

SOARES-FILHO, B., NEPSTAD, D. C., CURRAN, L. M., CERQUEIRA, G. C., GARCIA, R. A., RAMOS C. A., VOLL, E., MCDONALD, A., LEFEBVRE, P., y SCHLESINGER, P. (2006). "Modelling conservation in the Amazon Basin". *Nature*, 440: 520–523.

SOUZA, JR., BRANDAO, JR., ANDERSON, A. y VERISSIMO, A. (2005). "O avanço das estradas endogenas na Amazonia" en *O Estado da Amazonia*. No. 1. IMAZON, Belem/PA. Disponible en: [<http://www.imazon.org.br/especiais/especiais.asp?id=331>]

WORLDCLIMB. Disponible en: <http://www.worldclim.org/>

World Wildlife Fund. Disponible en: <http://www.worldwildlife.org/science/data/item1877.html>

Wildlife Conservation (WCS) and Center for International Earth Science Information Network (CIESIN). Last of the Wild Data Version 2, 2005 (LWP-2): Global Human Footprint data set (HF). Disponible en: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/downloads.jsp#infl>



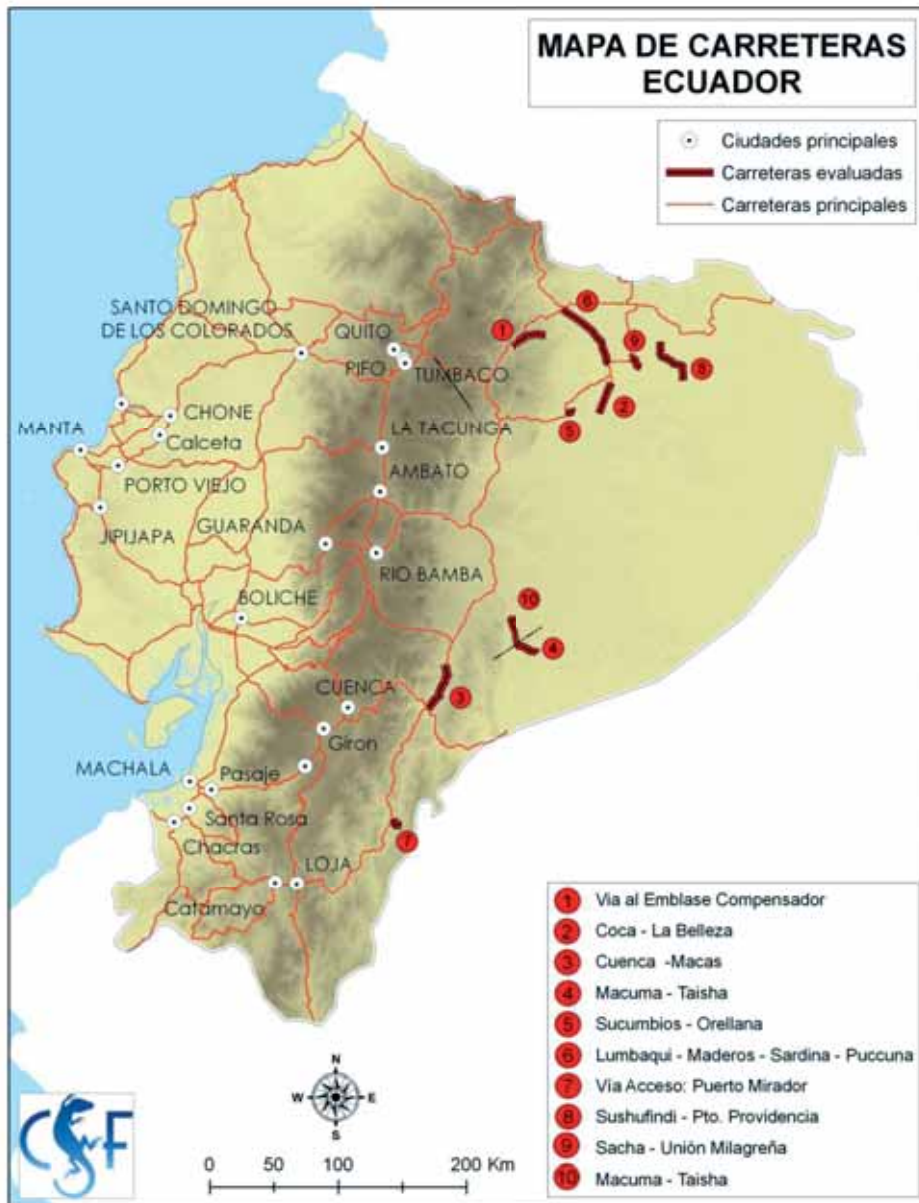
{ Anexos

## Anexo 1. Lista de carreteras según país y calificación del filtro

ID	PAÍS	TRAMO	ECO	AMB	SOC	CULT	TOTAL
1	Ecuador	Embalse Compensador. Coca Codo Sinclair	3,09	3,35	2,00	3,00	3,16
2	Ecuador	Coca-La Belleza	2,27	2,63	2,60	1,00	2,40
3	Ecuador	Cuenca-Macas	2,35	2,58	3,80	1,00	2,47
4	Ecuador	Macuma-Taisha	2,94	2,88	2,10	1,00	2,77
5	Ecuador	Sucumbios-Orellana	2,75	2,78	2,00	1,00	2,64
6	Ecuador	Lumbaqui-Maderos-Sardina-Puccuna	3,08	3,47	1,70	1,00	3,10
7	Ecuador	Vía Acceso: Puerto Mirador	3,36	2,83	1,00	1,00	2,86
8	Ecuador	Sushufindi-Pto. Providencia	3,52	2,79	2,10	1,00	2,96
9	Ecuador	Sacha-Unión Milagreña	3,01	2,44	4,70	1,00	2,71
10	Ecuador	Macuma-Taisha	2,82	2,87	3,20	1,00	2,77
11	Colombia	Pasto-Mocoa	2,64	3,15	2,20	3,00	2,89
12	Colombia	Nuquí-Las Ánimas	3,56	3,48	1,30	1,00	3,28
13	Colombia	Transversal de la Macarena	2,59	3,14	1,70	1,00	2,74
14	Colombia	Transversal de las Américas	3,89	3,48	2,40	1,00	3,46
15	Colombia	Ruta del Sol, Sector 1	3,16	2,50	4,00	3,00	2,86
16	Colombia	Ruta del Sol, Sector 2	3,15	3,14	1,70	1,00	2,97
17	Colombia	Ruta del Sol, Sector 3	3,11	3,21	1,70	1,00	2,99
18	Brasil	BR-156	3,54	3,17	2,70	1,00	3,18
19	Brasil	BR-163	3,08	3,26	1,70	1,00	3,00
20	Brasil	BR-230	3,03	3,20	1,00	1,00	2,91
21	Brasil	BR-432	3,12	3,02	1,60	1,00	2,89
22	Brasil	BR-308	2,59	2,47	3,90	1,00	2,52
23	Brasil	BR-422	3,15	3,11	2,60	1,00	3,00
24	Brasil	BR-319	3,37	3,82	1,70	1,00	3,39
25	Bolivia	Villa Tunari-San Ignacio de Moxos	2,61	3,73	3,30	1,00	3,13
26	Bolivia	Porvenir-El Chorro	3,14	3,31	2,00	3,00	3,16
27	Bolivia	Pumasani-Pelechuco	2,38	2,37	2,60	1,00	2,32
28	Bolivia	Apolo-Ixiamas	2,45	3,89	2,10	3,00	3,18
29	Bolivia	Rio Yata-El Chorro	2,43	3,21	4,00	3,00	2,93
30	Bolivia	Chiata-Lurasani	3,84	3,06	1,60	1,00	3,19
31	Perú	Reposo Saramiriza	2,15	3,57	1,60	3,00	2,87
32	Perú	Interconexión Pukallpa-Cruzeiro do Sul	2,58	3,44	5,00	3,00	3,15
33	Perú	IIRSA Sur (Tramo 2)	2,87	3,60	1,30	3,00	3,16
34	Perú	Santa María-Santa Teresa-Machu Pichu	2,64	2,87	2,10	3,00	2,75
35	Perú	Purus-Iñapari	2,85	3,85	1,60	3,00	3,30
36	Perú	Iberia-Itahuania-LD Cuzco	2,52	4,01	2,00	3,00	3,26

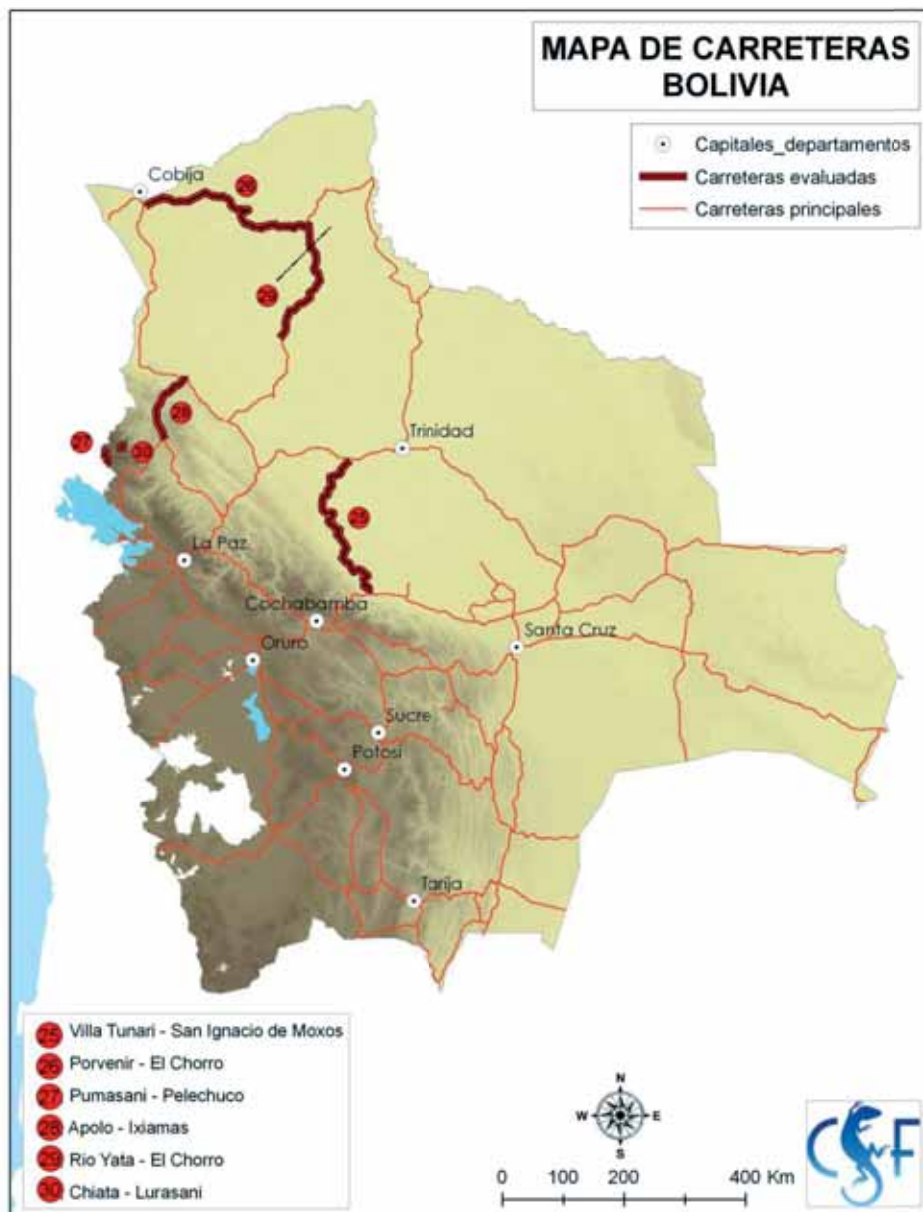
Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. MAPAS DE LAS CARRETERAS ANALIZADAS POR EL FILTRO SEGÚN PAÍS















## Serie Técnica

Edición 7 – Efeitos de projetos de infra-estrutura de energia e transportes sobre a expansão da soja na bacia do rio Madeira (2007).

maría del carmen vera-díaz, john reid, britaldo soares filho, robert kaufmann y leonardo c. fleck

Edición 8 – Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya (2007).

victor hugo ramos, irene burgués, leonardo c. fleck, gerardo paiz, piedad espinosa y john reid

Edición 9 – Análisis ambiental y económico de proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional (2007). dalia amor conde, irene burgués, leonardo c. fleck, carlos manterota y john reid

Edición 10 – Tenosique: Análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta (2007). israel amescua, gerardo carreón, javier marquez, rosa maría vidal, irene burgués, sarah cordero y john reid

Edición 11 – Critérios econômicos para a aplicação do Princípio do Protetor-Recebedor; Estudo de caso do Parque Estadual dos Três Picos (2007). juliana strobrel, wilson cabral de souza júnior, ronaldo seroa da motta, marcos amend y demerval gonçalves

Edición 12 – Carreteras y Áreas Protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la amazonia boliviana (2007). leonardo c. fleck, lilian painter y marcos amend

Edición 13 - El efecto Chalalán: Un ejercicio de valoración económica para una empresa comunitaria (2007).

alfonso malky, cándido pastor, alejandro limaco, guido mamani, zenón limaco y leonardo c. fleck

Edición 14 - Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo (2007).

lia peñarrieta venegas y leonardo c. fleck

Edición 15 - El desafío de Mapajo. Análisis Costo - Beneficio de la empresa comunitaria Mapajo Ecoturismo Indígena (2008). liceette chavarro, alfonso malky y cecilia ayala

Edición 16 - Valoración económica de los servicios turísticos y pesqueros del Parque Nacional Coiba

ricardo montenegro, linwood pendelton y john reid

Edición 17 - Eficiência econômica, riscos e custos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319.

leonardo c. fleck

Edición 18 - Factibilidad económica y financiera de la producción de caña de azúcar y derivados en el norte del departamento de La Paz (2009).

alfonso malky y juan carlos ledezma

Edición 19 - Factibilidad financiera y proyección de negocio para la producción de cacao en el norte del departamento de La Paz (2009).

alfonso malky y sophía espinoza

Edición 20 - Estrategias de conservación a lo largo de la carretera Interoceánica de Madre de Dios, Perú: Un análisis económico - espacial (2010).

leonardo c. fleck, maría del carmen vera-díaz, elena borasino, manuel glave, jon hak y carmen josse

Edición 21 - El Filtro de Carreteras: Un análisis estratégico de proyectos viales en la Amazonía (2011).

alfonso malky, john reid, juan carlos ledezma y leonardo fleck

REALIZACIÓN



APOYO

GORDON AND BETTY  
**MOORE**  
FOUNDATION