



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA | Nº 20 | marzo de 2010

Estrategias de conservación a lo largo de la carretera Interoceánica en Madre de Dios, Perú Un análisis económico-espacial

Leonardo C. Fleck
Maria del Carmen Vera-Diaz
Elena Borasino
Manuel Glave
Jon Hak
Carmen Josse

"La misión de Conservación Estratégica es enseñar a las organizaciones ambientales del mundo cómo aplicar la economía y el análisis estratégico para conservar la naturaleza".

Fotografía de la tapa: Leonardo C. Fleck
Diseño: Eduardo Queiroz (Saitec Editoração)

ISBN: 978-85-99451-06-9

Oficina en Brasil – Conservação Estratégica
Rua Cândido Almeida, 143 – Bairro Joana D'Arc
33400-000 – Lagoa Santa – MG – Brasil
Teléfono/Fax: 55-31-3681-4901
contato@conservacaoestrategica.org.br

Oficina en Bolivia – Conservación Estratégica
Irpavi – Av. Pablo Sánchez, 6981
Casilla: 3-12297 – La Paz – Bolivia
Teléfono/Fax: 591-2-2721925
cecilia@conservation-strategy.org

Oficina en Estados Unidos – Conservation Strategy Fund
1160 G Street, Suite A-1
Arcata, CA 955521 – Estados Unidos
Teléfono: 707-822-5505
Fax: 707-822-5535
info@conservation-strategy.org

Este documento puede ser descargado en la página:
<http://conservation-strategy.org/es/reports>

Impreso en Perú
Printed in Perú

Estrategias de conservación a lo largo de la carretera Interoceánica en Madre de Dios, Perú

Un análisis económico-espacial

Leonardo C. Fleck [Conservación Estratégica]

María del Carmen Vera-Díaz [Tufts University]

Elena Borasino [GRADE]

Manuel Glave [GRADE]

Jon Hak [NatureServe]

Carmen Josse [NatureServe]



Declaración de Responsabilidad

Esta publicación es posible gracias al generoso apoyo de la Fundación Blue Moon, la Fundación Gordon y Betty Moore, la Wildlife Conservation Society y el pueblo americano a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Los contenidos son responsabilidad exclusiva de CSF, GRADE, NatureServe y sus autores, y no reflejan necesariamente las opiniones de los donantes.



Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento por el generoso apoyo financiero brindado por la Fundación Blue Moon, Wildlife Conservation Society (WCS), la Agencia Americana para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Fundación Gordon y Betty Moore.

Además, nuestro agradecimiento se extiende a las siguientes personas e instituciones que contribuyeron de diversas formas a la realización del presente estudio: a Cristian Vallejos y John Reid de CSF; a Carlos Soncco de la Universidad Nacional Agraria La Molina; a Michael Mann y Meghan Ryan de Boston University; a Pat Comer de NatureServe; a Marc Dourojeanni; a Alfredo García y al Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP); a César Ascorra de Cáritas del Perú; a César Morán y a la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA); a Armando Muñante, Nils Miranda y al equipo de ingenieros y técnicos del Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENASA); a Eddy Mendoza, Erick Meneses, Juan Loja y Gustavo Pasco de Conservación Internacional; a Norma Revoredo, al equipo SIG del Gobierno Regional de Madre de Dios, y a su Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente; a Ángel Martínez y Víctor González de la Dirección Regional Agraria de Madre de Dios; a la Asociación de Ganaderos Lecheros el Castañal (ASGAL); a Eleuterio Puicón; a Alonso Córdova y a Fondebosque; a José Luis Canchaya de MADERACRE; a la Empresa Consolidado Otorongo; a la Empresa de Transportes Aragón; a la Empresa Forestal Río Huáscar; a la Empresa El Bosque; a Isidoro Quispe y Sra.; y a todos los productores por su colaboración en responder las encuestas y brindarnos información sobre su experiencia agropecuaria en la región.

Finalmente, a Chris Kirkby, Mariano Castro, Jessica Hidalgo, Ernesto Raéz, Lourdes Fernández, Juan Pablo Arce, Víctor Zambrano, Héctor Vilchez, Juan Carlos Flores, Michael Painter, Manuel Pulgar-Vidal, Mariana Varese, Gustavo Suárez de Freitas, Lucila Pautrat y Enrique Ortiz. Inevitablemente, caemos en el riesgo de omitir algunos nombres, pero damos nuestro más sincero agradecimiento a todos los que hicieron posible este documento.



Presentación

Aislado y olvidado por siglos, precariamente unido al resto del país apenas en las últimas cuatro décadas, Madre de Dios era hasta los años 1970 un territorio dominado principalmente por indígenas bravos estando apenas sus ríos principales bajo control de ribereños tradicionales. Las únicas actividades económicas de la región eran agricultura de sustento, la caza con fines comerciales y la extracción rudimentaria de madera y oro cuyos productos salían por avión desde los años 1950 y, más tarde, por la carretera afirmada que la unía a Cuzco y a Puno. Madre de Dios también era el lugar de un caso único de uso más o menos sostenible del bosque, practicado por los llamados castañeros.

A pesar de la conexión vial con la Sierra, que trajo muchos colonos de esa región y aceleró la explotación de sus recursos naturales, incluido la procura por hidrocarburos, hasta fines de los años 1990 Madre de Dios resistió bien a los embates del desarrollo y la región se ufana de su enorme potencial turístico y de su rica biodiversidad. Pero eso terminó cuando la idea de construir la carretera Interoceánica Sur se transformó en realidad, como resultado de la presión del gobierno brasileño a través de la Corporación Andina de Fomento, presión bien recibida por el gobierno peruano. Fue, pues, en el breve lapso de poco más de una década que todo cambió en Madre de Dios y que aparecieron con gravedad extrema muchos de los inevitables males de la ocupación desordenada y de la falta de presencia del Estado.

La deforestación en lugares no adecuados se incrementó exponencialmente, la minería informal se dispersó y alcanzó niveles de impacto ambiental y social nunca vistos antes en el Perú, valiéndose del apoyo del gobierno y de la falta de control; los madereros entraron donde nunca antes habían llegado, los indígenas aislados fueron masacrados o empujados dentro de las áreas protegidas que también fueron parcialmente invadidas. Los ríos están cada día más contaminados por sedimentos y mercurio entre otros químicos artificialmente introducidos, la pesca está disminuyendo a ojos vista, la caza es rara y falta ya para los grupos indígenas y ribereños, la población urbana ha aumentado drásticamente sin que se instalen los servicios públicos proporcionales, los conflictos entre colonos y madereros invasores por una parte y, por otra, los indígenas, los castañeros y otros habitantes tradicionales se han multiplicado... En síntesis aún están por verse los beneficios regionales de esa obra que fueron ofrecidos por sus promotores políticos y empresariales.

Cualquier análisis de lo ocurrido reitera lo que, como bien se sabe, es el caso para toda la Amazonía. Las obras que pretenden estimular el desarrollo, como la carretera Interoceánica Sur, se hacen sin planificación, o sea, sin coordinación intersectorial, sin las inversiones correlacionadas que permitirían un aprovechamiento optimizado de las obras de infraestructura; en síntesis, sin una imagen objetivo clara para la región. Dentro de ese contexto, la menor de las preocupaciones de los promotores de las grandes obras es la referida a sus implicaciones ambientales y sociales y a los costos que se derivan de éstas.

Por eso es que el estudio “Estrategias de conservación a lo largo de la carretera Interoceánica en Madre de Dios, Perú: Un análisis económico-espacial” es tan importante. Este trabajo, en esencia, demuestra

que en muchos lugares a lo largo de la Carretera Interoceánica Sur, en Madre de Dios, es más rentable no eliminar el bosque que desarrollar las opciones de uso agropecuario que sustentaron el estudio de viabilidad económica de esa vía. No es intención del estudio probar que esa carretera no es económicamente factible, aunque la lectura detallada del mismo podría sugerir que ese es, realmente, el caso. Su intención, en cambio, es demostrar que existen otras formas de uso de la tierra más rentables a lo largo de ella, especialmente el mantenimiento del bosque original en gran parte de ella, en base a su potencial para reducir emisiones de carbono en el contexto de las negociaciones en curso sobre deforestación y degradación de bosques evitadas.

Los resultados descritos son impactantes ya que con valores anuales relativamente bajos (US\$0.16 a US\$0.64) por tonelada de carbono retenida en el bosque podría ser ventajoso para sus dueños, sean éstos públicos o privados, no hacer nada, excepto cuidarlo. Esa realidad económica es válida para el 71 al 98% del área propensa a la deforestación, dependiendo del precio asignado a la tonelada de carbono. Falta, a este punto, mayor precisión sobre el mecanismo de resarcimiento a los propietarios del bosque conservado, lo que es aún materia de discusiones internacionales pero que tiene serias posibilidades de materializarse a corto plazo.

Los autores orientan modestamente su trabajo al costo de oportunidad para la conservación del ecosistema y de la biodiversidad que contiene y, evitan otras implicaciones del mismo. Además, lo complementan con un zoneamiento que puede servir de base para la formulación de políticas públicas y estrategias que promuevan la conservación de recursos naturales e incentiven su uso racional.

Obviamente, este trabajo puede ser replicado en muchos otros casos e, idealmente, debe ser hecho en el contexto de los estudios de factibilidad económica, ambiental y social de las obras y no, como en este caso particular, después de terminadas. Este tipo de estudio habría podido orientar mejor el trazado de la vía e, inclusive habría podido pesar en la decisión de hacerla o no hacerla. Pero, la buena noticia que nos traen los distinguidos y esforzados autores de este trabajo: Leonardo C. Fleck, Maria del Carmen Vera-Diaz, Elena Borasino, Manuel Glave, Jon Hak y Carmen Josse, es que en el caso particular de la Interoceánica Sur aún se esta a tiempo de aplicar estos resultados sobre gran parte del área estudiada. Ojalá ese sea el caso.

De otra parte, es muy importante destacar el enfoque constructivo de este trabajo que ya se nota en la estrecha e inusual colaboración entre las diversas instituciones que lo hicieron y que se expresa aún mejor en sus resultados, que evitan las descripciones habituales, las denuncias o las quejas y que, en cambio, construyen alternativas prácticas, económicamente demostradas y extremadamente sensatas.

Marc J. Dourojeanni



Índice

Resumen Ejecutivo	18
Introducción	22
El Reto de la Conservación Ambiental en Madre de Dios	24
La Planificación Sistemática de la Conservación	24
El Costo de Oportunidad de la Conservación	25
Objetivos	26
Área de Estudio	28
La Región Madre de Dios	29
Áreas Analizadas	33
Metodología	36
Evaluación del Costo de Oportunidad de la Conservación	37
<i>Análisis de Rentabilidad de los Usos de la Tierra</i>	37
<i>Análisis del Costo de Oportunidad de la Tierra</i>	38
<i>Análisis de Costos de Compensación para Proyectos de Deforestación Evitada</i>	39
<i>Análisis de la Rentabilidad Mínima de Usos Alternativos de la Tierra</i>	40
Planificación Sistemática de la Conservación	40
<i>Pasos y Definiciones del Análisis</i>	40
Resultados	44
Análisis Económico-Espacial	45
<i>Costos de Oportunidad de la Tierra</i>	45
<i>Costos de Compensación para Proyectos de Deforestación Evitada</i>	51
<i>Rentabilidad Mínima de Usos Alternativos de la Tierra</i>	51
Portafolio Costo-Efectivo de Áreas de Conservación	54
Discusión y Recomendaciones	56
Referencias	60
APÉNDICES	66
1 - Análisis Espacial de Rentabilidad del Uso de la Tierra	67
2 - El Contexto Actual de las Concesiones Forestales	91
3 - Insumos para la Planificación Sistemática de la Conservación	93
4 - Estudios Adicionales Recomendados	99



Índice de Tablas
Índice de Figuras

Índice de Tablas

Tabla 1 – Población censada por provincia y distrito en MdD: 1981 – 2007	31
Tabla 2 – Ordenamiento territorial en la franja de 100 km a cada lado de la IOS en MdD	34
Tabla 3 – Áreas correspondientes a distintos rangos de rentabilidad y a zonas excluidas del análisis	45
Tabla 4 – Área de los usos más rentables identificados	47
Tabla 5 – Potencial de reducción de deforestación en proyectos de deforestación evitada y costo anual unitario máximo de compensación	51
Tabla 6 – Costo unitario máximo de compensación para proyectos de deforestación evitada en contratos de 10 años (US\$/tCO ₂)	51

Índice de Figuras

Figura 1 – Mapa geopolítico	29
Figura 2 – Crecimiento poblacional de MdD: 1940 – 2007	30
Figura 3 – Mapa de áreas protegidas y concesiones	32
Figura 4 – Modelo de probabilidad de deforestación según la distancia de carreteras oficiales en la Amazonía Brasileña	33
Figura 5 – Costo de oportunidad anual de la tierra	46
Figura 6 – Ubicación de los usos en función de mayor rentabilidad	48
Figura 7 – CO anual de usos forestales y no forestales conforme uso más rentable	49
Figura 8 – CO anual en áreas propensas a la deforestación	50
Figura 9 – Costo de compensación para programas de deforestación evitada	52
Figura 10 – Rentabilidad de áreas deforestadas	53
Figura 11 – Portafolio costo-efectivo de áreas de conservación	55



Siglas

ANPs	Áreas Naturales Protegidas
BLM	<i>Boundary Length Modifier</i>
C	Costos
CO	Costo de oportunidad
CSF	Conservation Strategy Fund
DSS	<i>Decision Support Tool</i>
GRADE	Grupo de Análisis para el Desarrollo
IIAP	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
IOS	Carretera Interoceánica Sur
MdD	Madre de Dios
n	Número de períodos
PSC	Planificación Sistemática de Conservación
r	Tasa de descuento
REDD	<i>Reducing Emissions from Deforestation and Degradation</i>
SIG	Sistema de Información Geográfica
t	Tiempo
tC	Tonelada de carbono
tCO ₂	Tonelada de dióxido de carbono
VA	Valor Actual
ZEE	Zonificación Ecológico-Económica



Resumen Ejecutivo

Este estudio muestra que en la región Madre de Dios existe un gran potencial de conservar los bosques y la biodiversidad a un costo relativamente reducido. Este hecho se constata, **primeramente**, a través de la estimación del ingreso neto de los distintos usos de la tierra presentes en la zona adyacente a la carretera denominada la Interoceánica Sur (IOS). Estos ingresos representan el “costo de oportunidad” de la conservación de bosques. Este análisis es importante porque el reciente mejoramiento de la carretera está elevando la rentabilidad de la agricultura y de la ganadería y, por consecuencia, el costo de oportunidad de la conservación.

Calculamos la rentabilidad de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, e identificamos cuál de ellas sería la más rentable en una franja de 100 kilómetros de territorio Peruano a cada lado de la carretera IOS entre Iñapari y Mazuko. Este análisis permite evaluar la probabilidad de la conversión de un área al uso más rentable¹. En base a esta información, se identifican las áreas con mayor riesgo de deforestación y pérdida de biodiversidad.

Constatamos que en una superficie de algo más de 29 mil km² existen casi 6 mil km² dónde ninguna de las actividades analizadas son rentables (19%); cerca de 10 mil km² cuyos costos de oportunidad son inferiores a US\$100/ha/año (35%); más de 3 mil km² tienen costo de oportunidad entre \$101 y \$200/ha/año (11%); casi 5 mil km² tienen un costo entre \$200 y \$300/ha/año (17%) y 5,6 mil km² (19%) alcanzan costos superiores a \$300/ha/año². Los valores más altos reflejan el potencial de explotación de la madera en la región, mientras que el patrón general de rentabilidad relativamente baja refleja la estructura actual de pequeña escala de las actividades agropecuarias³.

En la superficie de casi 24 mil km² donde las actividades económicas analizadas presentan rentabilidad positiva, la explotación maderera es la actividad potencialmente más rentable en 64% del área, mientras que la explotación castañera, el cultivo de maíz y la ganadería corresponden a 16%, 12% y 8%, respectivamente.

Los bosques de la región son ricos en términos de su contenido de carbono, y por lo tanto, el potencial de reducir emisiones de carbono resultantes de la deforestación es bastante prometedor. En un total de 3.700 km² de áreas propensas a la deforestación existen 2.639 km² (71%) donde el costo de oportunidad de mantener el contenido de carbono es menor a US\$0,16/tCO₂/año; por otro lado, con pagos más altos, de hasta \$0,64/tCO₂/año, se podría evitar 98% de la deforestación estimada, correspondiente a un área de 3.616 km². Es equivaldría a pagos fijos entre \$1,18 y \$4,71/tCO₂ para contratos de 10

-
- 1 Resaltamos que la identificación de los usos más rentables no significa proponer la conversión de la tierra a dichos usos; nuestro propósito es alertar sobre el riesgo de que esa conversión se produzca, para dirigir de esa manera los esfuerzos de conservación.
 - 2 El máximo alcanzado es US\$387/ha/año.
 - 3 El área de 29 mil km² no incluye áreas naturales protegidas, concesiones de conservación y ecoturismo y concesiones mineras.

años⁴. Esos valores son relativamente bajos cuando comparados con los precios medios recientes del mercado voluntario de carbono para proyectos de deforestación evitada, de \$9,43/tCO₂, aunque estos sean altamente variables.

En un **segundo momento**, buscamos definir la ubicación y extensión de las áreas adicionales en que tendrían que ser conservadas para garantizar el mantenimiento de un conjunto representativo de biodiversidad de Madre de Dios de una manera costo-efectiva, mediante el uso de herramientas de optimización espacial. Para ello usamos 128 elementos prioritarios de conservación de la biodiversidad, incluyendo especies endémicas y emblemáticas, y sistemas ecológicos terrestres, además de metas de conservación específicas para cada uno de estos elementos. Esta información biológica fue posteriormente cruzada con los mapas costos de oportunidad de la conservación para diseñar un portafolio costo-efectivo de áreas de conservación.

El resultado de este análisis es presentado en la **Figura A**. La conservación de un área adicional de 16 mil km², o 19% de la región Madre de Dios, sería suficiente para alcanzar las metas definidas para todos los elementos de conservación. La mayor parte de esa área se sobrepone a territorios indígenas, específicamente la Reserva del Estado para Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario, en la parte central de Madre de Dios, y a la parte sur de la Reserva Comunal AmaraKaeri. Ambas áreas presentan actualmente rentabilidad potencial nula para actividades agropecuarias y relativamente baja para actividades forestales. Otras áreas menores se concentran en concesiones castañeras y madereras, y necesitarían mayores esfuerzos de conservación pues se sobrepone a áreas con mayor costo de oportunidad, algunas con riesgo de deforestación.

En un contexto en el que la competencia por la tierra es creciente, es de suma importancia lograr la conservación de la manera más costo-efectiva posible, promoviendo al mismo tiempo la disminución de los conflictos locales y el ahorro de recursos financieros escasos que pueden usarse en otras prioridades sociales. Se espera que la información suministrada en este documento sirva como herramienta para la formulación de políticas públicas y estrategias que promuevan la conservación de los recursos naturales en Madre de Dios, e incentiven su uso racional⁵.



4 Adoptando una tasa anual de descuento de 6%.

5 La base de datos generada en este estudio está disponible públicamente, y permite a los actores regionales formular estrategias distintas a partir de los valores y elementos de conservación que prioricen; y diseñar modelos alternativos de costo de oportunidad que atiendan sus prioridades.

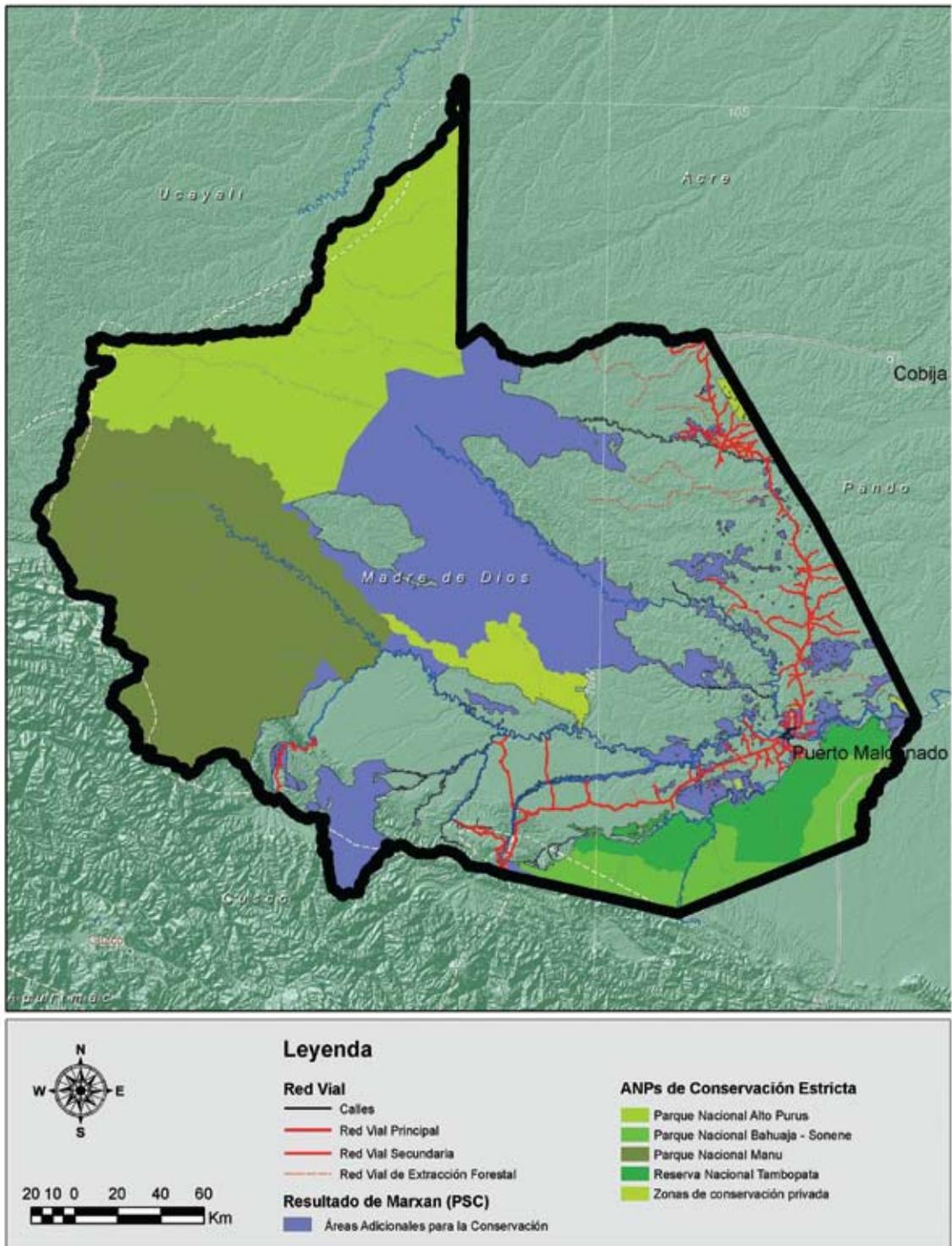


Figura A – Portafolio costo-efectivo de áreas de conservación⁶

6 Fuente: Elaboración propia.



Introducción

A

lo largo de las últimas décadas la Amazonía ha sufrido una presión creciente, proveniente de la construcción de obras de infraestructura de transporte y energía, proyectadas en zonas remotas, con baja densidad poblacional y alto valor de conservación ambiental (Killeen, 2007). Dichos proyectos suelen cambiar la estructura económica, social y ambiental de las regiones donde son ejecutados, demandando acciones gubernamentales más allá de la simple construcción de obras (e.g., Soares-Filho, *et al.* 2004, 2006; Reid & Souza Júnior, 2005; Alencar *et al.*, 2005; Dourojeanni, 2006; Fleck *et al.*, 2006; Fleck *et al.*, 2007; Fleck, 2009; Reid, 2009).

En este contexto, el Gobierno Peruano anunció en el año 2006 su plan de inversiones para la carretera Interoceánica Sur – IOS – con un presupuesto estimado en US\$1,4 mil millones⁷ (Rapp *et al.*, 2008). Este proyecto hace parte del eje de integración y desarrollo Perú-Brasil-Bolivia promovido por la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA).

El proyecto incluye la pavimentación y/o mejoramiento de 2.586 km de carreteras entre la población de Iñapari en la frontera de Madre de Dios con Brasil, y los puertos de la costa sur peruana (Dourojeanni, 2006). Su objetivo principal es viabilizar la conexión terrestre entre los océanos Atlántico y Pacífico y los mercados del Norte de Brasil, Norte de Bolivia y Sur de Perú⁸. Se estima su conclusión en 2010.

La carretera Interoceánica cruza las regiones amazónicas de Madre de Dios, Cuzco y Puno en Perú. En estas regiones se concentran los más altos niveles de biodiversidad del planeta, aún en excelente estado de conservación (Mittermeier *et al.*, 1998), y diversos pueblos originarios en aislamiento voluntario. Paralelamente a su riqueza ambiental y cultural, la región presenta serios problemas sociales y económicos derivados de la falta de capacidad institucional y de políticas públicas que garanticen niveles adecuados de gobernanza, conservación ambiental, e integración y desarrollo social local (Dourojeanni, 2006; Fernández, 2009).

Considerando el escenario anterior, se prevé un proceso de intensificación de la deforestación (Soares-Filho *et al.*, 2006) y de degradación de los recursos hídricos y forestales. También se prevén impactos sociales diversos como la intensificación de los conflictos por recursos naturales y tierra, y los desplazamientos de pueblos indígenas (Dourojeanni, 2006). Todo esto puede resultar en la exclusión de las poblaciones locales del desarrollo que potencialmente pueda proporcionar el proyecto (Cáceres Vega, 2000).

Esta situación es especialmente relevante en la región Madre de Dios (MdD), dónde habrá mayor disponibilidad de tierras planas aptas para cultivos agrícolas, y recursos naturales que se tornarán accesibles con la pavimentación de la carretera. A pesar de que su territorio está ordenado en distintas categorías de uso de la tierra, su ordenamiento todavía presenta una inestabilidad que resulta en un ambiente de intenso conflicto social (Dourojeanni, 2006; Fernández, 2009). Por lo tanto, existe la

7 El presupuesto inicial era de US\$892 millones (Dourojeanni, 2006).

8 Información más detallada sobre el proyecto de la carretera Interoceánica puede ser consultada en Dourojeanni (2006).

necesidad de ejecutar acciones públicas y privadas de protección ambiental, y de incentivo al uso racional de la tierra y de los recursos naturales.

El Reto de la Conservación Ambiental en Madre de Dios

El reto actual y futuro es complejo, y demanda la definición de estrategias e instrumentos de conservación ambiental eficientes y efectivos. Los recursos para la conservación son muy limitados, exigiendo inversiones estratégicas, orientadas por objetivos y basadas en prioridades de conservación. Desde la perspectiva económica⁹, la conservación ambiental es justificable cuando sus beneficios compensen sus costos (Mueller, 2007). En ese contexto, una estrategia de priorización de la conservación en el espacio territorial debe pasar por un análisis costo-beneficio (Bateman *et al.*, 2003; Belli *et al.*, 2001) que permita evaluar el *trade-off* entre desarrollo y conservación. Este análisis busca identificar las áreas dónde los beneficios de la conservación superan sus costos, lo que permite la priorización de la conservación en las áreas más beneficiosas (e.g., Naidoo & Ricketts, 2006).

Desafortunadamente, a diferencia de los costos, la cuantificación de los beneficios de la conservación es muy limitada debido a la complejidad de la aplicación de las metodologías de valoración de los bienes y servicios ambientales, y por la falta de información (Naidoo & Ricketts, 2006). Además, en el caso de bosques tropicales en la escala de la región de MDD, la estimación de beneficios probablemente resultaría en valores muy homogéneos en el espacio¹⁰, limitando su uso en la definición de áreas prioritarias para la conservación.

La Planificación Sistemática de la Conservación

En este contexto, la aplicación de herramientas de planificación sistemática de conservación (PSC) asociadas al modelaje espacial del costo de oportunidad¹¹ es prometedora. Las herramientas de PSC son instrumentos de soporte a la decisión (DSS¹²) y fueron originalmente desarrolladas para diseñar redes alternativas de áreas protegidas que garanticen la representatividad, complementariedad y persistencia de la biodiversidad, minimizando los costos para la sociedad a través del uso de algoritmos de optimización espacial¹³ (Margules & Pressey, 2000; Sarkar *et al.*, 2006). Recientemente se han considerado otras aplicaciones, como en la conservación de servicios eco-sistémicos (Chan *et al.*, 2006) y en la conservación fuera de áreas protegidas (Pierce *et al.*, 2005; Wilson *et al.*, 2007).

Las herramientas de PSC permiten el diseño de estrategias de conservación costo-efectivas¹⁴. A partir de la definición de metas de conservación como, por ejemplo, *conservar el 15% del área de distribución*

9 Según la Teoría Neoclásica.

10 Eso se debe, principalmente, a las limitaciones actuales en el conocimiento de los beneficios asociados a la conservación de la biodiversidad y de los servicios eco-sistémicos.

11 Costo de oportunidad es el término utilizado en economía para denominar el costo de algo en términos de una oportunidad renunciada, generalmente la segunda mejor alternativa (Belli *et al.*, 2001). En conservación territorial, es lo que se deja de ganar en términos económicos al decidir conservar un área.

12 *Decision Support Tool*.

13 O, alternativamente, su objetivo puede ser maximizar la conservación bajo restricciones presupuestarias definidas.

14 Las estrategias costo-efectivas son aquellas que alcanzan sus objetivos al costo más bajo.

de todas las especies endémicas y amenazadas en una región, el uso de algoritmos de optimización espacial permite identificar el área que alcanza dicha meta minimizando el **costo** de esa estrategia para la sociedad, o las amenazas para su conservación.

Su objetivo principal es apoyar a los especialistas locales en la toma de decisiones. Entre sus ventajas está facilitar que los países integren las prioridades de inversión de distintos donantes (Smith *et al.*, 2006) y enfoquen sus propuestas de deforestación evitada (Gullison *et al.*, 2007)¹⁵.

El Costo de Oportunidad de la Conservación

Varios estudios han tomado el tamaño del área destinada a la conservación como un valor aproximado o *proxy* de la variable “costo”. Sin embargo, el valor económico de la tierra es heterogéneo en el espacio, lo que limita el uso de esta variable de manera eficiente (Ando *et al.*, 1998; Carwardine *et al.*, 2008a). Otros han definido indicadores de costo en base a la ponderación de distintos factores, como el área, distancia a carreteras y ríos, etc., pero éstos tampoco están relacionados directamente al costo económico de la conservación. Los datos socioeconómicos solo han sido considerados recientemente para este propósito (Ando *et al.*, 1998; Naidoo *et al.*, 2006; Cameron *et al.*, 2008; Polasky, 2008; Carwardine *et al.*, 2008b; Klein *et al.*, 2008). En varios casos, los costos son estimados a través del precio de la tierra, los costos de protección, los costos de oportunidad de la tierra o *proxies* de variables socioeconómicas (e.g. Ando *et al.*, 1998; Chomitz *et al.*, 2005; Naidoo *et al.*, 2006; Naidoo & Iwamura, 2007; Carwardine *et al.*, 2008a).

El uso de estimaciones de costo de oportunidad de la tierra (CO) es prometedor, pues permite cuantificar simultáneamente el efecto económico de las estrategias de conservación (Sinden, 2004), el costo de compensación a propietarios rurales en programas de conservación (e.g., pagos por servicios ambientales) y la rentabilidad privada mínima atractiva para la ejecución de alternativas económicas¹⁶. Además, permite definir estrategias que restrinjan la deforestación a las áreas más productivas, y la controlen donde no es económicamente factible (e.g., Binswanger, 1991).

Sin embargo, muchas de las estimaciones de CO aplicadas a la conservación han sido realizadas en escalas globales o continentales (Naidoo *et al.*, 2006; Naidoo & Iwamura, 2007), que resultan demasiado gruesas para informar efectivamente la toma de decisión local a una escala operacional.

Este estudio busca aplicar la herramienta de PSC y el modelaje de costo de oportunidad en la región Madre de Dios. El estudio se divide en dos partes: **primero**, se realiza un modelo del costo de oportunidad de la tierra en el que se consideran los cambios en la rentabilidad potencial del uso de la tierra en función de la pavimentación de la carretera Interoceánica Sur (IOS). La principal premisa del análisis es que la pavimentación estimulará la expansión de actividades económicas a lo largo de la IOS. Con base en ese análisis, distintas aplicaciones son dadas a los datos de manera a

15 En este contexto, los proyectos de deforestación evitada pueden ser enfocados en áreas de alta biodiversidad, generando beneficios adicionales a la conservación.

16 Desde la perspectiva económica, un propietario rural racional optaría por cambiar el uso de su tierra a un uso más sostenible si dicho uso es por lo menos tan rentable como su uso actual.

aportar la formulación de estrategias costo-efectivas de conservación de bosques (y su carbono) y de recuperación de áreas deforestadas.

La **segunda parte** es un ejercicio de PSC aplicado a la región Madre de Dios. El análisis aprovecha criterios de priorización de la conservación de la biodiversidad y bases de datos biológicas de estudios anteriores, e incorpora el modelo de costo de oportunidad como estimación del costo que debe ser minimizado en la definición de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. A partir de esta información, se definen la ubicación y extensión de las áreas adicionales a las áreas protegidas existentes que tendrían que ser conservadas para que se cumplan metas de conservación de la biodiversidad de una manera costo-efectiva.

Este documento sigue la siguiente estructura: objetivos del estudio, caracterización del área de estudio, descripción sucinta de la metodología, descripción y análisis de los resultados, y por último la discusión y recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos. Una descripción más detallada de la metodología de estimación de la rentabilidad de los usos de la tierra y sus resultados parciales, y del ejercicio de PSC, puede ser consultada en los **Apéndices 1 y 3**, disponibles al final del documento.

Objetivos

El objetivo general del estudio es contribuir a la formulación de estrategias costo-efectivas de planificación territorial-espacial, y orientar las inversiones en conservación en la región de Madre de Dios, Perú, considerando los efectos de la pavimentación de la IOS y enfocando en la conservación de los bosques y de la biodiversidad.

Los **objetivos específicos** son:

- i. Modelar espacialmente la rentabilidad potencial de distintos usos de la tierra (forestales y no forestales) actualmente existentes en la región, en el escenario post-pavimentación de la IOS.
- ii. Modelar espacialmente el costo de oportunidad potencial de la tierra, identificando áreas propensas a la deforestación.
- iii. Modelar el costo de compensación en un sistema de pagos por servicios ambientales para proyectos de deforestación evitada (carbono forestal) y la rentabilidad mínima necesaria para proyectos de recuperación de áreas deforestadas.
- iv. Identificar el conjunto de áreas adicionales necesarias para la conservación de la biodiversidad, que alcancen metas de conservación con un costo de oportunidad mínimo.
- v. Aportar a la discusión de políticas, proyectos y acciones que puedan reducir efectivamente los conflictos y promover la conservación y el desarrollo local.



Área de Estudio

La Región Madre de Dios

Madre de Dios se ubica en la región sur oriental del Perú, limitando con Brasil y Bolivia. Es la tercera región más extensa del Perú, con una superficie de 85.184 km², que representan el 6,6% del territorio peruano. Políticamente se divide en tres provincias: Manu, Tambopata y Tahuamanu, las que a su vez comprenden once distritos (Figura 1).

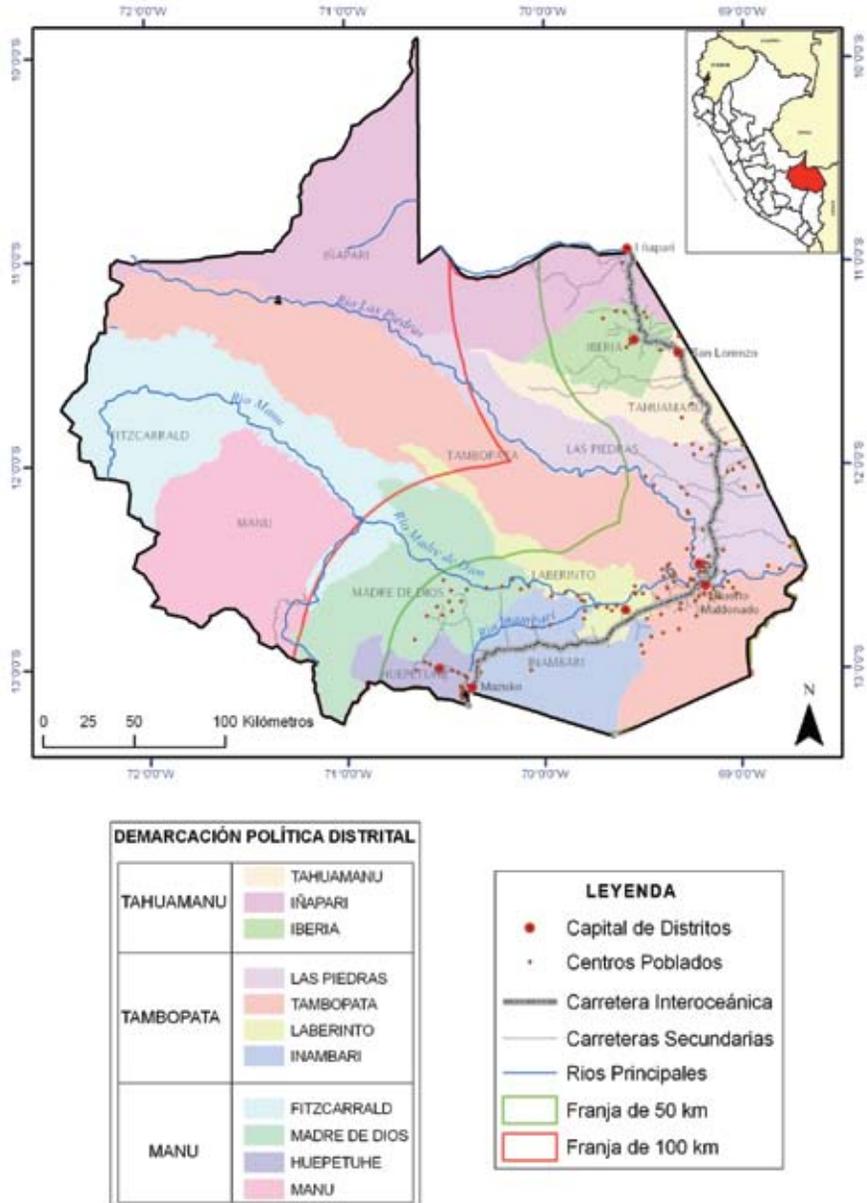


Figura 1 – Mapa geopolítico

Con 1,2 habitantes por kilómetro cuadrado, MdD es la región del Perú con menor densidad poblacional. Sin embargo, en los últimos cincuenta años ha presentado una alta tasa de crecimiento demográfico (ver **Figura 2**).

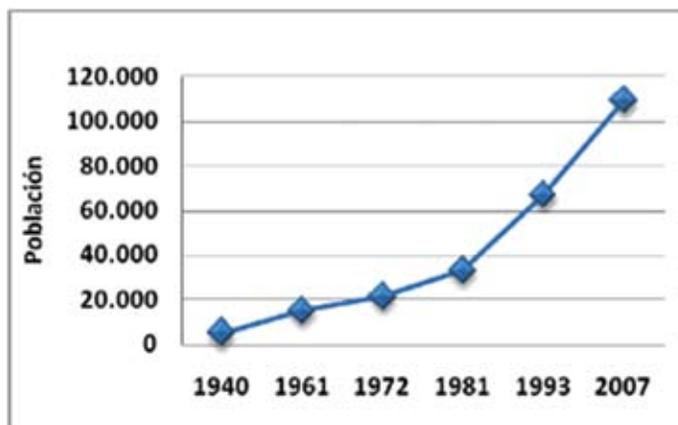


Figura 2 – Crecimiento poblacional de MdD: 1940 – 2007¹⁷

La población de MdD alcanzó un total de 109.555 habitantes en el año 2007. El distrito de Tambopata mostró la mayor concentración poblacional, llegando al 55% del total (**Tabla 1**). En general, la población se ha establecido en los márgenes de la carretera Mazuko – Puerto Maldonado – Iñapari, principal vía de comunicación con el resto del país, que corresponde al tramo 3 de la IOS.

En comparación al resto del Perú y según las estadísticas de pobreza del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2008), MdD presenta bajos niveles de pobreza total y extrema. Además, presenta un nivel intermedio respecto al índice de carencias elaborado por el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2006).

Desde la perspectiva ambiental, la región de MdD alberga una importante diversidad biológica, reconocida a nivel mundial. Forma parte del Corredor de Biodiversidad Vilcabamba-Amboró que comparte con Bolivia, ubicado en el *hotspot* de los Andes Tropicales (Mittermeier *et al.*, 1998). Aproximadamente la mitad de la región se compone de importantes áreas naturales protegidas, legalmente reconocidas por el Servicio de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), como los Parques Nacionales de Manu, de Bahuaja Sonene y del Alto Purús; la Reserva Nacional de Tambopata; y las Reservas Comunales de Amaraeri y del Purús.

Las actividades extractivas son la base de la estructura económica en MdD desde finales del siglo XIX, lo que ha generado una alta dependencia de los recursos naturales y de la diversidad biológica. La carretera desde Quincemil, en Cusco, hasta Puerto Maldonado se completó a inicios de los años sesenta, lo que provocó una expansión de las actividades extractivas y agropecuarias, y una fuerte migración proveniente de la zona alto-andina.

17 Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2006). Elaboración propia.

TABLA 1 – POBLACIÓN CENSADA POR PROVINCIA Y DISTRITO EN MDD: 1981 – 2007

Provincias/Distritos	1981	1993	2007
Tambopata	24.583	46.738	78.523
<i>Tambopata</i>	20.341	36.958	60.214
<i>Inambari</i>	1.716	5.266	8.038
<i>Las Piedras</i>	2.526	4.514	5.491
<i>Laberinto</i>	-	-	4.780
Manu	3.496	13.827	20.290
<i>Manu</i>	1.467	1.559	2.645
<i>Fitzcarrald</i>	139	458	1.263
<i>Madre de Dios</i>	1.890	11.810	9.404
<i>Huapetuhe</i>	-	-	6.978
Tahuamanu	4.928	6.443	10.742
<i>Tahuamanu</i>	812	841	2.739
<i>Iñapari</i>	3.013	3.858	1.288
<i>Iberia</i>	1.103	1.744	6.715
Total	33.007	67.008	109.555

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2006).

Su pavimentación, bajo el proyecto de la IOS, ha incrementado el proceso migratorio hacia la región. La ocupación desordenada del territorio ha producido una mayor presión sobre los recursos naturales, lo que motiva una gran preocupación en relación a la conservación futura de la región. Actualmente, el territorio de Mdd está dividido en áreas naturales protegidas (ANPs) (44,6%), concesiones madereras (15,4%), de castaña (9,4%), mineras (5,2%), de conservación y ecoturismo (2,2%), y de reforestación (1,3%)¹⁸, tierras indígenas¹⁹ (9%) y tierras privadas²⁰ (3,7%) (Figura 3).

A lo largo de la IOS se pueden encontrar distintos padrones de uso de la tierra. Entre Mazuko y Puerto Maldonado, la actividad minera es muy importante en los ríos Inambari, Madre de Dios, Colorado, Puquiri, Huaypetue, y Caychihue, entre otros; también se extrae madera en pequeña escala en las concesiones de reforestación, en predios agrícolas y en algunas concesiones forestales. La carretera bordea además la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata.

18 El INRENA, al amparo de la Ley N° 27.308 - Ley Forestal y de Fauna Silvestre, otorgó concesiones de hasta cuarenta mil (40.000) hectáreas para forestación y reforestación en áreas de mayor capacidad de uso forestal y/o en áreas de recuperación forestal, por períodos renovables de hasta cuarenta años, a título gratuito. Sin embargo, desde la promulgación de la Ley N° 28852 - Ley de Promoción de la Inversión Privada en Reforestación y Agroforestería- no se han otorgado más concesiones de reforestación. Esto debido a que el propósito de dichas concesiones fue la extracción y no la reforestación, ya que se facilitó la extracción de madera en bosques forestales no contemplados dentro de los alcances de los Bosques de Producción Permanente.

19 Comunidades nativas (4,4%) y Reserva del Estado para Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario (4,6%).

20 Derechos de posesión y títulos de tierra.

En el tramo Puerto Maldonado-Iñapari, la realidad es distinta, con mucho menor dinamismo que la primera, ya que el transporte de carga y de pasajeros es menos intenso. En dicho tramo, es mayor la importancia de las concesiones forestales, tanto para madera como para castaña (*Bertholletia excelsa*). Por su lado, la agricultura y la ganadería son actividades que se realizan, con mayor o menor intensidad, a lo largo de toda la carretera.

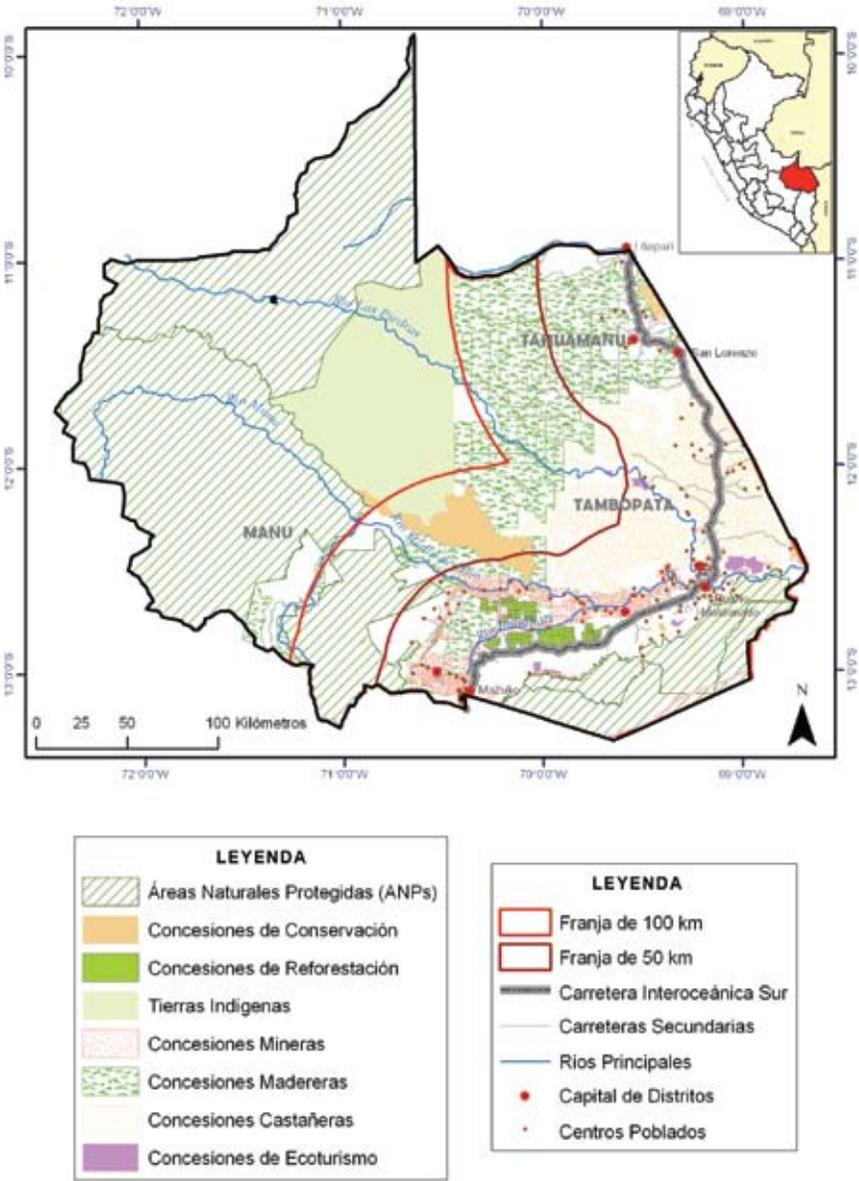


Figura 3 – Mapa de áreas protegidas y concesiones

Áreas Analizadas

Según Brandão *et al.* (2007), en la Amazonía brasileña, dónde la red vial de más de 241 mil kilómetros está más desarrollada que en la Amazonía peruana²¹, prácticamente toda la deforestación se concentra en una franja de 50 km a cada lado de las carreteras (**Figura 4**)²². Sin embargo, en la presente investigación se enfocó, inicialmente, el análisis de costo de oportunidad en una franja de 100 kilómetros a cada lado de la carretera IOS en el tramo Iñapari – Puerto Maldonado – Mazuko, donde están concentradas las actividades económicas y la población de MdD (**Figura 3**, arriba). Al considerar esta franja de 100 km a cada lado de la IOS se hace posible el análisis de la expansión potencial de las actividades maderera y castañera, que son practicadas de manera más extensiva.

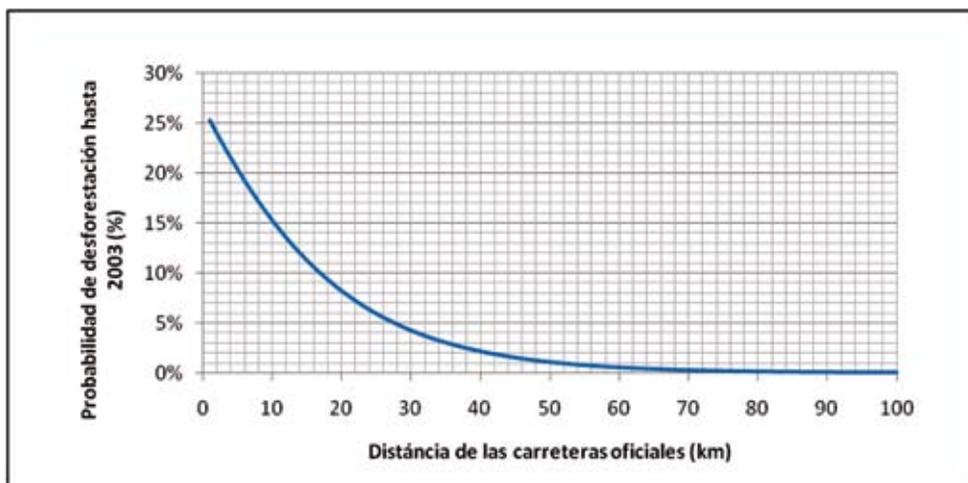


Figura 4 – Modelo de probabilidad de deforestación según la distancia de carreteras oficiales en la Amazonía Brasileña²³

El área total de la franja estudiada es de 45.414 km² (40.039 km² de bosques²⁴ y 5.375 km² de coberturas no forestales²⁵), representando 53% de la región MdD²⁶. La mayor parte de la superficie analizada está conformada por concesiones madereras (28%), seguidas de áreas naturales protegidas (20%) y concesiones de castaña (19%), sumando un total de 67% del área total (**Tabla 2**).

Por otro lado, en el análisis espacial de PSC, se incluye toda la región MdD. El área de MdD afuera de la franja de 100 km a cada lado de la IOS es mayormente conformada por áreas protegidas, en la parte oeste de MdD (**Figura 3**, arriba).

-
- 21 Son 25 mil km de carreteras oficiales y 172 mil km de carreteras no-oficiales (hasta 2003).
 - 22 La franja de 50 km a cada lado de la carretera se aplica a carreteras oficiales. Si se considera toda la red vial (con las carreteras no oficiales), 92% de la deforestación hasta 2003 se reduce a una franja de 5km a cada lado de la carretera.
 - 23 Fuente: Brandão et al. (2007).
 - 24 Bosque inundable, montañoso y de llanura.
 - 25 Tierras agrícolas, pastizales, carreteras y ríos.
 - 26 La franja de 50 km de cada lado de la IOS posee un área total de 28.755 km², o 34% del territorio de MdD.

TABLA 2 – ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA FRANJA DE 100 KM A CADA LADO DE LA IOS EN MDD

Categoría	Área (km ²)	%
Concesiones madereras	12.710	28%
Áreas naturales protegidas	9.260	20%
Concesiones de castaña	8.711	19%
Otras categorías	7.621	16%
Concesiones mineras	3.886	9%
Concesiones de conservación	1.559	3%
Tierras Indígenas	682	2%
Concesiones de ecoturismo	399	1%
Concesiones de reforestación	586	1%
Total	45.414	100%

Fuente: Elaboración propia en base a base de datos del ZEE de MdD (IIAP-POA-UIGT, 2008).





Metodología

Evaluación del Costo de Oportunidad de la Conservación

En este análisis estimamos, en un **primer momento**, la rentabilidad de distintos usos de la tierra en el escenario post-pavimentación de la IOS, para luego proyectar estos usos en el espacio usando herramientas de SIG. En un **segundo momento**, los modelos de los distintos usos fueron agregados en mapas consolidados de costo de oportunidad de la conservación que (i) indican espacialmente la rentabilidad de los usos más beneficiosos, y (ii) identifican el uso más rentable entre los analizados. Esto permitió simular los efectos de la conclusión de la carretera IOS sobre la expansión potencial de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales.

En un **tercer momento**, los mapas de costo de oportunidad fueron usados para identificar las áreas dónde las actividades agrícolas son más rentables que las forestales. Esas áreas fueron identificadas como las áreas más propensas a la deforestación y, por lo tanto, áreas que podrían beneficiarse de pagos por servicios ambientales en proyectos de deforestación evitada. Se usó información espacial del contenido de carbono forestal para estimar el costo unitario (US\$/tCO₂) de los pagos por emisiones evitadas de carbono, asociados a la compensación del costo de oportunidad de la tierra.

En un **cuarto momento**, los mapas de costo de oportunidad fueron cruzados con mapas de áreas deforestadas para estimar el retorno privado mínimo esperado de proyectos alternativos de recuperación de áreas deforestadas, como, por ejemplo, el cultivo de bambú.

Análisis de Rentabilidad de los Usos de la Tierra²⁷

Los usos más relevantes adoptados en este análisis fueron determinados según los siguientes criterios:

- Usos de la tierra forestales y no forestales actuales, predominantes en la región.
- Usos que poseen un potencial significativo de ocupar el espacio de manera extensiva.

En este contexto fueron seleccionados para el análisis usos agrícolas (cultivo de maíz)²⁸, pecuarios (carne), forestales (madera y castaña) y la minería. La productividad y rentabilidad de los usos agrícolas y pecuarios fue estimada mediante la implementación de modelos econométrico-espaciales. Dichos modelos fueron generados a partir de encuestas con productores rurales a lo largo de la IOS en MdD, las cuales fueron aplicadas entre junio y octubre del año 2008. En el caso de los usos forestales se usaron metodologías de simulación económica, adoptando estimaciones de productividad, precios y costos presentadas en la literatura y por organizaciones técnicas locales.

27 En este capítulo se presenta la metodología de modo general. Mayores detalles de la metodología y los resultados pueden ser consultados en el **Apéndice 1**.

28 El cultivo de arroz había sido considerado inicialmente, pero un análisis preliminar de su rentabilidad demostró que este uso de la tierra es menos rentable que el cultivo de maíz. Por ello, este uso fue excluido del análisis final.

En el caso de la minería, es muy difícil predecir la productividad, rentabilidad y los potenciales impactos asociados a esta actividad en términos de cambio de uso de la tierra. Esto se debe a la falta de ordenamiento adecuado de la extracción aurífera y de estudios más detallados del potencial mineral. Por esa razón, se asumió simplemente que todas las concesiones mineras actuales son rentables; y que la actividad minera se restringiría inicialmente a sus concesiones. Se debe destacar que nuevos hallazgos del mineral en otras zonas podrían resultar en la expansión de la actividad aurífera fuera de las concesiones mineras existentes actualmente²⁹.

Adicionalmente, se elaboró un modelo hipotético que evalúa el potencial futuro de la expansión de la soya mecanizada a lo largo de la IOS, tomando como referencia el modelo de producción brasileño de alta productividad. De esta manera, es posible visualizar los impactos de un sistema de monocultivo que demandaría fuertes cambios en la estructura de la propiedad, la disponibilidad de capital y crédito, y la implementación de tecnologías e inversiones paralelas. Este uso de la tierra debe ser considerado como una excepción, pues no está presente actualmente en la región. La inclusión de este modelo está relacionada a posibles expansiones futuras de la actividad desde Acre (Brasil). Para ese uso, se usó el modelo econométrico pre-existente publicado por Vera-Díaz *et al.* (2008), actualizado con datos locales.

Los modelos económicos desarrollados fueron proyectados para toda el área de estudio usando herramientas de SIG, modelos de costo de transporte y bases de datos espaciales, que permitieron predecir la productividad y rentabilidad de los distintos usos de la tierra en una escala de 1 km².

Análisis del Costo de Oportunidad de la Tierra

El CO fue estimado en base a las rentabilidades potenciales de los diferentes usos alternativos de la tierra (Bateman *et al.*, 2003). El objetivo es identificar el uso de la tierra que sería más rentable en cada píxel del área de estudio después de la conclusión de la pavimentación de la carretera IOS³⁰. La rentabilidad relativa es un indicador de la probabilidad de conversión del uso de la tierra. En el caso de usos que implican en deforestación, la rentabilidad es un indicador de probabilidad relativa de conversión de bosques. Enfatizamos que esto no implica una recomendación para un uso de la tierra.

Para el análisis del CO se incluyó la producción pecuaria y maicera y los usos forestales (madera y castaña). El modelo de rentabilidad de la soya no fue utilizado en el análisis inicial de CO y en sus aplicaciones para proyectos de deforestación evitada y de recuperación de áreas deforestadas, pues es un uso hipotético todavía inexistente en la región.

29 En el caso de la minería, la explotación del oro por parte de inmigrantes andinos es uno de los principales problemas en MdD y se encuentra en fuerte expansión. Existe la percepción entre aquellos que se dedican a la explotación aurífera, de que el asfaltado de la carretera reducirá los costos de la actividad (Dourojeanni, 2006). Esto ya se refleja en la reciente expansión minera en la región (Elena Borasino, observación personal en 2008).

30 Se optó por identificar la opción más rentable en cada píxel en relación a los usos analizados. A pesar de reflejar un patrón de uso de la tierra en general distinto del actual, en el cual la producción en la propiedad es diversificada, optamos por modelar la rentabilidad de los usos en un patrón más orientado al mercado, en que se busca maximizar la ganancia, simulando una tendencia esperada con la pavimentación de la IOS. Ese abordaje puede, en algunos casos, sobreestimar el costo de oportunidad. Por otro lado, las bases de datos espaciales producidas están disponibles públicamente y pueden ser utilizadas para generar modelos alternativos de costo de oportunidad que atiendan otros objetivos y supuestos.

En cuanto a la minería, se consideró que este sería el uso más probable en las concesiones mineras actuales, pues suponemos que el uso mineral es el más rentable entre los usos analizados o, por lo menos, esa es la percepción local. Estudios recientes han demostrado la veracidad de este supuesto, indicando altas rentabilidades en promedio para la actividad minera en MdD, en comparación a las rentabilidades de otros usos de la tierra estimadas en el presente estudio (Cooperación, 2009). Consecuentemente, es improbable que ese uso compita con los otros.

Las proyecciones de rentabilidad que se superponen con Áreas Nacionales Protegidas (ANP), Concesiones de Conservación y Concesiones de Ecoturismo no fueron consideradas en el análisis, pues implicarían usos incompatibles con esas áreas protegidas. Por otro lado, dado el supuesto que las concesiones madereras y castañeras no son institucionalmente sólidas, es decir, que podrían convertirse en áreas agrícolas bajo la presión económica local (ver discusión en el **Apéndice 2**), consideramos la posibilidad de la expansión de las actividades agropecuarias en esas concesiones forestales en el análisis.

Este enfoque nos permite identificar las áreas de mayor potencial económico bajo los usos económicos actuales predominantes y, consecuentemente, las áreas que presentarán mayores riesgos de deforestación, degradación y pérdida de biodiversidad.

Análisis de Costos de Compensación para Proyectos de Deforestación Evitada

A fin de discutir las opciones existentes para la conservación de los bosques tropicales, incluimos la estimación del valor de compensación del costo de oportunidad para iniciativas de pagos por servicios ambientales relacionadas a proyectos de emisiones evitadas de carbono por deforestación (REDD)³¹. Su estimación busca determinar cuál sería el valor que debería pagarse a los propietarios rurales para no convertir el bosque a usos agropecuarios más rentables, manteniéndolo en pie. Para eso, consideramos solamente las áreas boscosas donde el uso más rentable involucraría deforestación (pecuaria y maíz).

La estimación del costo de compensación es presentada en términos del pago fijo máximo necesario por tonelada de carbono cuya emisión a la atmósfera es evitada por los proyectos. La estimación de contenido de carbono forestal en el área de estudio se basó en Saatchi *et al.* (2007). Los valores de contenido de carbono fueron convertidos a la cantidad equivalente de emisiones de dióxido de carbono (tCO₂) usando el factor de conversión de 3,66 (FAS, 2008). Asumimos que solamente 85% del carbono contenido en los árboles es emitido a la atmósfera después de la deforestación (Houghton *et al.*, 2000; Soares-Filho *et al.*, 2006). Este análisis no considera otros costos necesarios para la implementación de proyectos de REDD, como costos de transacción y de mantenimiento.

Las estimaciones son presentadas en valores de pagos fijos anuales y de pagos fijos únicos por contratos de 10 años. Los cálculos para los contratos de 10 años son hechos mediante el método del valor actual (VA³²) con la aplicación de tasas de descuento de 6% y 10% (Belli *et al.*, 2001). La fórmula del VA es:

-
- 31 Nuestro análisis es solamente indicativo del costo de compensación y no refleja oportunidades inmediatas de inversión pues el análisis de costo de oportunidad no permite indicar cuándo específicamente ocurrirá la deforestación.
- 32 El método de valor actual de flujos de caja futuros permite agregarlos en un valor único que toma en cuenta el costo de oportunidad del capital (Belli *et al.*, 2001).

$$VA = \sum_{t=0}^n \frac{(C_t)}{(1+r)^t} \text{ , donde } C \text{ se refiere a costos, } t \text{ al tiempo, } n \text{ al número de períodos y } r \text{ a la tasa de descuento.}$$

Análisis de la Rentabilidad Mínima de Usos Alternativos de la Tierra

Con el objetivo de discutir opciones de inversión en usos alternativos de la tierra más sostenibles en áreas previamente deforestadas (e.g. reforestación con especies nativas, árboles nobles o bambú, y agro-forestería), incluimos un análisis específico del CO en esas áreas. El CO calculado refleja la rentabilidad mínima que un productor rural racional demandaría para implementar un uso alternativo más sostenible en su propiedad. Para este análisis, consideramos áreas previamente deforestadas, según Eva *et al.* (2002)³³.

Planificación Sistemática de la Conservación

La PSC es fundamentada en la premisa de que existe un sinnúmero de posibilidades para alcanzar metas de conservación, y que desde el punto de vista económico es necesario que esas metas sean alcanzadas de una manera costo-efectiva. En este estudio, el análisis de PSC fue conducido mediante el uso de dos herramientas computacionales: NatureServe Vista³⁴ y Marxan³⁵. Ambas funcionan de manera integrada.

Pasos y Definiciones del Análisis

Para identificar portafolios costo-efectivos de áreas de conservación, Marxan corre varios escenarios alternativos compuestos por un sinnúmero de iteraciones usando un algoritmo para la formulación de soluciones costo-efectivas. El desarrollo de la PSC depende básicamente de la definición de los siguientes factores:

- **El objetivo de conservación** (ej.: *la conservación de una muestra representativa de la biodiversidad de una región específica*)
- **Los elementos de conservación** considerados (ej.: *el jaguar*).
- **Las metas de conservación** a ser alcanzadas para cada uno de los elementos de conservación (ej.: *por lo menos 25% del área de distribución del jaguar*).
- **La unidad de planificación espacial** usada en la formulación de portafolios alternativos de áreas de conservación (ej.: *micro-cuencas*).
- **Áreas ya conservadas** que son compatibles con la conservación de los elementos analizados (ej. *parques y reservas existentes*).

33 En el futuro, se podrán adaptar bases de datos de deforestación y de áreas degradadas más recientes al mapa de CO del área de estudio, a fin de generar mapas más precisos.

34 NatureServe Vista es un paquete de herramientas de visualización, tratamiento y análisis de datos espaciales para fines de planificación territorial de la conservación, desarrollado por NatureServe: <http://www.natureserve.org/prodServices/vista/overview.jsp>. Vista funciona como una extensión del software ArcGIS.

35 Marxan es un software de PSC basado en algoritmos que permiten diseñar portafolios optimizados de áreas de conservación, desarrollado por investigadores de la Universidad de Queensland, Australia: <http://www.uq.edu.au/marxan/>.

- Las **variables de costo** que van a ser minimizadas en los portafolios de áreas de conservación (ej. costo de oportunidad o costo de protección).

En nuestro estudio, el objetivo de conservación analizado fue el de identificar las áreas adicionales a conservar que garanticen la permanencia de un conjunto representativo de especies prioritarias (endémicas y emblemáticas de amplia distribución) y de todos los sistemas ecológicos terrestres de la región MdD.

La selección de los elementos de conservación se basó en el estudio de NatureServe, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y el Gobierno Regional de Madre de Dios (Josse & Hak, 2009; NatureServe, 2009). Dicho estudio incluye elementos asociados a valores biológicos, culturales y económicos, totalizando 142 elementos de conservación. En nuestro estudio, nos enfocamos en los 128 elementos asociados a valores biológicos, que incluyen 30 especies de plantas vasculares, 15 de anfibios, 36 de aves, 10 de mamíferos y 23 sistemas ecológicos terrestres³⁶. Se debe resaltar que este no es un análisis de toda la biodiversidad de la región; la mayoría de los elementos seleccionados son especies endémicas que se concentran en hábitats montañosos (Josse & Hak, 2009).

Para los elementos de valor biológico se definieron metas individuales mínimas de conservación, según los siguientes criterios:

- Para elementos cuyos datos están basados en mapas de distribución potencial predicha se consideró una meta de por lo menos 30% de su distribución actual;
- Para elementos cuyos datos están basados en distribución puntual (i.e. localidades de ocurrencia) se consideró una meta individual de por lo menos 90% de sus ocurrencias;
- Para los sistemas ecológicos terrestres se consideró una meta individual de por lo menos 30% de su distribución histórica.

Este conjunto de elementos de conservación y sus metas respectivas fueron definidos en talleres técnicos y representan selecciones previas de esfuerzos de planificación de la conservación (NatureServe, 2009). Este análisis no considera explícitamente metas de conservación de cuencas y cuerpos hídricos, o de corredores biológicos que buscan garantizar el flujo genético entre bloques de bosque conservado. Eso podrá ser hecho en futuros ejercicios³⁷.

Para el análisis de PSC también es necesario segmentar el espacio para que se puedan definir portafolios (o conjuntos) alternativos de áreas a conservar. Para ese fin, se utilizaron las unidades territoriales definidas en la Zonificación Ecológica Económica de la región MdD (IIAP-POA-UIGT, 2008).

Para la definición de áreas actuales cuyo uso de la tierra es compatible con la conservación de los elementos seleccionados, consideramos las ANPs de protección estricta (parques y reservas nacionales)

36 La suma del número total de especies no es igual al de los elementos pues en el caso de algunos elementos, se incluyeron datos de dos fuentes. Consultar el [Apéndice 3](#) para mayor esclarecimiento.

37 Josse & Hak (2009) simulan un corredor para el jaguar en Madre de Dios.

y las concesiones privadas de conservación y ecoturismo. Esta es una estrategia conservadora, pues todavía no tenemos información suficiente para incluir otras ANPs, como la Reserva Comunal Amaraeri y la Reserva del Estado para Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario. Eso podrá ser modificado en futuros ejercicios en caso de que haya información suficiente. Así, el análisis busca identificar las áreas adicionales que necesitarían ser conservadas para alcanzar el objetivo de conservación definido.

Para minimizar el costo del portafolio de áreas seleccionadas, Marxan considera básicamente tres factores:

- un factor que promueve el alcance de todas las metas de conservación (más metas no cumplidas = mayor costo);
- un factor que promueve la minimización de la fragmentación de las áreas seleccionadas (mayor fragmentación = mayor costo);
- un factor que considera el costo de cada área espacial seleccionada: en nuestro caso, ese costo corresponde al **CO de la conservación del área**.

Esos costos son agregados en un indicador de costo llamado función objetivo, que es minimizado por el algoritmo. En ese estudio solamente se consideraron portafolios de áreas que alcanzaron todas las metas de conservación, y se diseñó el análisis de manera que se evitase portafolios de áreas demasíadamente dispersos en el espacio. En el caso de la aplicación del mapa de CO como variable costo, su implementación incorporó todos los usos analizados en este estudio, incluyendo la soya, pues es una planificación de más largo plazo, y el modelaje fue ampliado a toda la región de MdD.

Una explicación más detallada del análisis, que incluye los parámetros adoptados, las unidades de planificación, la lista de los elementos de conservación y sus metas puede ser consultada en el **Apéndice 3**.





Resultados

Análisis Económico-Espacial

Costos de Oportunidad de la Tierra

La **Figura 5** muestra el CO estimado considerando las actividades agrícola, ganadera y forestal en el escenario de la IOS concluida. El 13% del área no presenta rentabilidades positivas para los usos considerados y en 17% del área total se podría generar rentabilidades positivas menores o iguales a US\$50 por hectárea. Por otro lado, una extensión de casi 14.000 km², esto es, 30% del área analizada tendría el potencial de generar beneficios mayores a US\$100 por hectárea. Vale la pena destacar que 80% de esta área estaría dentro de la franja más estrecha de 50 km a lo largo de la IOS. El valor máximo de rentabilidad, considerando los diferentes usos, sería de US\$387 por hectárea, que corresponde al uso maderero. (**Tabla 3**)

TABLA 3 – ÁREAS CORRESPONDIENTES A DISTINTOS RANGOS DE RENTABILIDAD Y A ZONAS EXCLUIDAS DEL ANÁLISIS

Categoría	Franja de 100 km		Franja de 50 km	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Rangos de rentabilidad (US\$/ha/año)				
<= 0	5.732	13%	679	2%
>0 – 50	7.888	17%	5.755	20%
51 – 100	2.353	5%	1.460	5%
101 – 150	1.555	3%	711	2%
151 – 200	1.617	4%	815	3%
201 – 250	1.774	4%	1.185	4%
251 – 300	3.126	7%	2.756	10%
301 – 387	5.583	12%	5.475	19%
Sub-total	29.628	65%	18.836	65%
Zonas excluidas del análisis de costo de oportunidad				
Concesiones mineras	3.886	9%	3.839	13%
Áreas Naturales Protegidas	9.260	20%	5.511	19%
Concesiones de Ecoturismo	399	1%	388	1%
Concesiones de Conservación	1.559	3%	321	1%
Tierras Indígenas	682	2%	0	0%
Sub-total	15.786	35%	10.059	35%
Total	45.414	100%	28.895	100%

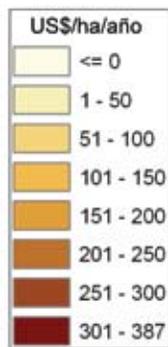
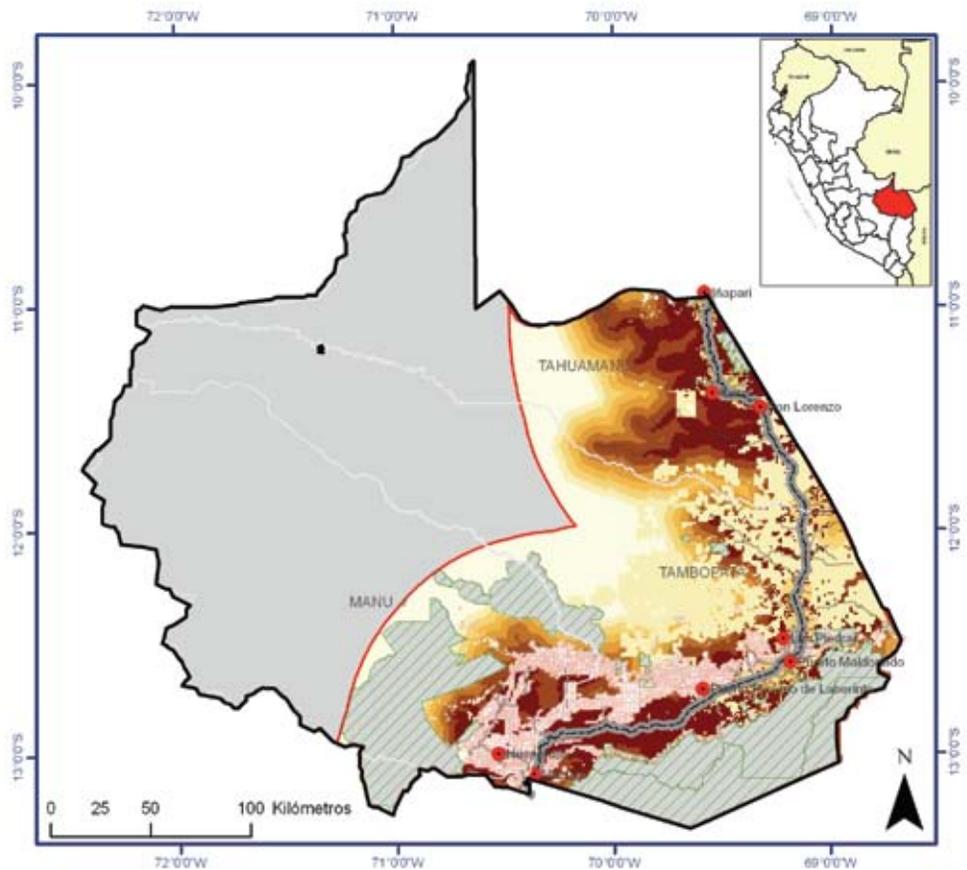


Figura 5 – Costo de oportunidad anual de la tierra

La **Tabla 4** presenta el tamaño y proporción de las áreas identificadas para cada uso en el mapa de CO, tanto para toda la franja de 100 km a cada lado de la IOS, con 45.414 km², como solamente para las áreas con rentabilidad positiva y afuera de las áreas no consideradas³⁸. La actividad económica con mayor posibilidad de expansión en el territorio sería la explotación de madera (**Figura 6**). Un área de aproximadamente 15.000 km², equivalente al 34% del área total analizada, podría ser ocupada por este uso forestal. Dicha expansión forestal sería posible siempre y cuando las productividades promedio consideradas en el estudio se mantengan.

La explotación de castaña, la producción de carne bovina y la producción de maíz tendrían la oportunidad de ocupar el 8%, 6% y 4% del área estudiada, respectivamente (**Tabla 4**). De acuerdo con nuestros resultados, el 91% de la superficie con rentabilidades positivas estaría localizada en áreas cuya cobertura vegetal es bosque primario.

TABLA 4 – ÁREA DE LOS USOS MÁS RENTABLES IDENTIFICADOS

Uso de la Tierra	Área (km ²)	% del área de la franja de 100 km	% del área con CO positivo
Usos no Forestales			
Maíz	1.904	4%	8%
Carne Bovina	2.821	6%	12%
Sub-total	4.725	10%	20%
Usos Forestales			
Madera	15.440	34%	64%
Castaña	3.787	8%	16%
Sub-total	19.227	42%	80%
Total	23.952	52%	100%

En total, los usos forestales (madera y castaña) tendrían un potencial económico de ocupación del 42% del área analizada, contrastando con el 10% para los usos no forestales (pecuaria y maíz). En estos usos se supone una explotación sostenible del bosque y que el uso agropecuario no agota el suelo. Los resultados podrían cambiar si estos supuestos no se cumplen. Por ejemplo, la explotación insostenible de bosques podría causar la expansión de las actividades agropecuarias; mientras que el manejo agrícola inadecuado del suelo podría reducir el área donde esos usos puedan mantenerse rentables.

De acuerdo con nuestras simulaciones, la provincia de Tahuamanu posee un alto potencial de expansión del uso forestal, mientras que el uso no forestal y la minería predominan en la provincia de Tambopata. Por último, la provincia de Manu muestra uso potencial primordialmente minero, seguido del uso forestal.

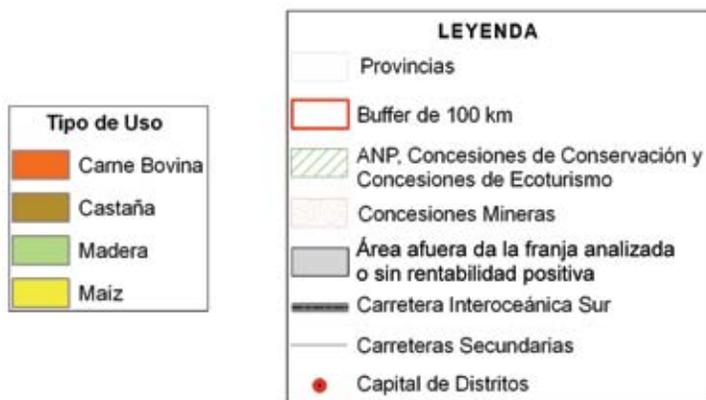
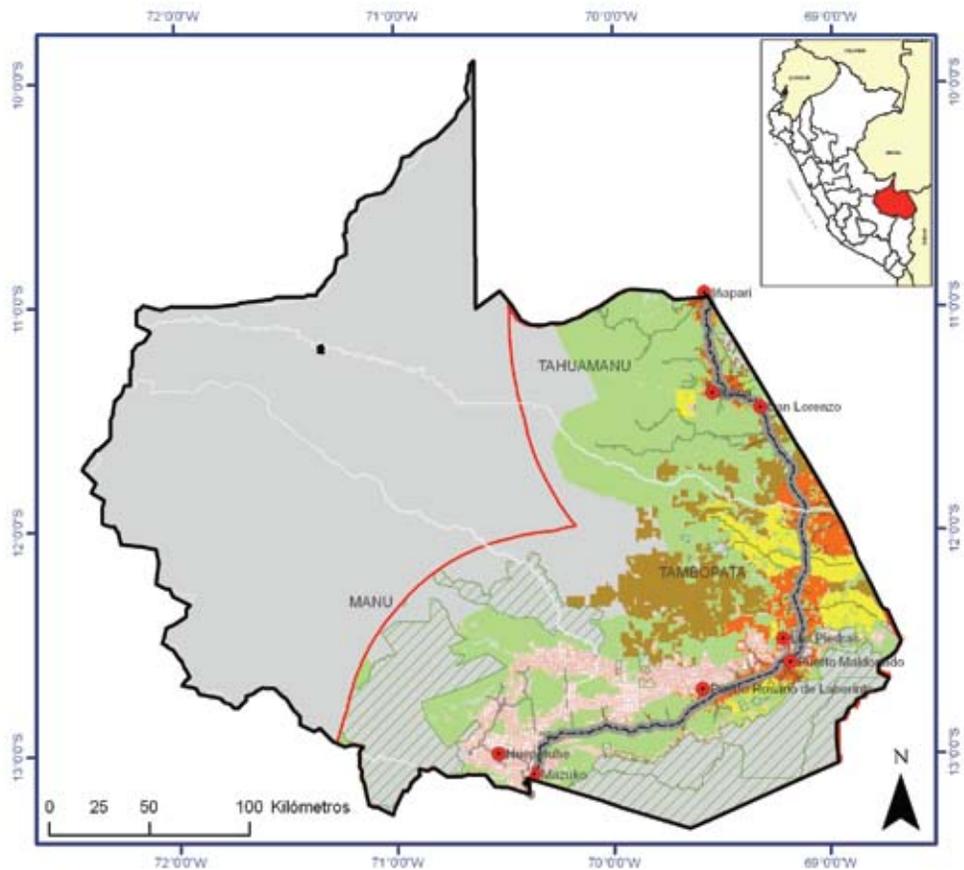


Figura 6 – Ubicación de los usos en función de mayor rentabilidad

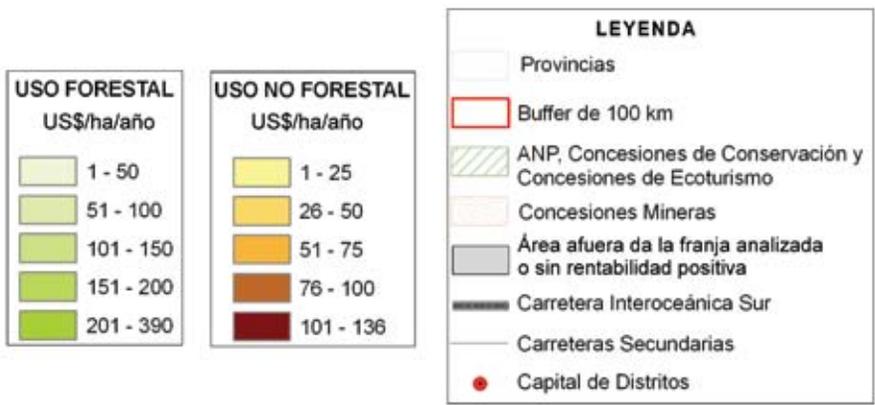
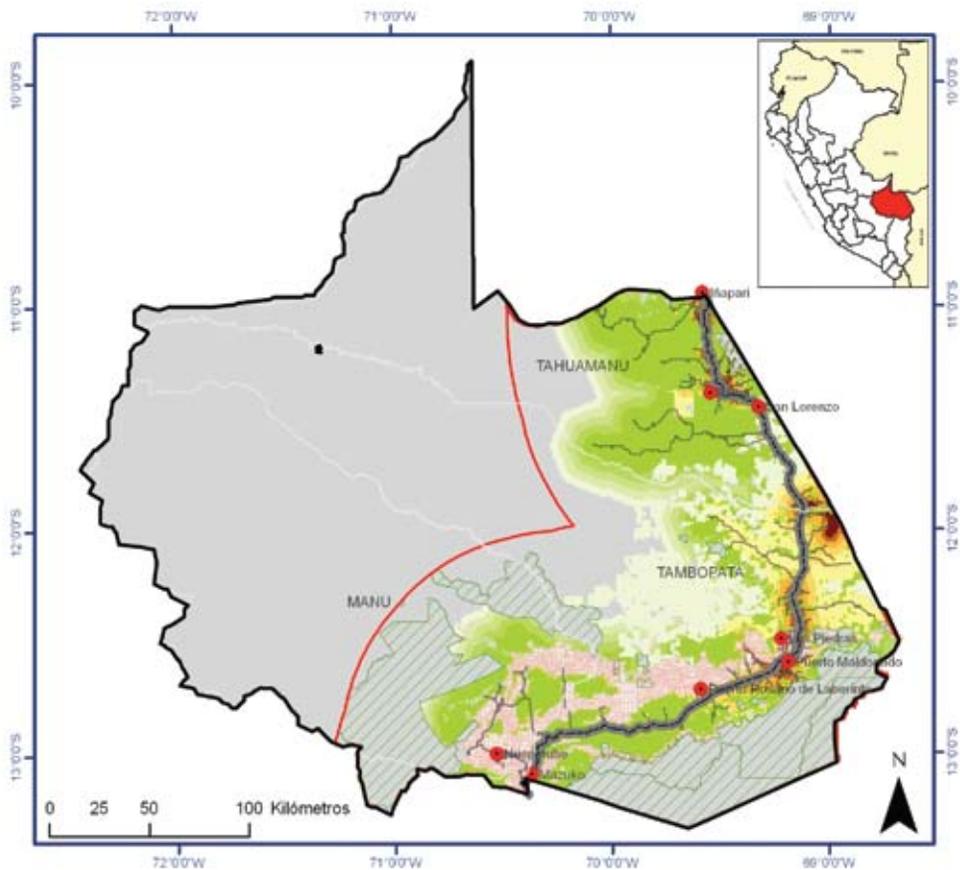


Figura 7 – CO anual de usos forestales y no forestales conforme uso más rentable

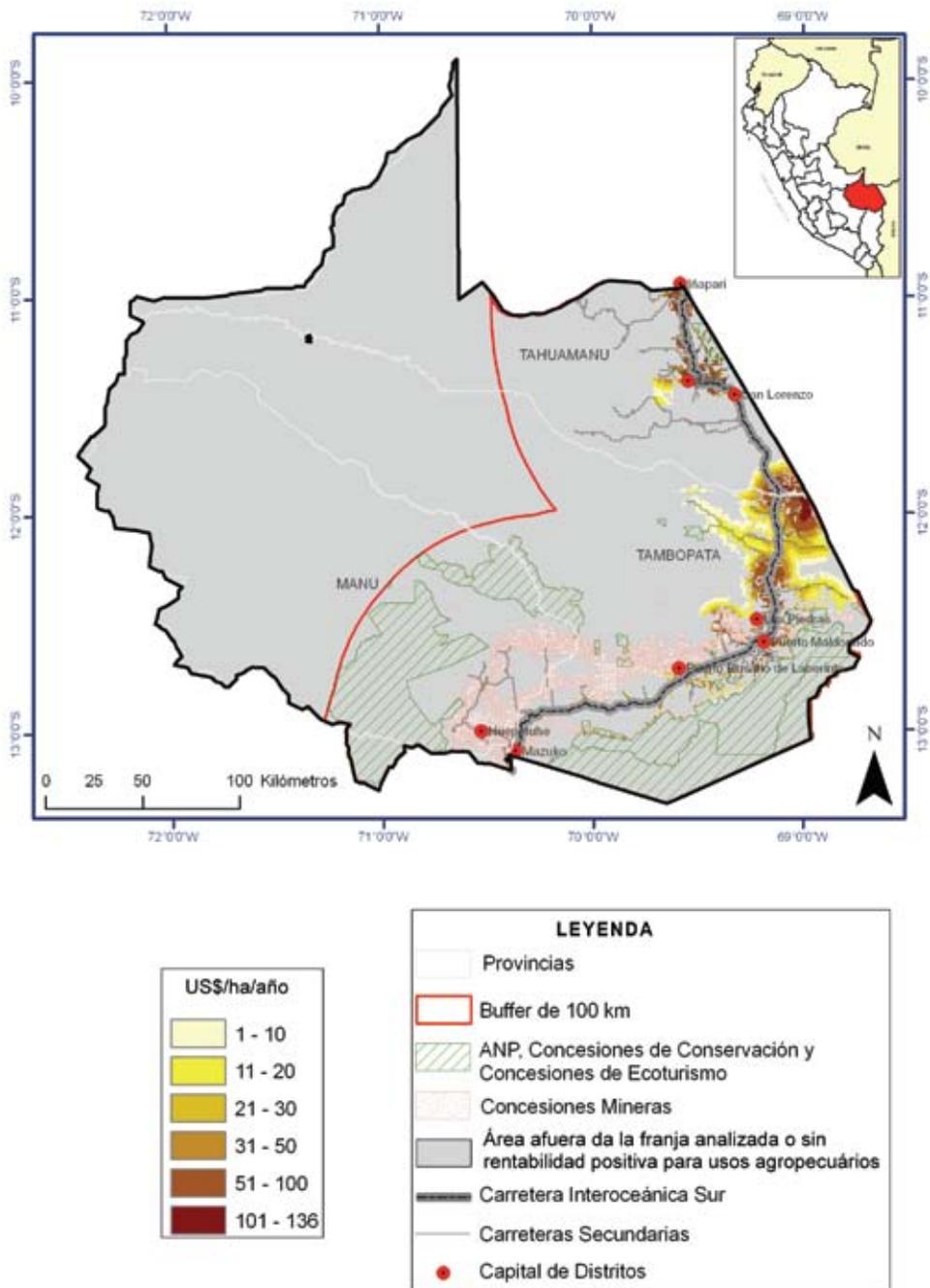


Figura 8 – CO anual en áreas propensas a la deforestación

La **Figura 7** presenta el CO separadamente para usos forestales y no forestales y la **Figura 8** presenta el área propensa a la deforestación. Esta área es equivalente a 3.700 km², u 8% de la franja de 100 km o 13% de la franja de 50km. El área propensa a deforestación se concentra predominantemente hacia el norte de Puerto Maldonado, donde la red de caminos es más amplia, y se sobrepone a concesiones castañeras, inmediatamente al norte de Puerto Maldonado, y a concesiones madereras, alrededor de Iñapari. El área cerca al borde de la Reserva Nacional Tambopata, al sur de Puerto Maldonado, también muestra ser propensa a deforestación. Su rentabilidad varía desde US\$1 hasta US\$136 por hectárea.

Cabe resaltar, sin embargo, que difícilmente toda el área propensa a la deforestación sería convertida a corto plazo, pues eso dependería de que se permitiera la conversión de bosques en las áreas analizadas, de la dinámica socioeconómica local y de la existencia de mercados para absorber la producción. Por otro lado, nuestra afirmación supone que la explotación maderera es sostenible; si eso no se mantiene, se espera un avance adicional de actividades agropecuarias en las áreas donde sean rentables, especialmente áreas entre Iberia e Iñapari y entre Puerto Maldonado y Santa Rosa, ampliando el potencial de deforestación en la región (ver las **Figuras 11 y 12** en el **Apéndice 1**).

Costos de Compensación para Proyectos de Deforestación Evitada

La **Figura 9** presenta el costo de compensación de proyectos de deforestación evitada en US\$/tCO₂/año. Conforme a la **Tabla 5**, 71% de la deforestación podría ser evitada con pagos de hasta \$0,16/tCO₂/año, y prácticamente toda la deforestación (98%) sería evitada con pagos de hasta \$0,64/tCO₂/año. Aplicando una tasa de descuento del 6% a proyectos de 10 años, esto equivaldría a pagos únicos de hasta \$1,18/tCO₂ para reducir la deforestación en 71% del área o pagos de hasta \$4,71/tCO₂, para una reducción del 98% (**Tabla 6**).

TABLA 5 – POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE DEFORESTACIÓN EN PROYECTOS DE DEFORESTACIÓN EVITADA Y COSTO ANUAL UNITARIO MÁXIMO DE COMPENSACIÓN

US\$/tCO ₂ /año	Área (km ²)	%	% acumulativo
0 - 0,16	2639	71,3%	71,3%
0,16 - 0,32	664	17,9%	89,3%
0,32 - 0,64	313	8,5%	97,7%
0,64 - 0,96	50	1,4%	99,1%
0,96 - 1,29	23	0,6%	99,7%
1,29 - 2,64	11	0,3%	100,0%
Total	3700	100%	100%

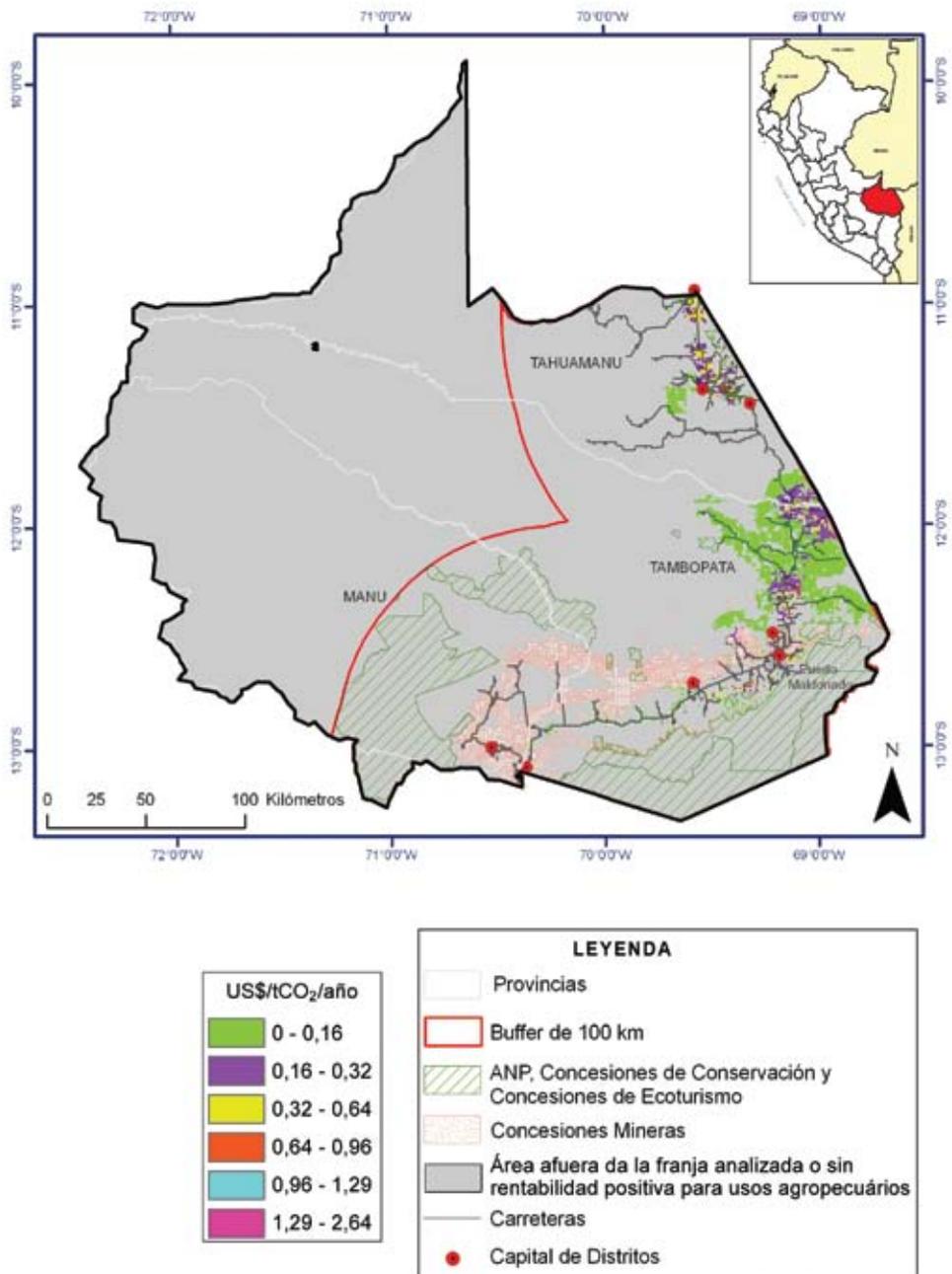


Figura 9 – Costo de compensación para programas de deforestación evitada

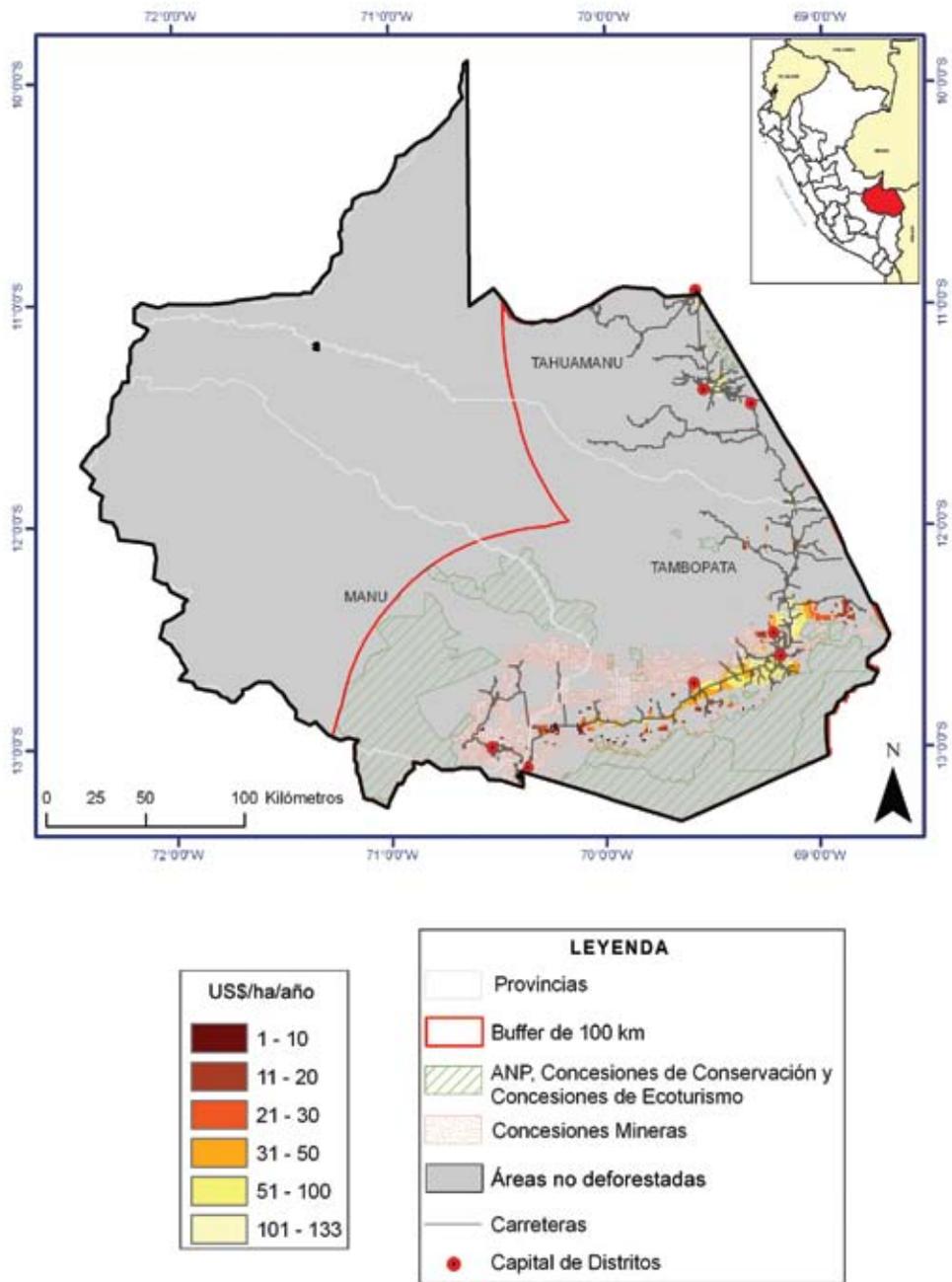


Figura 10 – Rentabilidad de áreas deforestadas

TABLA 6 – COSTO UNITARIO MÁXIMO DE COMPENSACIÓN PARA PROYECTOS DE DEFORESTACIÓN EVITADA EN CONTRATOS DE 10 AÑOS (US\$/tCO₂)

Tasa de descuento	Proporción de la deforestación evitada			
	71%	89%	98%	99%
6%	1,18	2,36	4,71	7,07
10%	0,98	1,97	3,93	5,90

Rentabilidad Mínima de Usos Alternativos de la Tierra

La **Figura 10** presenta la rentabilidad de usos agropecuarios en áreas previamente deforestadas, que se concentran cerca de Puerto Maldonado en el tramo de la IOS hacia Mazuco, y en Iberia. Su área es de 1.197 km² y las rentabilidades varían de US\$1 hasta US\$133 por hectárea. Estas rentabilidades agropecuarias corresponden al valor mínimo que las alternativas económicas propuestas para recuperar las áreas deforestadas deberían alcanzar, a fin de conseguir el interés voluntario de los propietarios rurales en cambiar su uso de la tierra³⁹. Se puede observar que el costo es más alto cerca de Puerto Maldonado en ambos lados de la IOS.

Portafolio Costo-Efectivo de Áreas de Conservación

El análisis de PSC permitió diseñar un portafolio de áreas de conservación que alcanza todas las metas de conservación establecidas, evitando en lo posible que se incluyesen áreas de alto CO. Este portafolio posee un área total de 51.841 Km², o 61% de la región MdD (**Figura 11**). De esa área, 35.541 km² (42% de MdD) ya se encuentran protegidas en parques nacionales, la Reserva Nacional Tambopata, y las concesiones de conservación y ecoturismo. Por lo tanto, para alcanzar todas las metas de conservación definidas tendrían que ser conservados 16.300 Km² adicionales (19% de MdD).

Las áreas adicionales propuestas en el portafolio incluyen dos grandes bloques de bosque en zonas de costo de oportunidad relativamente bajo o nulo. El mayor bloque, en la región central, se sobrepone parcialmente a la Reserva del Estado para Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario, y a zonas de uso forestal maderero y castañero alejadas de la IOS. El otro bloque de mayor tamaño se ubica al sur de MdD, y está incluido en su totalidad en la Zona Reservada Amaraeri.

Los otros bloques son menores y están más dispersos, principalmente cerca de la IOS y de Puerto Maldonado, así como también a lo largo del bajo río Madre de Dios, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Tambopata y en zonas de concesiones castañeras al noroeste de Puerto Maldonado. Algunos de esos bloques se ubican en zonas de costo de oportunidad relativamente alto y propensas a la deforestación. Por esa razón, la conservación de esas áreas puede ser más difícil de alcanzar.



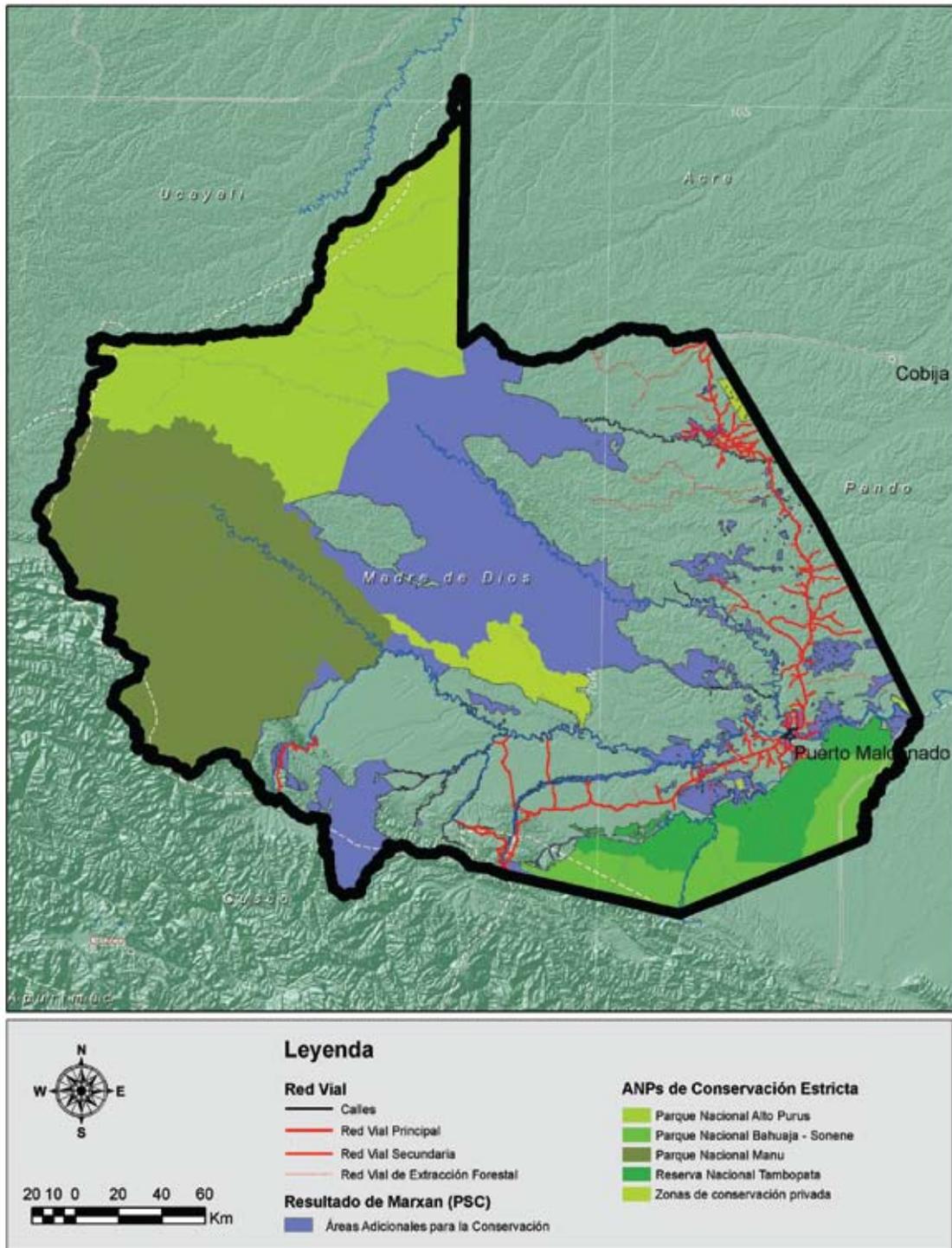


Figura 11 – Portafolio costo-efectivo de áreas de conservación



Discusión y Recomendaciones

Los resultados indican que se pueden alcanzar metas ambiciosas de conservación a un costo de oportunidad relativamente bajo. Las metas de conservación de la biodiversidad analizadas se pueden alcanzar principalmente con el fortalecimiento de la protección y manejo sostenible de áreas bajo manejo indígena (la Reserva Comunal Amarakaeri y Reserva del Estado para Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario), y asegurando que los usos de la tierra en esas zonas sea compatible con la conservación de la biodiversidad.

Otras áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad de menor tamaño, se ubican principalmente en concesiones castañeras y madereras, algunas de ellas bajo riesgo de deforestación por la futura presión de actividades agropecuarias. Esas áreas necesitarán mayores esfuerzos de conservación pues implican un costo de oportunidad más alto.

Por otro lado, solamente el 8% del total del área estudiada es propensa a la deforestación bajo la tecnología y la estructura de precios y costos actuales. La mayor parte de esta área se superpone a concesiones castañeras, lo que implica una amenaza para esa actividad.

Sin embargo, la mayor parte de la deforestación podría ser evitada con la ejecución de proyectos de deforestación evitada a costo relativamente bajo. El análisis demuestra que costaría anualmente entre US\$0,16 y \$0,64 por tonelada de dióxido de carbono para evitar entre el 71% y el 98% de la deforestación que podría ocurrir en los próximos años, respectivamente. Los pagos podrían ser establecidos a través pagos fijos en contratos renegociables y renovables en 10 años, para incluir posteriormente futuros cambios socioeconómicos e institucionales en la región. Esos pagos serían equivalentes a valores entre \$1,18/tCO₂ y \$4,71/tCO₂, dependiendo del área de la deforestación evitada, valores relativamente bajos cuando comparados con los valores practicados recientemente para proyectos de deforestación evitada (REDD) en los mercados voluntarios de carbono, que, a pesar de la alta variabilidad, alcanzan un promedio de \$9,43/tCO₂¹(Hamilton *et al.*, 2009).

Si dichos proyectos fueran realizados en áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad, promoverán beneficios ambientales adicionales a los generados por las emisiones carbono evitadas. Otras áreas, que no sean prioritarias para la conservación y que sean altamente rentables para actividades agropecuarias, podrán ser utilizadas para ese fin con el objetivo preferencial de satisfacer las necesidades de la región.

En lo que se refiere a las amenazas a ANPs, la Reserva Tambopata podría sufrir presiones crecientes de deforestación por ganaderos y agricultores, especialmente en la parte cercana a Puerto Maldonado y a lo largo de su zona de amortiguamiento, entre la carretera IOS y el Río Tambopata. Esto podrá

40 Ese valor refleja el promedio para proyectos de REDD del primer semestre de 2009. Aunque sea un valor de referencia del mercado, abarca una gran variabilidad de contratos.

intensificarse con la expansión de la red de trochas. Por lo tanto, el fortalecimiento de las acciones de protección en esa zona será aun más importante con la conclusión de la IOS.

Esta zona ha experimentado recientemente un crecimiento del sector turístico, que garantiza la protección de alrededor de 50 mil hectáreas a lo largo del Río Tambopata y el Bajo Madre de Dios (Kirkby *et al.*, 2008). Según Kirkby *et al.* (*in prep.*), las empresas de turismo generan a sus propietarios rentabilidades relativamente altas, con un promedio de US\$195/ha/año, si se consideran las propiedades tituladas o concesiones. Sin embargo, las actividades turísticas abarcan áreas de uso más amplias que sus propiedades, lo que implica que su rentabilidad efectiva es menor (US\$30/ha/año, en promedio).

Este valor es cercano a las rentabilidades observadas en esta zona para el maíz, que según nuestras estimaciones podría alcanzar rentabilidades de hasta US\$60/ha/año. Esto podría resultar en conflictos de uso de la tierra, desplazando la actividad turística a las zonas más altas del Río Tambopata en el futuro. Por ello, aunque el sector turístico está en pleno desarrollo, el fortalecimiento y promoción de esta actividad es recomendable como estrategia de minimización de riesgos.

En cuanto a la recuperación de áreas degradadas, las iniciativas de promoción de usos alternativos de la tierra en áreas previamente deforestadas necesitarían compensar por lo menos el costo de oportunidad de los propietarios rurales. Los mapas presentados anteriormente permiten evaluar esos valores mínimos.

Con excepción del cultivo de la soya, este estudio refleja el contexto económico-espacial vigente, en base a costos, precios, inversiones, tecnologías, políticas e instituciones actuales. Dado el dinamismo económico del territorio, es recomendable que estudios como el presente sean elaborados y actualizados con cierta frecuencia, para que las recomendaciones se adapten a cambios en los factores mencionados anteriormente (Meir *et al.*, 2004), especialmente con las nuevas inversiones en infraestructura en la región. Una actualización cada 5 años que acompañe las revisiones de la ZEE sería altamente recomendable. En este contexto, se recomienda la realización de algunos estudios previos listados en el **Apéndice 4**.

En un contexto en el que la competencia por la tierra es creciente, es de suma importancia lograr la conservación de la manera más costo-efectiva posible, promoviendo al mismo tiempo la disminución de los conflictos locales y el ahorro de recursos financieros escasos que pueden usarse en otras prioridades sociales. Se espera que la información suministrada en este documento sirva como herramienta para la formulación de políticas públicas y estrategias que promuevan la conservación de los recursos naturales en Madre de Dios, e incentiven su uso racional⁴¹.

41 La base de datos generada en este estudio está disponible públicamente, y permite a los actores regionales formular estrategias distintas a partir de los valores y elementos de conservación que prioricen; y diseñar modelos alternativos de costo de oportunidad que atiendan sus prioridades.



Referências

- ACCA (2008). Información sobre beneficiarios de ACCA a los que se les realizó sus POAS 2008 para aprovechamiento de castaña.
- ADLER, H. (1978). Avaliação econômica dos projetos de transportes. Metodologia e exemplos. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, RJ. 171 p..
- AGUILAR, V. A. Y. (2007). La demanda y comparación de los precios de la carne (Perú). Disponible en: [<http://www.monografias.com/trabajos45/demanda-carne-peru/demanda-carne-peru2.shtml>].
- ALENCAR, A. *et al.* (2005). A pavimentação da BR-163 e os desafios à sustentabilidade: uma análise econômica, social e ambiental. Conservation Strategy Fund, Belo Horizonte, Brasil, 29 p..
- ANDO, A. *et al.* (1998). Species distributions, land values, and efficient conservation. *Science*, 279(5359):2126-2128.
- ARIMA, E. *et al.* (2005). Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 76p.
- BALDOVINO, S. *et al.* (2009) “Hacia la construcción de una nueva visión de la Amazonía”. *Revista Argumentos Año 3, N°3, Julio 2009*. Instituto de Estudios Peruanos, Lima.
- BALL, I. R., *et al.* (2009). Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritisation. IN: Moilanen, A., Wilson, K.A. & H. Possingham. *Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools*. Eds. Oxford University Press, Oxford, UK.
- BATEMAN, I. *et al.* (2003). *Applied environmental economics: a GIS approach to cost-benefit analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 335 p..
- BELLI, P. *et al.* (2001). *Economic analysis of investment operations: analytical tools and practical applications*. World Bank, Washington. 264 p..
- BINSWANGER, H. (1991). Brazilian policies that encourage deforestation in the Amazon. *World Development*, 19(7):821-829.
- BRANDÃO JR, A. *et al.* (2007). Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE*, p. 2357-2364.
- CÁCERES-VEGA, F. (2000). Estudio de los Impactos Actuales y Potenciales Debido a Inmigración Reciente a la Zona de Influencia del PN-ANMI Madidi. CARE.
- CAMERON, S. *et al.* (2008). Efficiency and concordance of alternative methods for minimizing opportunity costs in conservation planning. *Conservation Biology*, 22(4): 886-896.
- CARWARDINE, J. *et al.* (2008a). Avoiding costly conservation mistakes: the importance of defining actions and costs in spatial priority setting. *PloS ONE*, 3 (7): e2586.
- CARWARDINE, J., *et al.* (2008b). Cost-effective priorities for global mammal conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (32):11446-11450.
- CHAN, K. *et al.* (2006). Conservation planning for ecosystem services. *PLoS Biology*, 4(11):e379+.

- CHOMITZ, K., *et al.* (2005). Opportunity costs of conservation in a biodiversity hotspot: the case of southern Bahia. *Environment and Development Economics*, 10 (3): 293-312.
- COOPERACIÓN (2009). Estudio Diagnóstico de la Actividad Minera Artesanal en Madre de Dios. Borrador Final de Trabajo. Cáritas/Conservación Internacional. Puerto Maldonado.
- DOUROJEANNI, M. (2006). Estudio de caso de la carretera Interoceánica en la Amazonía sur de Perú. Bank Information Center, Perú. Disponible en: [<http://www.bicusa.org/proxy/Document.100135.aspx>].
- EMBRAPA (2002). Estimativa do custo de produção de soja, safra 2002/03. Comunicado Técnico 123.
- EVA, H. *et al.* (2002). A Vegetation Map of South America. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 29 pp.
- FAS (2008). The Juma Sustainable Development Reserve Project: Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in the State of Amazonas, Brazil. Project Design Document. Fundação Amazônia Sustentável, Manaus/AM. Version 3.0. 117 p..
- FERNÁNDEZ, L. (2009). Diagnóstico de los impactos integrados de la carretera Interoceánica Sur en la región de Madre de Dios. Wildlife Conservation Society, Lima, Peru. 75 p..
- FLECK, L. C. (2009). Eficiência econômica, riscos e custos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319. Série Técnica No. 17. Conservação Estratégica, Brasil. 88 p.. Disponible en: [http://conservation-strategy.org/files/CSF_Eficiencia_economica_BR319.pdf].
- FLECK, L. C. *et al.* (2007). Carreteras y áreas protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la Amazonía Boliviana. Serie Técnica No. 12. Conservation Strategy Fund do Brasil: Belo Horizonte, Brasil. 74 p.. Disponible en: [http://conservation-strategy.org/files/Fleck_Carreteras_Norte_Bolivia.pdf].
- FLECK, L. *et al.* (2006). Una carretera a través del Madidi: un análisis económico-ambiental. Conservation Strategy Fund. 95p.. Disponible en: [<http://www.conservation-strategy.org>].
- FONDEBOSQUE (2006). Informe preliminar de caracterización de la cadena productiva de la castaña. Proyecto: fortalecimiento de la cadena productiva de la castaña en la región de Madre de Dios.
- FONDO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIAL (2006). Mapa de Pobreza Departamental de Foncodes 2006, con Indicadores Actualizados con el Censo del 2007. Disponible en: [http://www.foncodes.gob.pe/mapapobreza/docs/MAPA_DE_POBREZA_2007.xls].
- GUIMARÃES, A. & C. UHL (1998). O Transporte Rural na Amazônia Oriental: Limites, Opções e Oportunidades. Belém, IMAZON: 28 pp. (Série Amazônia, n.12).
- GULLISON, R. *et al.* (2007). Tropical forests and climate policy. *Science*, 316(5827): 985-986.
- HIDALGO, J. (2003). Estado de la Situación Forestal en el Perú. En: Perú: El Problema Agrario en Debate/SEPIA X. Lima.
- HOUGHTON, R. A. *et al.* (2000). Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature* 403, 301–304.
- IIAP-POA-UIGT (2008). Zonificación ecológica y económica del Departamento de Madre de Dios. Base SIG.

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2006). Compendio Estadístico de Madre de Dios. Puerto Maldonado.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2008). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Perú: resultados definitivos. Lima.
- ISRIC - The International Soil Reference and Information Centre (1998). A Soils and Terrain Digital Database for Latin and Central America and the Caribbean (SOTERLAC). Disponible en: [<http://www.isric.nl>].
- JOSSE, C. & J. HAK (2009). Aplicación de la herramienta VISTA en la zonificación y conservación de Madre de Dios, Perú. NatureServe, IIAP y Gobierno Regional de Madre de Dios. 25 p.
- KILLEEN, T. (2007) Una tormenta perfecta en la Amazonia: desarrollo y conservación en el contexto de la IIRSA. AABS 7. Conservación Internacional, Arlington, EUA. 105 p.. 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].
- KIRKBY, C. *et al.* (in prep.). Ecotourism finances biodiversity protection in the Peruvian Amazon.
- KIRKBY, C. *et al.* (2008). Ecotourism finances biodiversity protection in the Peruvian Amazon. Artículo presentado en la Reunión Anual del International Congress for Conservation Biology, Convention Center, Chattanooga, TN, Jul 10, 2008. Disponible en: [http://www.allacademic.com/meta/p243731_index.html].
- KLEIN, C. *et al.* (2008). Striking a balance between biodiversity conservation and socioeconomic viability in the design of marine protected areas. *Conservation Biology*, 33: 691–700.
- MARGULES, C. & B. PRESSEY (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243-253.
- MCBRIDE, M. *et al.* (2007). Incorporating the effects of socioeconomic uncertainty into priority setting for conservation investment. *Conservation Biology*, 21(6):1463-1474.
- MEIR, E. *et al.* (2004). Does conservation planning matter in a dynamic and uncertain world? *Ecology Letters*, 7(8): 615-622.
- MINAG (2008). Cuadro de información agrícola de Madre de Dios.
- MINAG-DGIA (2008). El maíz en tiempos de precios altos. *AgroData-CEPES, la Revista Agraria / 92*. Disponible en: [<http://www.cepes.org.pe/revista/r-agra92/LRA92-02.pdf>].
- MINAG-INRENA-IFFS-CIF (2008). Perú forestal en números año 2007.
- MITTERMEIER, R. *et al.* (1998). Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 12(3):516-520.
- MUELLER, C. (2007). Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Brasília, DF: Editora UNB. 561 p..
- NAIDOO, R. & T. IWAMURA (2007). Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: Implications for conservation priorities. *Biological Conservation*, 140(1-2):40-49.
- NAIDOO, R. & T. H. RICKETTS (2006). Mapping the economic costs and benefits of conservation. *PLoS Biology*, 4 (11):e360+.

- NAIDOO, R. *et al.* (2006). Integrating economic costs into conservation planning. *Trends in Ecology & Evolution*, 21 (12): 681-687.
- NASA, NCEP and NCAR – National Aeronautics and Space Administration, National Center for Environmental Modeling and National Center for Atmospheric Research (2004). Climate Daily Data (1995-1996). Disponible en: [<http://dss.ucar.edu/pub/reanalysis/>].
- NATURESERVE (2009). Application of NatureServe Vista in Land Use and Conservation Planning in Madre de Dios. Project Report. (reporte no publicado).
- NELSON, G., V. HARRIS & S. W. STONE (1999). Spatial Econometric Analysis and Projection Evaluation: Modeling Land Use Change in the Darién. Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department, Environment Division., Washington D.C.
- PERZ, S. *et al.* (2007). Socio-spatial processes of unofficial road-building in the Amazon: socioeconomic and biophysical explanations. *Development and Change*, 38: 529–551.
- PIERCE, S. *et al.* (2005). Systematic conservation planning products for land-use planning: Interpretation for implementation. *Biological Conservation*, 125(4): 441-458.
- POLASKY, S. (2008). Why conservation planning needs socioeconomic data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 6505-06.
- RAPP, K., MEGO, A. & ESCAMILO, L. (2008). Proyecto Carretera Interoceánica Sur. Bank Information Center. Disponible en: [<http://www.bicusa.org/es/Project.10312.aspx>].
- 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. *Conservation Biology*, 19(3):740-746.
- SAATCHI, S. *et al.* (2007). Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin, *Global Change Biology*, 13(4), 816-837.
- SARKAR, S. *et al.* (2006). Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1):123-159.
- SINDEN, J. (2004). Estimating the opportunity costs of biodiversity protection in the Brigalow Belt, New South Wales. *Journal of Environmental Management*, 70(4):351-362.
- SMITH, R. *et al.* (2006). Systematic conservation planning: a review of perceived limitations and an illustration of the benefits, using a case study from Maputaland, South Africa. *Oryx*, 40, 400-410.
- SOARES-FILHO, B. *et al.* (2004). Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. *Global Change Biology*, 10(5): 745-764.
- SOARES-FILHO, B. S. *et al.* (2006). Modelling conservation in the Amazon Basin. *Nature*, 440: 520–523.
- STONE, S. W. (1998). Using a Geographic Information System for Applied Policy Analysis: the Case of Logging in the Eastern Amazon. *Ecological Economics* 27(1): 43-61. 1998/10.

SUPERINTENDENCIA DE BANCA Y SEGUROS – SBS (2000?). Reportes de crédito agropecuario y tasas de interés, 1990-1999.

USDA – U.S. Department of Agriculture (1983-2005). World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE). USDA, Office of the Chief Economics. Disponible en: [<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/usda.html>].

VERA-DIAZ, M.D.C., KAUFMANN, R., NEPSTAD, D., & SCHLESINGER, P. (2008). An Interdisciplinary Model of Soybean Yield in the Amazon Basin: the Climatic, Edaphic, and Economic Determinants. *Ecological Economics*, 65(2): 420-431.

WILSON, K. *et al.* (2007). Conserving biodiversity efficiently: what to do, where, and when. *PLoS Biology*, 5(9):e223+.



Apéndices

Apéndice 1 – Análisis espacial de rentabilidad del uso de la tierra

En este apéndice se presenta en detalle la metodología adoptada en el análisis de productividad y rentabilidad de los usos de la tierra.

Modelos económico-espaciales de productividad

Modelo de productividad de pecuaria (carne)

Para el caso del modelo econométrico de pecuaria fueron obtenidas 72 observaciones utilizables de las entrevistas de campo efectuadas a ganaderos de la región¹ (Figura 1), y un total de 117 variables para ser verificadas en modelos de productividad de carne por hectárea de pasto. La serie de datos incluye variables económicas tales como productividad, área de pasto, compras, ventas, densidad pecuaria, insumos, mano de obra, inversiones en maquinaria e infraestructura y crédito; variables físicas y climáticas tales como precipitación, propiedades del suelo y relieve; y variables espaciales construidas usando sistemas de información geográfica (SIG) tales como distancia de las propiedades agrícolas a las carreteras, a los ríos y a los centros poblados; y por último, costos de transporte.

Se estimaron y analizaron diferentes modelos de regresión múltiple de productividad de la pecuaria, considerando las variables económicas, físicas, climáticas y espaciales que, según la teoría, son determinantes de la productividad. Los parámetros usados para seleccionar el mejor modelo de productividad de pecuaria por hectárea de pasto fueron la significancia estadística y el poder explicativo, como se especifica en la **Ecuación 1**:

$$\text{Carne_Prod}_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Insumos})_i + \beta_2 \text{Densidad}_i + \beta_3 \text{Precipitación}_i + \beta_4 \ln(\text{Inversión})_i + \beta_5 \text{Dist_carretera}_i + u_i$$

Donde, *Carne_Prod* es la productividad de la carne bovina (kilogramos por hectárea de pasto) para el propietario *i*; *ln(Insumos)* es el logaritmo natural del valor de los insumos incluyendo sal, concentrados, vermícidias, etc. (en Soles por hectárea de pasto) para el propietario *i*; *Densidad* es el número de unidades animales² por hectárea de pasto (UA/ha) para el propietario *i*; *Precipitación* es el promedio mensual de lluvia (mm) en el período 1996-2001 encontrado para la propiedad *i*; *ln(Inversión)* es el logaritmo natural del valor de las inversiones en maquinaria e infraestructura (Soles por hectárea de pasto) para el propietario *i*; *Dist_carretera* es la distancia de la propiedad rural a la carretera afirmada más cercana (km) para el propietario *i*; y *u* es el error de la regresión.

- 1 Se realizó un diseño muestral que, sobre la base de las declaraciones juradas de los productores ganaderos para cada distrito, consideró solamente productores con más de cincuenta cabezas. Bajo este criterio la muestra es representativa de una ganadería de mediana escala, descartando a los productores que realizan una ganadería de muy pequeña escala (menos de 50 cabezas). Así, obtuvimos una muestra, al 90% de confianza y 10% de grado de error, de 96 productores ganaderos.
- 2 El número de cabezas en el rebaño fue convertido a unidades animales (UA) usando factores de conversión suministrados por Pablo Pacheco (*comentario personal*).

Los resultados de la regresión de productividad de carne por hectárea de pasto son especificados en la **Tabla 1**. En esta regresión el conjunto de variables climáticas, físicas, económicas y espaciales explica el 44% de variación de la productividad de la carne en la muestra analizada (72 observaciones). Las variables independientes insumos, densidad animal, precipitación e inversión son significantes al 5% mientras que la variable distancia a la carretera afirmada es significativa al 13% (**Tabla 1**).

Los signos de los coeficientes para cada una de las variables independientes son consistentes con la teoría. En el caso de la variable insumos es esperado que un mayor gasto en sal, concentrados, vermícidias y otros insumos aumente la producción de carne por hectárea de pasto. Alta inversión en maquinaria e infraestructura también lleva a un incremento en la productividad de carne. Mayor precipitación³ tiene un efecto positivo en la producción de pastizales y por tanto en la productividad de carne. Contrariamente, una mayor distancia a las carreteras afirmadas debe dificultar el acceso a insumos y la venta de la producción final, generando un efecto negativo en la productividad de la carne.

Los valores de productividad de carne por hectárea fueron predichos para toda el área de estudio mediante la implementación de la **Ecuación 1** y usando una nueva serie de datos (**Figura 2**). En el caso de las variables insumos, densidad animal e inversiones se usaron valores promedio de acuerdo con los datos obtenidos en las entrevistas.

TABLA 1 – RESULTADOS DE LA REGRESIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA CARNE EN KILOGRAMOS POR HECTÁREADE PASTO (LN CARNE_PROD)

Variables Independientes	Coefficiente	Estadística t	Signif.
Constante	-3,99	-1,69	0,09
ln Insumos	0,16	2,08	0,03
Densidad	0,23	1,95	0,05
Precipitación	0,04	2,11	0,03
ln Inversión	0,20	2,34	0,01
Dist_carretera	-0,06	-1,48	0,13

De acuerdo con los resultados, la productividad máxima de carne en el área de estudio llegaría a 45 kilogramos por hectárea de pasto (**Figura 2**). La ganadería se muestra como una actividad viable a lo largo de toda la carretera IOS; sin embargo, la productividad es más elevada en las áreas próximas a las capitales de los distritos y especialmente, a la ciudad de Puerto Maldonado. En general, la productividad de la carne es mayor en las áreas localizadas a una distancia de tres kilómetros a cada lado de la IOS. No obstante, los bajos valores de productividad reflejan el tipo de ganadería existente en la región, la cual se caracteriza por ser practicada de manera extensiva, con un bajo nivel de tecnología y de capital.

3 El estudio de Arima *et al.* (2005) señala que la pecuaria más productiva en la región amazónica brasileña tiende a localizarse donde existe una buena distribución de las lluvias, por encima de 1.600 mm-año y abajo de 2.200 mm-año.

Modelo de productividad de maíz

De las entrevistas aplicadas a los agricultores en campo fueron obtenidas 92 observaciones utilizables en este estudio⁴ (Figura 3). Un total de 65 variables, identificadas como determinantes para el cálculo de la productividad, fueron verificadas en diferentes modelos econométricos de productividad del maíz. Entre estas variables se encuentran: área plantada y cultivada; ventas; insumos; mano de obra; ingresos; educación; precipitación; propiedades del suelo; relieve; costos de transporte y distancia de las propiedades agrícolas a las carreteras, ríos y centros poblados.

El análisis comparativo de los diferentes modelos estimados de productividad, considerando la significancia estadística y el poder explicativo, nos llevó a la selección del modelo de productividad del maíz especificado en la Ecuación 2:

$$\text{Maíz_Prod}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Semillas}_i + \beta_2 \text{Precipitación}_i + \beta_3 \text{Ingresos}_i + \beta_4 \text{Manejo}_i + \beta_5 \text{pH}_i + u_i$$

Donde, *Maíz_Prod* es la productividad del maíz (kilogramos por hectárea de pasto) para el propietario *i*; *Semillas* es la cantidad de semillas aplicadas (kg por hectárea plantada) para el propietario *i*; *Precipitación* es el promedio anual de lluvia (mm) en el periodo 1996-2001 para el propietario *i*; *Ingresos* es el valor de los ingresos anuales (Soles) para el propietario *i*; *Manejo* es el valor pagado por mano de obra destinada al manejo del cultivo (Soles por hectárea) para el propietario *i*; *pH* es el índice de acidez del suelo encontrado en la propiedad *i*; y *u* es el error de la regresión.

Los resultados de la regresión de productividad de maíz por hectárea plantada son especificados en la Tabla 2. El conjunto de variables independientes explica el 52% de los cambios en la productividad del maíz. Todas las variables son estadísticamente significantes al 1% y tienen un efecto positivo en la productividad del maíz (Tabla 2). Esto quiere decir que una mayor aplicación de semillas genera una alta productividad por hectárea plantada. Una mayor ocurrencia de lluvias también incrementa la productividad, ya que la planta de maíz es bastante sensible a la escasez hídrica en todas las fases de su desarrollo.

Para el caso de los ingresos, una mayor disponibilidad de recursos monetarios permite al agricultor la aplicación adecuada de insumos y tecnologías que elevan la productividad del cultivo de maíz. Los mayores gastos en mano de obra para manejo permiten un mejor acompañamiento del cultivo y resolver dificultades que podrían afectar negativamente la productividad. Por último, los suelos básicos con pH más elevado son más apropiados para el cultivo de maíz, aumentando la productividad.

Los valores de la productividad del maíz por hectárea plantada fueron predichos para toda el área de estudio mediante la implementación de la Ecuación 2 y usando una nueva serie de datos (Figura 4). Para las variables semillas, ingresos y manejo fueron empleados los valores promedios de cada distrito, de acuerdo con los datos levantados en campo.

4 Para el caso del maíz, por falta de información acerca del universo de productores no se realizó un diseño muestral representativo. Sin embargo se recogió un elevado número de encuestas por distrito con miras a construir básicamente la estructura de costos de producción. Si bien la información recogida no tiene representatividad estadística por algún estrato (tamaño de finca, composición de ingreso familiar, otro), esto no invalida el análisis espacial de costos de oportunidad de uso del suelo.

Conforme a los resultados, la productividad del maíz oscilaría entre 278 y 1.750 kilogramos por hectárea plantada en el área de estudio (Figura 4). Un rendimiento mayor a 1.500 kilogramos por hectárea plantada es encontrado en los distritos de Iñapari e Iberia. No obstante, este rendimiento es bastante bajo en comparación al valor promedio nacional estimado en 3.962 kilogramos por hectárea (Minag-DGIA, 2008).

TABLA 2 – RESULTADOS DE LA REGRESIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ POR HECTÁREA PLANTADA (MAÍZ_PROD)

Variables Independientes	Coficiente	Estadística t	Signif.
Constante	-4232,35	-2,69	0,01
Semillas	38,42	4,09	< 0,01
Precipitación	2,29	2,67	0,01
Ingresos	0,11	6,67	< 0,01
Manejo	1,17	2,72	0,01
pH	179,21	2,78	0,01

La baja productividad del maíz en el área de estudio está asociada a la pequeña escala de producción en que la actividad es practicada, y al exiguo nivel de mecanización y uso de insumos por parte de los agricultores locales. En general, la actividad agrícola a lo largo de la carretera IOS es realizada por pequeños agricultores mediante la práctica de roza, tumba y quema del bosque.

Modelo de productividad de soya

En este estudio fue usado el modelo interdisciplinario de productividad de la soya publicado por Vera-Diaz *et al.* (2008), para simular una posible expansión de este cultivo en el área de estudio, considerando la conclusión de la pavimentación de la carretera IOS. Actualmente, el cultivo de soya es prácticamente inexistente en la región.

El modelo de productividad de soya integra determinantes climáticos y físicos de productividad junto con un modelo de regresión múltiple que simula determinantes económicos y espaciales. Este modelo fue originalmente desarrollado para predecir la expansión de soya en la Amazonía brasileña. El modelo de regresión está determinado por la **Ecuación 3**:

$$Soya_Prod_i = \beta_0 + \beta_1 MCultivo_i + \beta_2 TCost_i + \beta_3 Crédito_i + \beta_4 \ln(Fertil)_i + \beta_5 Lat_i + \beta_6 Long_i + u_i$$

Donde, *Soya_Prod* es la productividad de la soya expresada en kilogramos por hectárea; *MCultivo* es la productividad media en kilogramos por hectárea estimada por el modelo de simulación de la fenología del cultivo de soya (SOYBEAN); *TCost* es el menor costo de transporte de soya calculado desde las áreas productoras hasta el puerto de exportación (US\$ por tonelada); *Crédito* es el crédito total obtenido por los agricultores rurales por hectárea plantada (US\$ por hectárea); *ln(Fertil)* es el logaritmo natural del valor de los fertilizantes (US\$ por hectárea), el cual es calculado usando las

variables instrumentales edáficas⁵, pH y profundidad de la raíz; *Lat* es la latitud utilizada como *proxy* del fotoperiodo; *Long* es la longitud; y *u* es el error de la regresión.

Los resultados de la regresión estimada por Vera-Diaz *et al.* (2008) son presentados en la **Tabla 3**. El poder explicativo del modelo de productividad de la soya es del 48% y la mayoría de las variables económicas, físicas, climáticas y espaciales son estadísticamente significantes al 1%. Todos los coeficientes tienen signos consistentes con la teoría.

TABLA 3 – RESULTADOS DE LA REGRESIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA SOYA POR HECTÁREA PLANTADA (SOYA_PROD)

Variables Independientes	Coeficiente	Estadística t	Signif.
Constante	-4113,26	-3,27	< 0,01
ln Fertil	214,96	2,51	0,01
MCultivo	0,07	2,50	0,01
TCost	-5,08	-3,25	< 0,01
Credito	1,57	3,05	< 0,01
Long	99,72	3,05	< 0,01
Lat	47,89	1,68	0,09

La regresión de productividad de la soya estimada por Vera-Diaz *et al.* (2008) fue implementada con una nueva serie de datos del área de estudio para obtener un mapa de productividad potencial del cultivo en la región después de concluida la pavimentación de la carretera IOS (**Figura 5**). En dicha simulación, la variable costos de transporte fue calculada usando la metodología del menor costo acumulado en SIG, la cual es explicada con más detalle en la próxima sección de este apéndice.

En el caso de la variable crédito fue empleado el valor promedio nacional en 2007 de US\$ 25 por hectárea (Superintendencia de Banca y Seguro, 2000?). Los valores de los fertilizantes fueron estimados con datos del área de pH y profundidad de la raíz (ISRIC, 1998), de acuerdo con la metodología de regresión instrumental. La variable MCultivo, que captura la influencia de las condiciones climáticas en el desarrollo fenológico de la planta de soya, fue estimada usando datos locales de clima, temperatura y radiación solar (NASA/NCEP/NCAR, 2004).

Adicionalmente, se impuso una restricción a la productividad de soya considerando que la actividad sólo sería viable en áreas con relieve plano y de gran extensión a lo largo de la IOS. Estas condiciones son determinantes para mono-culturas que requieren un alto nivel de mecanización y una gran escala de producción, como es el caso de la soya.

De acuerdo con la simulación, se podrían alcanzar altas productividades de soya en el distrito de Inambari, donde existen grandes extensiones de tierra con superficie plana y con características físicas y edáficas adecuadas para este cultivo. Sin embargo, vale la pena mencionar que la soya es un cultivo que

5 Para más detalles sobre las variables instrumentales usadas en el cálculo del valor de los fertilizantes consultar Vera-Diaz *et al.* (2008).

demanda altas inversiones en capital y tecnología, así como la instalación de silos y centros de compra de multinacionales que se encargan de la comercialización del grano. Estos factores de producción son escasos en el área de estudio y limitarían en principio la expansión de soya.

Análisis de la productividad de los usos forestales

En este estudio no se elaboraron modelos de productividad para las actividades de explotación de madera y castaña. No obstante, se obtuvo información secundaria de productividad en las concesiones forestales y castañeras, principalmente de empresas madereras y castañeras, del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), del Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal (FONDEBOSQUE), de la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) y del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

De acuerdo con estas fuentes, la productividad promedio de la explotación de madera en las concesiones forestales es de 4 m³ de madera rolliza por hectárea (información suministrada por Jose Luis Canchaya, de la Maderera Río Acre S.A.C. – MADERACRE). La productividad promedio de la explotación de castaña alcanza 0,015 toneladas por hectárea en las concesiones castañeras (ACCA, 2008). Este estudio se basa en la premisa de que no existe explotación de madera en áreas de concesiones castañeras, como lo indica la legislación ambiental.

Análisis de la rentabilidad potencial de los diferentes usos de la tierra

En este estudio se usó el enfoque de la rentabilidad para simular usos alternativos de la tierra a lo largo de la carretera IOS, considerando la conclusión de su pavimentación. La rentabilidad puede ser definida como la diferencia entre los ingresos generados por una actividad económica (productividad * precio) menos los costos de producción y de transporte.

Valores de productividad, costos de producción y precios

Los valores predichos por los modelos de productividad de pecuaria, maíz y soya fueron utilizados para estimar la rentabilidad potencial asociada con los diferentes usos de la tierra. Para dicha estimación fueron usados valores promedios de costos de producción de pecuaria (US\$61/ha) y maíz (US\$205/ha), levantados en las encuestas aplicadas en el área de estudio. Para la soya se asumió un costo de producción promedio de US\$300 por hectárea conforme las estadísticas brasileras (EMBRAPA, 2002). Igualmente, se usaron valores promedios de precios pagados al productor⁶ para cada uno de estos tres productos.

En el caso de los usos forestales se usaron los valores promedios de productividad, costos de producción y precios estimados para las concesiones de madera y castaña. Para la explotación maderera fue utilizada una productividad total de 4 m³ por hectárea⁷; un costo de producción promedio de US\$ 38/m³ para madera rolliza y US\$78/m³ para madera aserrada (información suministrada por Jose Luis Canchaya, de MADERACRE); y precios promedios de US\$81/m³ para madera rolliza y US\$275/m³ para madera

6 En el caso del maíz se utilizó el precio promedio pagado al productor de US\$166 por tonelada durante el período 2005-2007 (MINAG, 2008). Para la carne se utilizó el precio promedio de mercado de US\$4.473 por tonelada estimado por Aguilar (2007). En el caso de la soya fue usado el precio promedio pago al productor de US\$212 por tonelada entre 1983 y 2005 (USDA, 1983-2005)

7 En el análisis se utilizó el supuesto de que una hectárea de bosque produciría 2.6 m³ de madera rolliza y 1.4 m³ de madera aserrada, para un total de 4 m³/ha. Esta proporción fue definida considerando que la producción maderera en MdD es 66% rolliza y 34% aserrada (MINAG-INRENA-IFFS-CIF, 2008).

aserrada (MINAG-INRENA-IFFS-CIF, 2008). El área analizada incluye las concesiones madereras y áreas donde actualmente ocurre la extracción informal de madera (IIAP-POA-UIGT, 2008).

Para la extracción de castaña se utilizó una productividad promedio de 0.015 toneladas por hectárea (ACCA, 2008), un costo de producción promedio de US\$292 por tonelada y un precio promedio de la castaña en cáscara de US\$548 por tonelada (FONDEBOSQUE, 2006). El área analizada incluyó solamente las concesiones castañeras actuales.

Debido a la falta de levantamientos espaciales detallados, se optó por la premisa, en principio, de que las productividades madereras medias consideradas son aplicables a los bosques analizados y si mantienen en el tiempo⁸. Además, se supone, en principio, que las productividades agropecuarias también son sostenibles y no resultarán en agotamiento y degradación de los suelos.

Valores de costos de transporte

Los costos de transporte se estimaron usando la metodología del menor costo acumulado en SIG para los distintos usos alternativos de la tierra. Bajo esta metodología, los valores de costo son asignados para cada categoría de uso de la tierra (Tabla 4). Los valores de costo se basan en estimaciones hechas por otros autores para determinar el costo de transportar productos agrícolas a través de diferentes superficies de uso del suelo, los cuales fueron ajustados de acuerdo a informaciones levantadas en el trabajo de campo.

TABLA 4 – COSTO (FRICCIÓN) DE ATRAVESAR DIFERENTES SUPERFICIES

Categoría de Uso de la Tierra	Costo - US\$/ton/km
Carretera Asfaltada	0,05
Carretera Afirmada	0,10
Trocha Carrozable	0,20
Sendero	0,30
Red de Extracción Forestal	0,30
Pastizales y Sabanas	0,30
Tierras Agrícolas	0,30
Bosques Tropicales	3,00
Bosques Inundados	3,00
Bosques Temperados	4,00
Paisajes Estériles y Desiertos	4,00
Cuerpos de Agua	4,00

Fuente: Stone (1998); Guimarães Et Ulh (1998); Nelson et al. (1999).

⁸ O sea, de que la explotación es practicada de manera sostenible económicamente y que no llevará al agotamiento de las existencias de madera.

Estos valores de costo son usados posteriormente para calcular distancias en término de costos – “*cost distance*” – a los principales mercados identificados para cada producto, generando mapas de costos de transporte para cada uso de la tierra.

De acuerdo con las informaciones levantadas en el área de estudio, los principales mercados para la producción maicera son las capitales de los distritos localizados a lo largo de la carretera IOS. Para la producción de carne se consideraron como centros de mercadeo las siguientes ciudades donde existen camales: Puerto Maldonado, Iberia, Laberinto y Mazuco. Para el cultivo de soya se asumió que el mercado final sería el Puerto de Ilo, ya que este es un cultivo principalmente destinado a la exportación. Para la producción maderera se estimó el costo de transporte hasta las ciudades donde existen aserraderos: Puerto Maldonado, Iñapari, Iberia y Alerta. Por último, en el caso de la producción castañera, el costo de transporte fue estimado hasta los centros de procesamiento de castaña localizados en Puerto Maldonado.

En general, los mapas de costos de transporte de carne, maíz, soya, madera y castaña representan el costo de transportar una tonelada de cada uno de estos productos desde cada píxel en el área de estudio hasta los principales mercados, considerando el escenario de conclusión del asfalto de la carretera IOS (**Figuras 6, 7, 8, 9, 10**). Las unidades están dadas en dólares por tonelada para todos los usos, excepto para madera donde las unidades son en dólares por m³.

En relación a la reducción del costo de transporte debido a la pavimentación de la carretera, se supuso que:

- Exista un correcto mantenimiento vial para que los costos de transporte adoptados y las rentabilidades reflejen la realidad;
- El mercado de fletes en la región sea competitivo y, por lo tanto, los ahorros en costos de transporte proporcionados por el mejoramiento de la accesibilidad serán percibidos integralmente por la caída de precio de los fletes. En caso contrario, las rentabilidades potenciales estimadas serán más bajas⁹ (Adler, 1978; Belli *et al.*, 2001).

Un factor no considerado en las estimaciones de rentabilidad es la expansión potencial de caminos vecinales (Perz *et al.*, 2007). Su expansión tiene gran potencial de aumentar la rentabilidad de las actividades económicas, especialmente las agropecuarias. Sin embargo, su modelaje es muy incierto y subjetivo; por lo tanto, no fue adoptado en este análisis.

Estimaciones de rentabilidad de los usos de la tierra

Los mapas de costos de transporte para cada uso de la tierra fueron utilizados en conjunto con los datos de productividad, precios y costos de producción para estimar las rentabilidades, simulando la conclusión de la pavimentación de la carretera IOS.

9 Los mercados de flete poco competitivos tienden a transferir solamente el 50% de los ahorros al precio de los fletes (Belli *et al.*, 2001).

De acuerdo con los valores estimados, la rentabilidad máxima anual de la producción de carne bovina llegaría hasta US\$140 por hectárea. Rentabilidades superiores a US\$50 por hectárea son encontradas en 12% del área de estudio, la cual es estimada en aproximadamente 45 mil km². Dichas áreas están localizadas principalmente en regiones aledañas a Puerto Maldonado, Las Piedras e Iberia y dentro de un margen de 8 km a cada lado de la carretera (**Figura 11**).

La rentabilidad máxima anual del cultivo de maíz alcanzaría hasta \$60 por hectárea en el distrito de Iberia. Un área de aproximadamente 8.000 km² (17% del área de estudio) presentaría rentabilidades positivas que harían viable el desarrollo de esta actividad (**Figura 12**). Sin embargo, 67% de dichas áreas muestran rentabilidades potenciales bajas, menores o iguales a US\$25 por hectárea. Estas bajas rentabilidades de la producción de maicera son el reflejo de la agricultura de pequeña escala que predomina en la región.

El potencial de rentabilidad de la soya estimado para el área de estudio es bastante elevado, al ser comparado con los valores calculados para la producción pecuaria y maicera. En algunas regiones localizadas en el distrito de Inambari la rentabilidad potencial de la soya podría superar US\$300 por hectárea (**Figura 13**). Un área de aproximadamente 6.000 km² (14% del área de estudio) mostraría rentabilidades superiores a US\$100 por hectárea.

Actualmente, la soya es un cultivo comercialmente inexistente en la región de Mdd. Por lo tanto, las simulaciones de rentabilidad estimadas en este estudio deben ser interpretadas con precaución, teniendo en cuenta que nuestros análisis no capturan todas las condiciones necesarias para el desarrollo del monocultivo de soya. Dentro de estas condiciones están: alta disponibilidad de capital y tecnología, variedades genéticas adecuadas al clima local, grandes extensiones de tierra, producción de gran escala y existencia de multinacionales comercializadoras de la producción de soya en la región.

La explotación de madera en áreas de concesiones forestales y áreas de explotación informal muestra ser bastante rentable, principalmente en la provincia de Tahuamanu (**Figura 14**). En aproximadamente 12.000 km² (27% del área de estudio) la rentabilidad potencial anual de la explotación de madera oscilaría entre US\$200 y US\$390 por hectárea.

Estos altos valores estimados para la industria maderera contrastan con los bajos valores de rentabilidad potencial calculados para la explotación de castaña en áreas concesionadas, la cual alcanzaría un máximo de US\$3 por hectárea (**Figura 15**). No obstante, vale la pena resaltar que la actividad castañera es practicada solamente cuatro meses al año, durante el periodo de cosecha comprendido entre enero y abril, siendo una actividad complementaria a la pequeña agricultura predominante en la región.

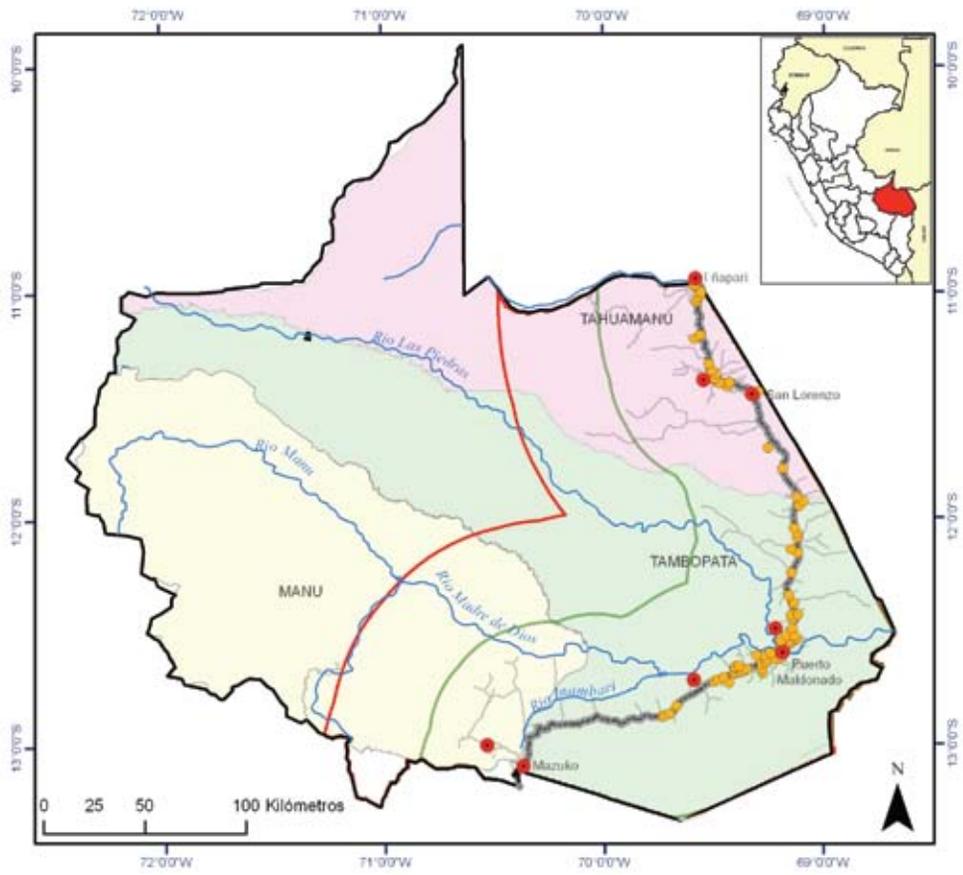


Figura 1 - Entrevistas aplicadas a ganaderos

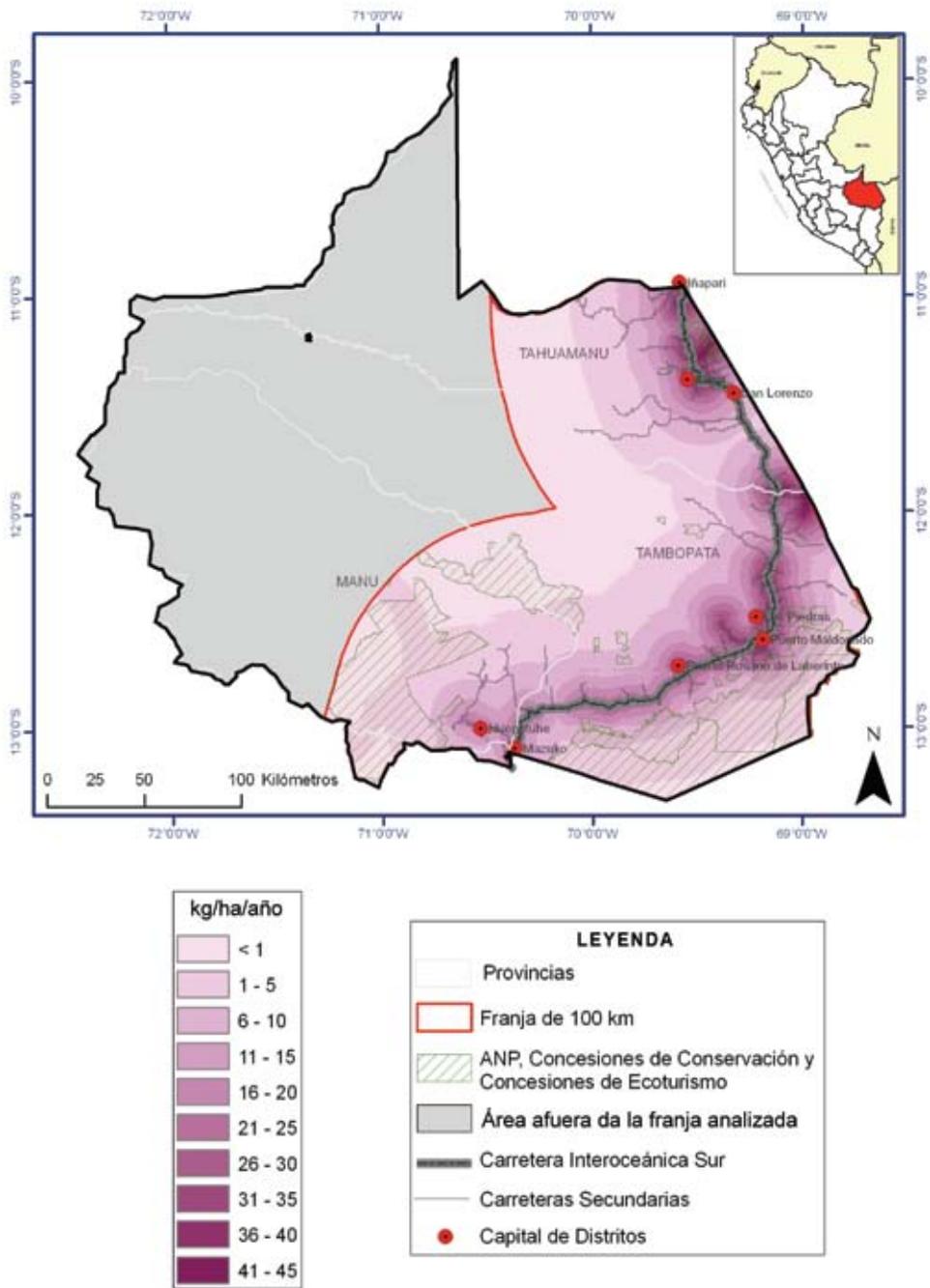


Figura 2 – Productividad de la carne

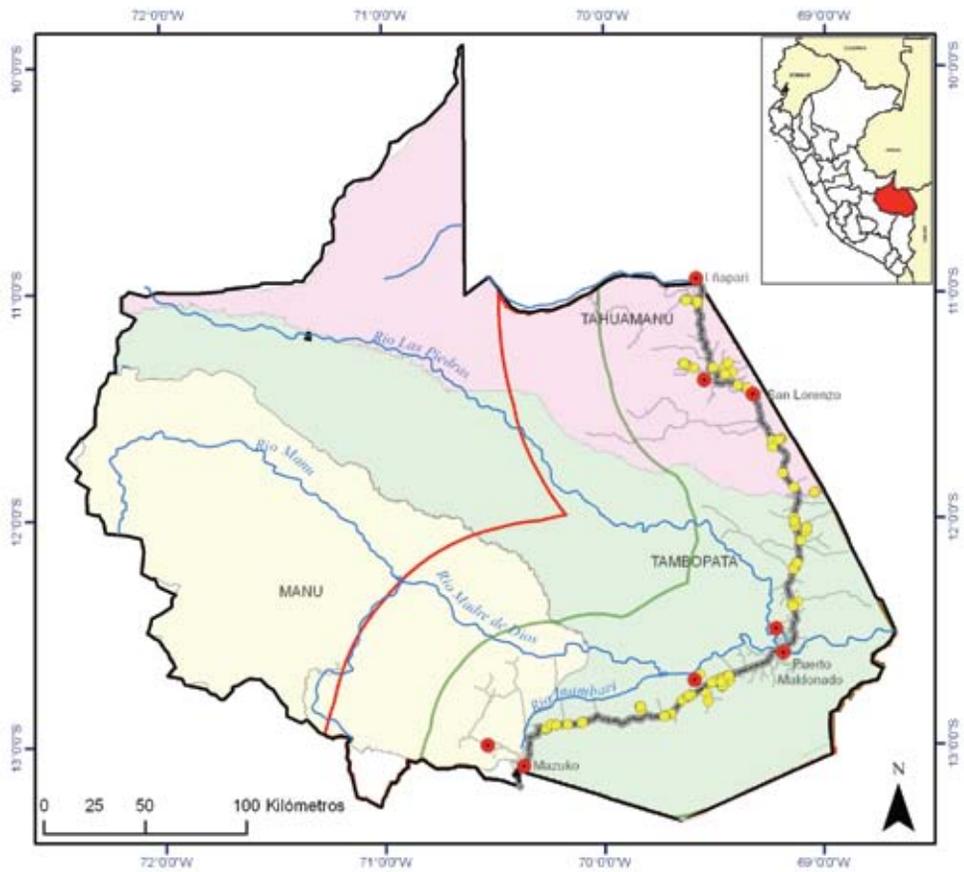


Figura 3 – Entrevistas aplicadas a agricultores

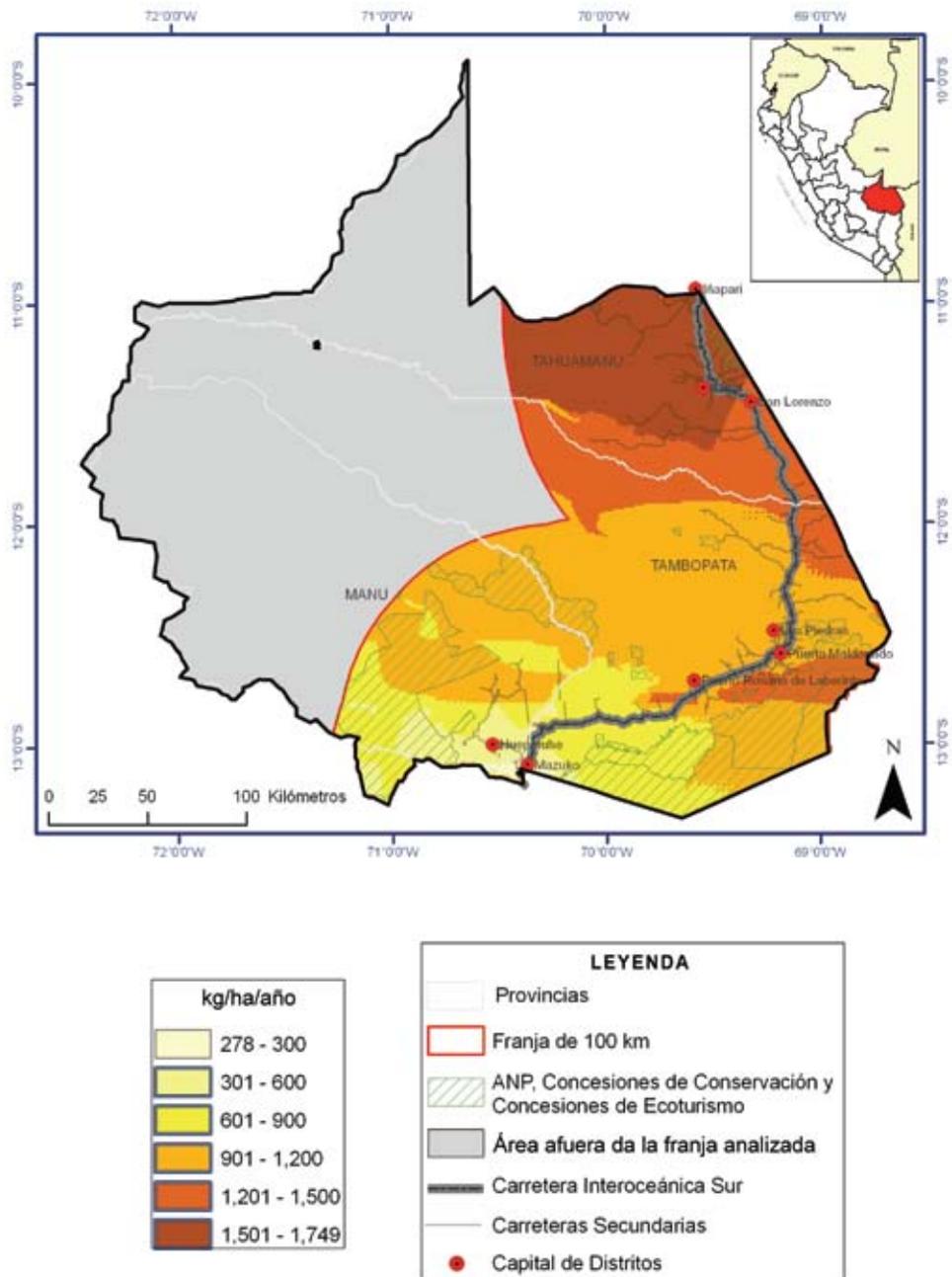


Figura 4 – Productividad del maíz¹⁰

- 10 Se debe observar que, a diferencia de los otros modelos de productividad, en este modelo no se aplican restricciones relacionadas a los costos de transporte. Eso explica el hecho de que hay productividad potencial en todo el área. Por ello, no es adecuado, en este momento, comparar directamente los mapas de productividad entre los distintos usos. Eso será ajustado en los mapas de rentabilidad.

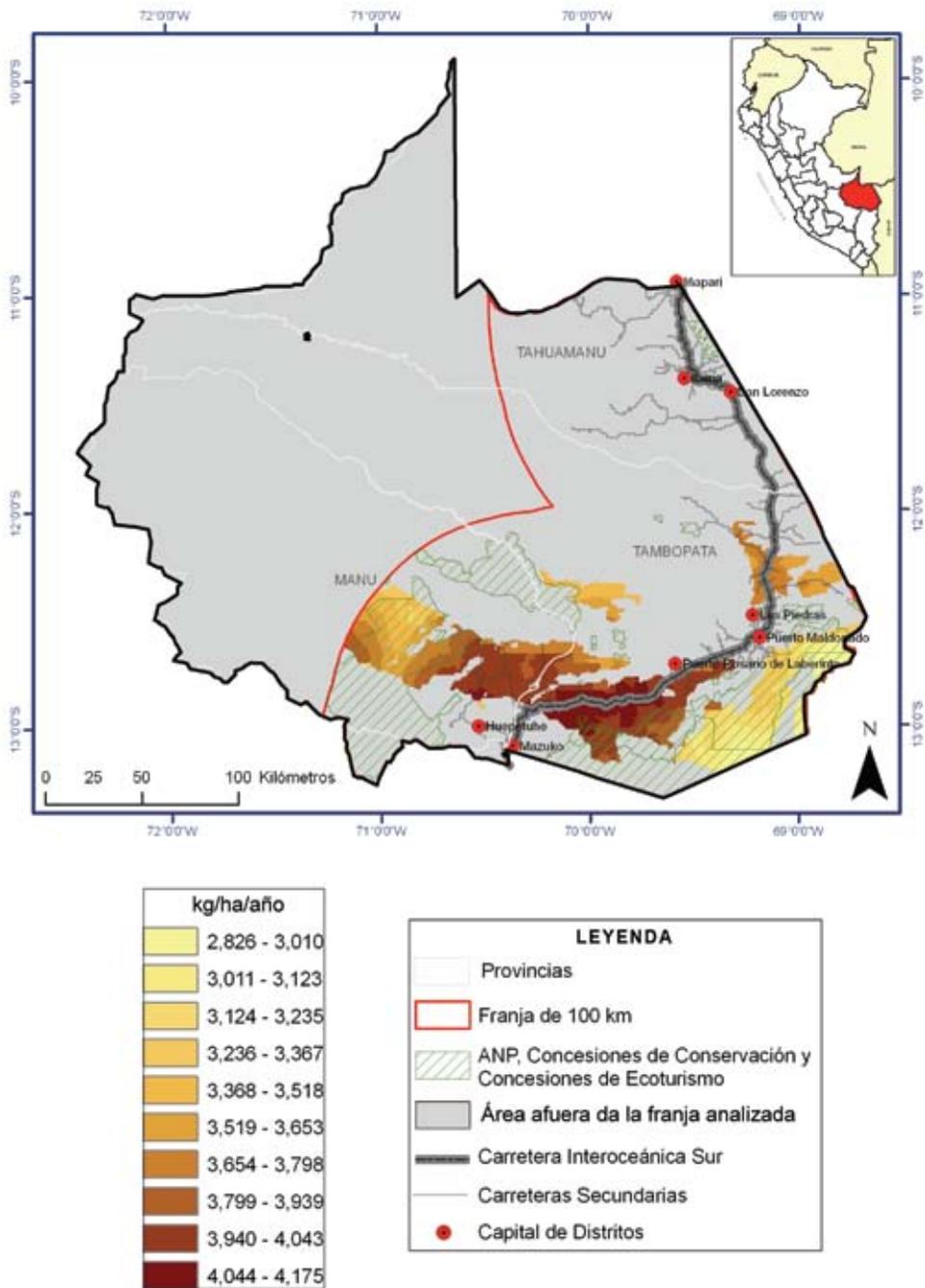


Figura 5 - Productividad de la soya

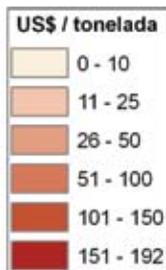
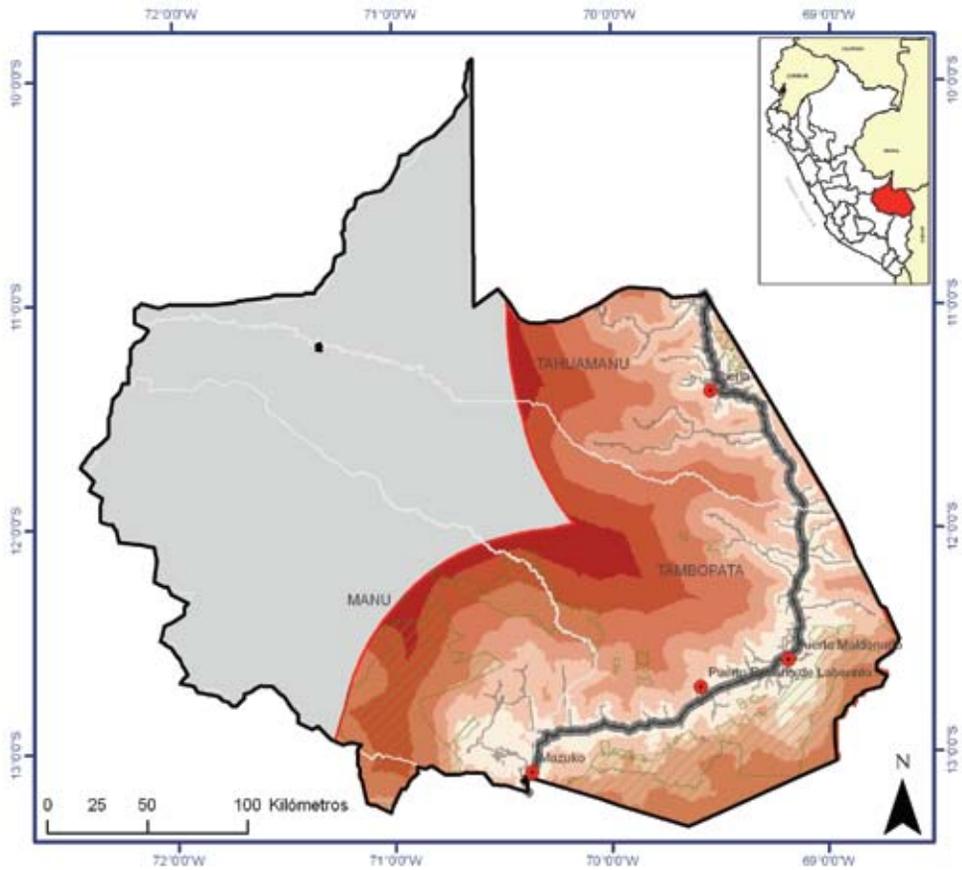


Figura 6 – Costos de transporte del ganado

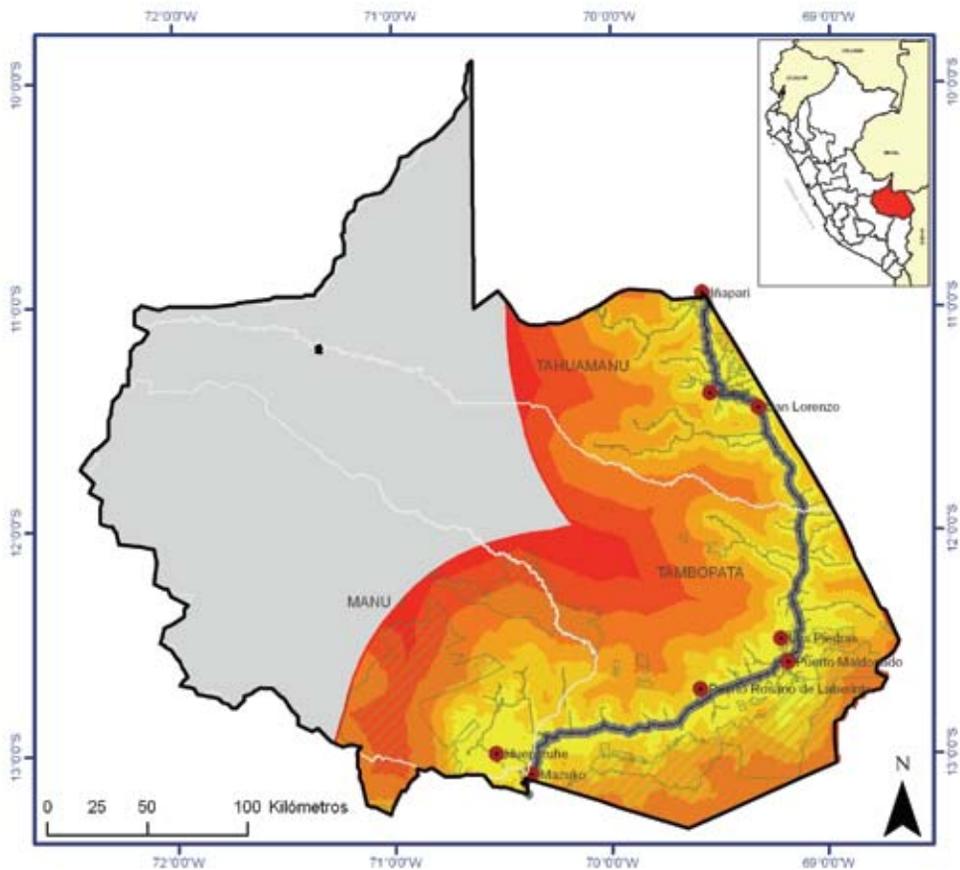


Figura 7 - Costos de transporte del maíz

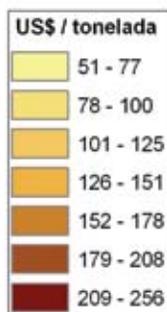
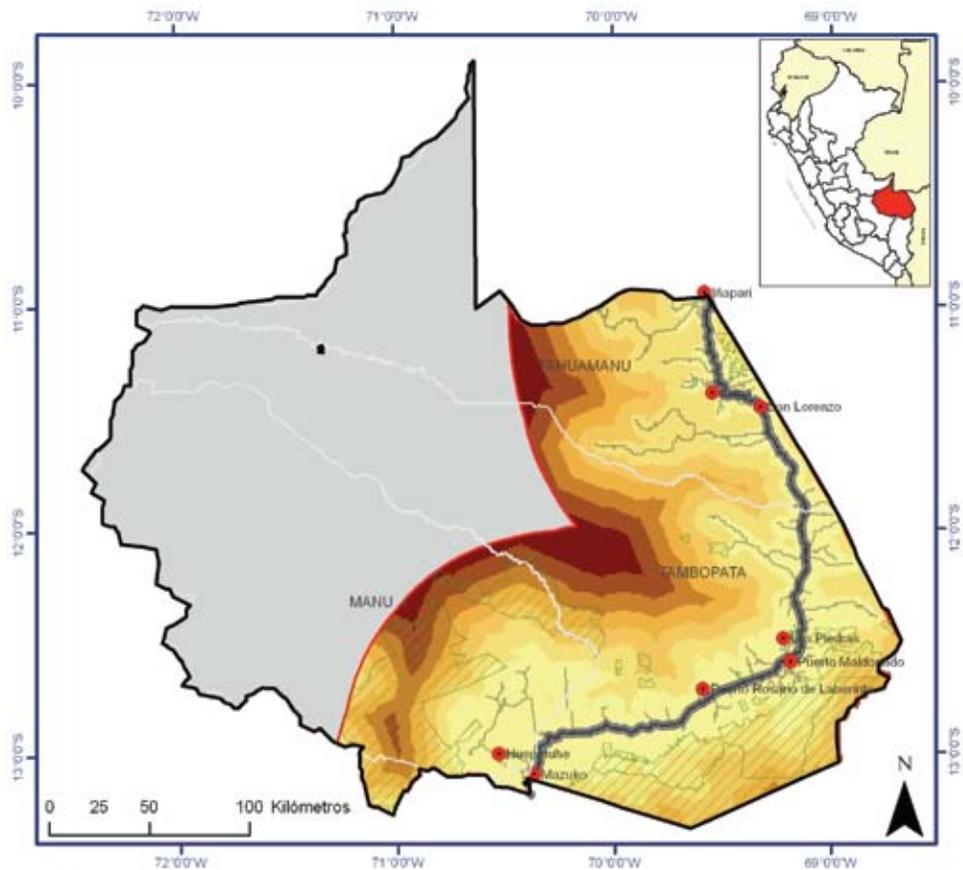


Figura 8 - Costos de transporte de la soya

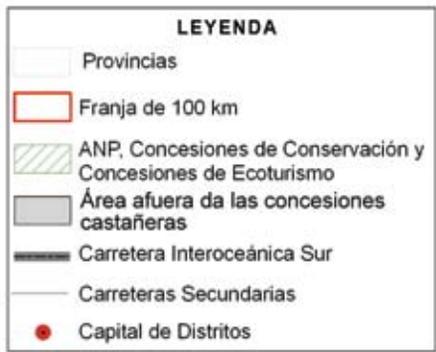
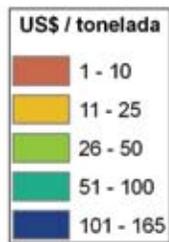
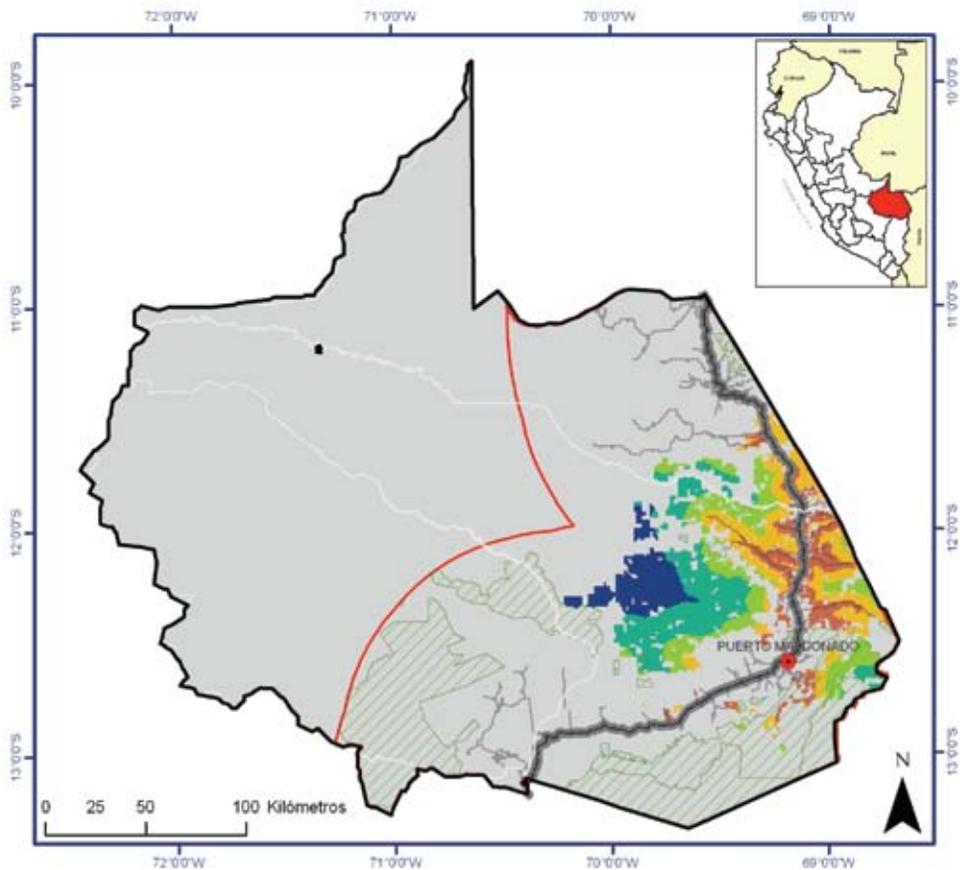


Figura 9 - Costo de transporte de la castaña

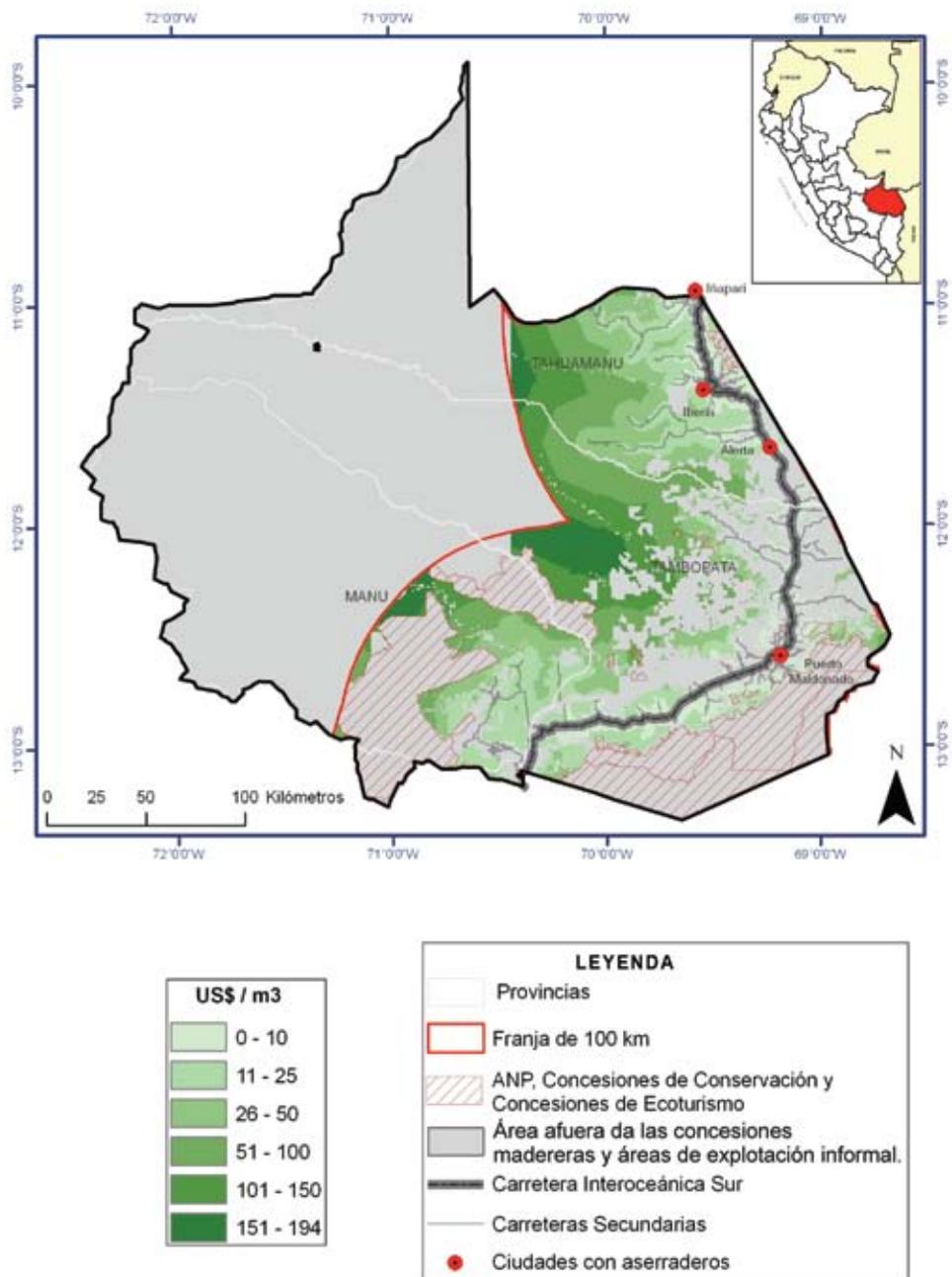


Figura 10 – Costo de transporte de la madera

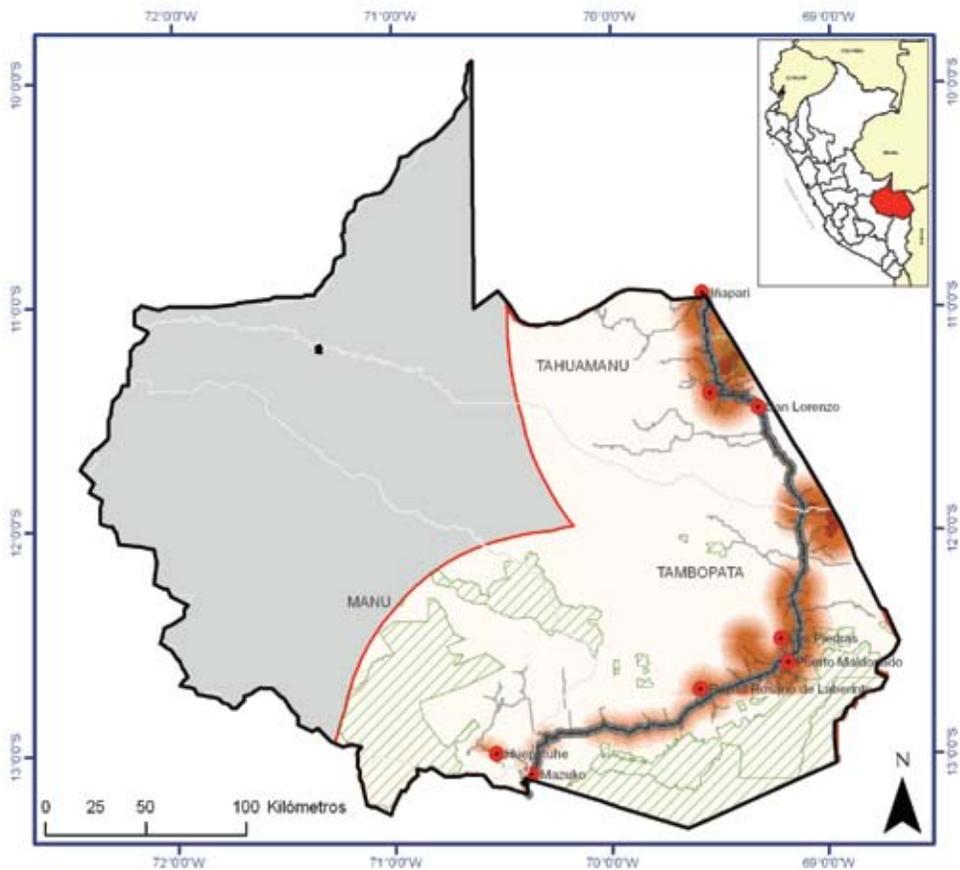


Figura 11 - Rentabilidad anual de la ganadería

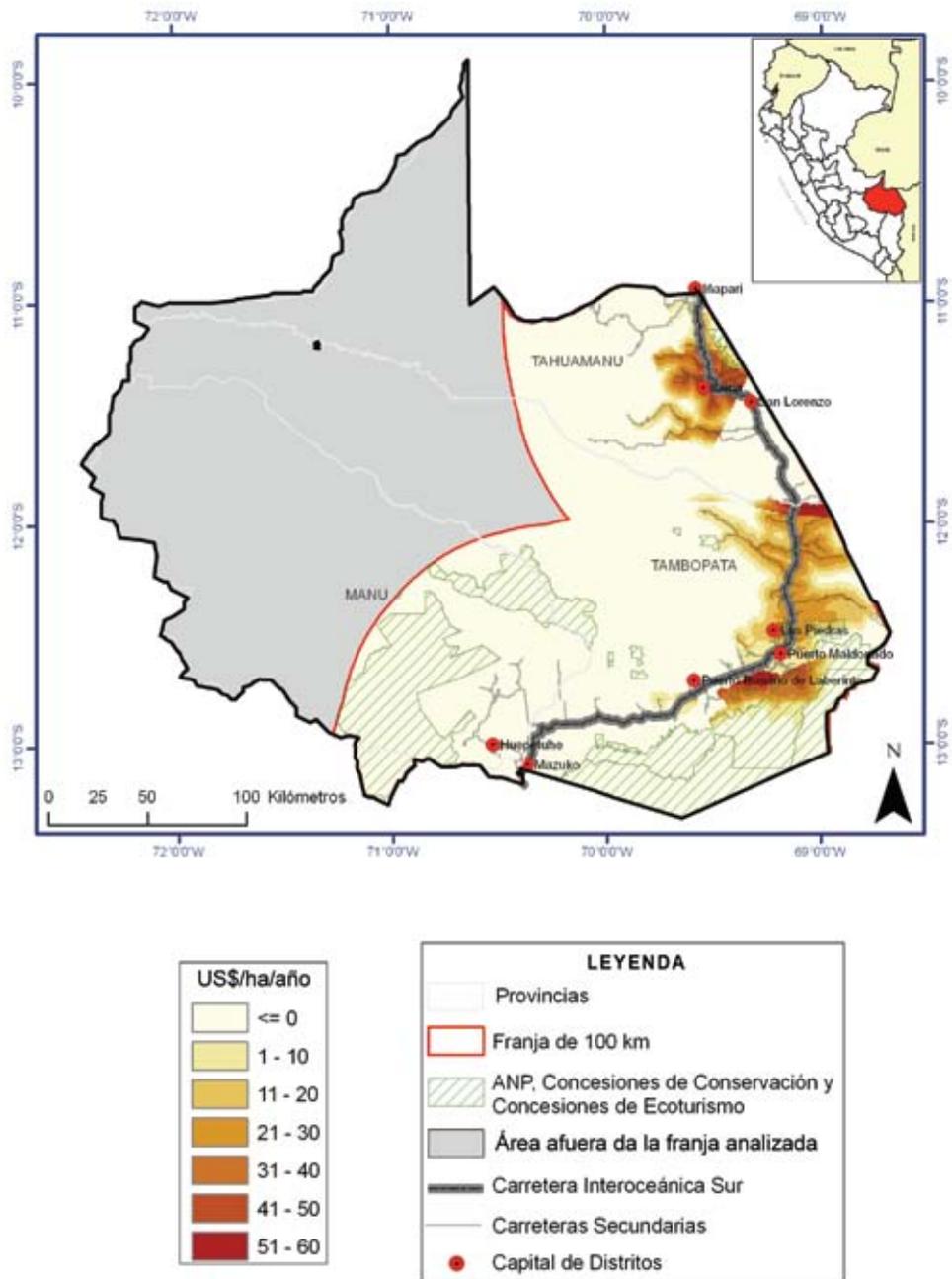


Figura 12 - Rentabilidad anual de la producción de maíz

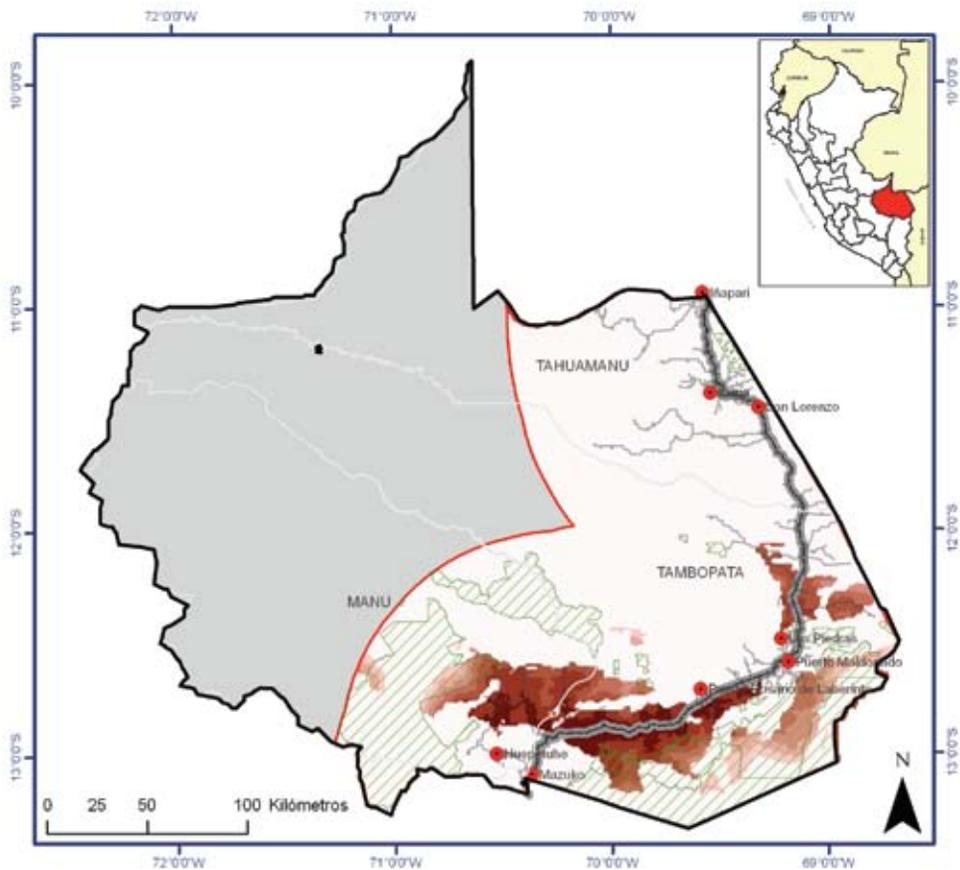


Figura 13 – Rentabilidad anual de la producción de soya

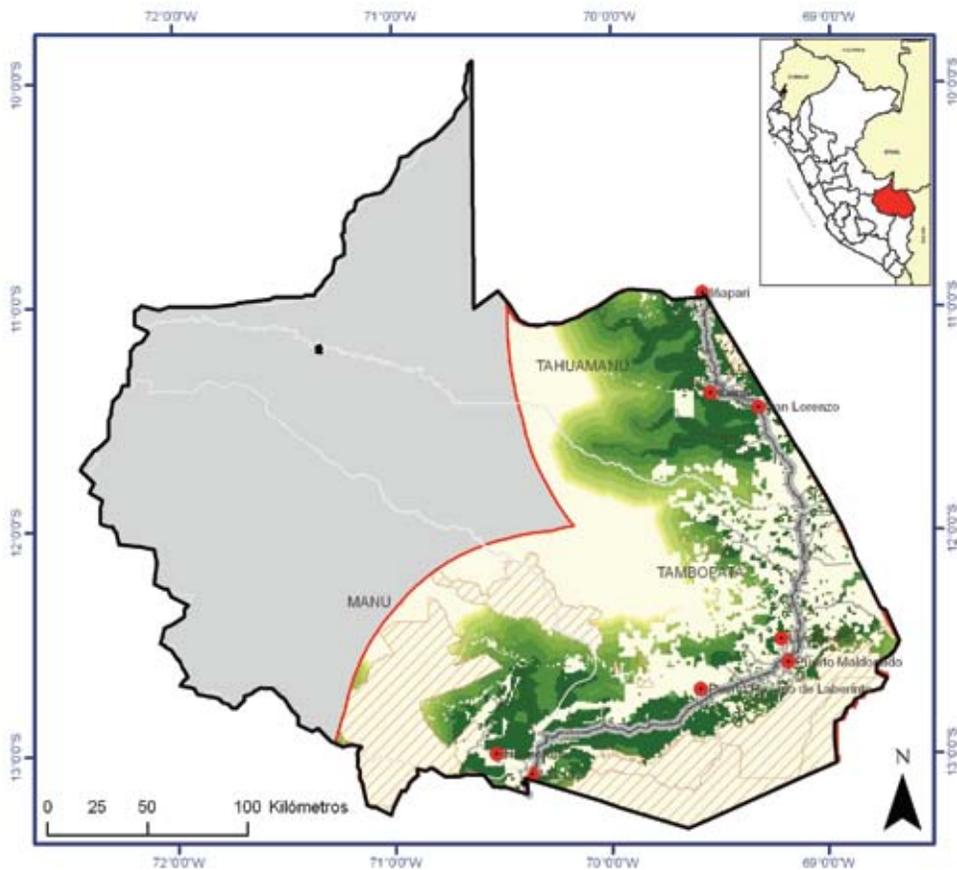


Figura 14 - Rentabilidad anual de la explotación maderera

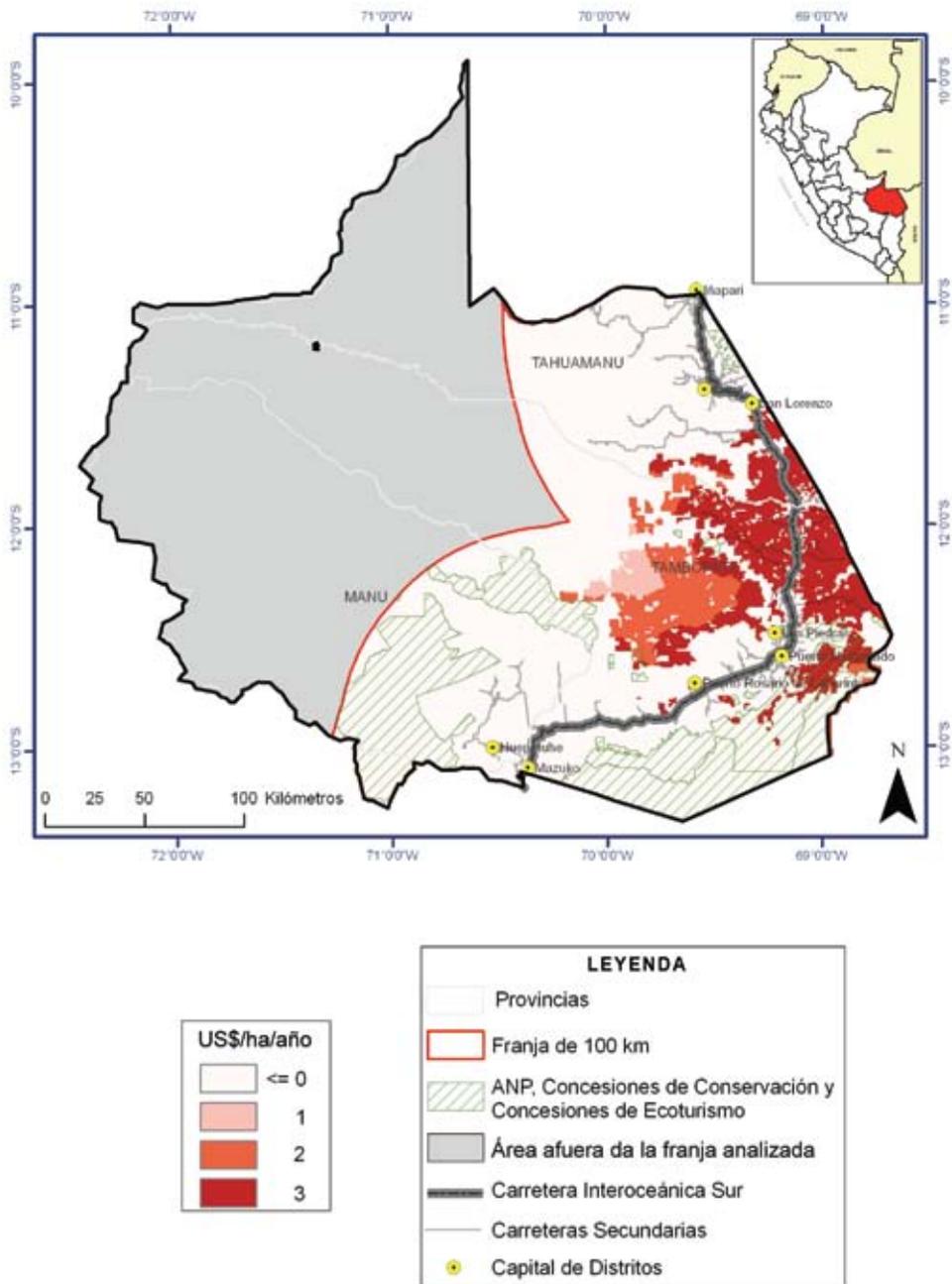


Figura 15 - Rentabilidad anual de la explotación castañera

Apéndice 2 – El Contexto Actual de las Concesiones Forestales

La actual Ley Forestal y de Fauna Silvestre se promulgó en Julio del año 2000 con el objetivo de mejorar el marco legal forestal, y revertir el proceso de extracción irracional de los recursos forestales, ocasionado por la legislación anterior, por los continuos cambios en las reglas de juego, y por la existencia de regímenes paralelos. Con la ley se obliga a que los productores forestales concentren la extracción en una superficie determinada para que, a través de prácticas de manejo sostenible, puedan volver a aprovechar el área de la concesión con un mayor rendimiento (Hidalgo, 2003).

La ley define recursos forestales a los bosques naturales, plantaciones forestales y las tierras cuya capacidad de uso mayor sea de producción y protección forestal, y a los demás componentes silvestres de la flora terrestre y acuática emergente. Dentro del ordenamiento forestal, existe una serie de categorías de los bosques; estas son: bosques de producción permanente, bosques de producción en reserva, bosques en tierra de protección, bosques en comunidades nativas y campesinas, y bosques locales.

La ley establece el régimen de las concesiones forestales. El aprovechamiento y manejo de los recursos forestales en bosques naturales primarios se realiza por medio de dos modalidades. La primera, a través de las concesiones forestales con fines maderables, otorgadas al sector privado en los bosques de producción permanente por un período de hasta 40 años renovables, para el aprovechamiento de los recursos forestales mediante planes de manejo sostenible. Las concesiones forestales con fines maderables se otorgan en exclusividad, no pudiendo la autoridad otorgar a terceros otras concesiones, permisos o autorizaciones sobre la misma área. La segunda es por medio de las concesiones forestales con fines no maderables, entre ellas, las concesiones para otros productos del bosque y las concesiones para ecoturismo, conservación y servicios ambientales.

El manejo y aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables, se realiza mediante permisos y autorizaciones en los bosques de producción en reserva; en los bosques locales; en bosques en tierras de comunidades, o de propiedad privada; en plantaciones forestales y en otras formaciones vegetales.

Según el reglamento, el titular de una concesión forestal maderable puede suscribir contratos con terceros para el aprovechamiento de otros recursos existentes en el área concedida, en concordancia a las condiciones establecidas en el contrato de concesión. Esto previa aprobación del plan de manejo complementario y haber efectuado el pago de los derechos correspondientes.

A pesar que en la norma (Artículo N° 50) se establece que en ningún caso se podrá cambiar a usos agrícolas o pecuarios las tierras cuya capacidad de uso mayor es forestal y/o de protección, el cambio de uso no planificado se hace posible por la aplicación de normas de promoción de actividades agrícolas en suelos de capacidad forestal, como la Ley del Registro de Predios Rurales (1991) que “sirvió como mecanismo perverso para regularizar el cambio de uso del suelo a través de la ampliación de la frontera agrícola” (Baldovino *et. al.*, 2009).

La superposición de derechos entre concesiones forestales y predios agrícolas es el resultado de este proceso simple de titulación de propiedad. Las autoridades trabajan de manera descoordinada y fomentan este tipo de conflictos.

La aplicación de la norma presenta una serie de problemas, potenciados por la corrupción de los actores relacionados, como el ex INRENA, quien colaboraba con los concesionarios que sustentaban sus planes de manejo con información falsa, permitiendo el comercio ilegal de la madera. Además, el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR) no tiene la autonomía necesaria para fiscalizar las acciones que no cumplan con la ley.

En 2008, el Congreso de la República delegó al Ejecutivo la facultad de aprobar las normas necesarias para fortalecer el marco legal de la gestión ambiental, en el marco del TLC con Estados Unidos. Una de estas normas fue el decreto legislativo 1090 de la nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre. El principal problema de esta nueva norma es que excluía parte del patrimonio forestal nacional, incentivando el cambio de uso con fines agropecuarios (Baldovino *et. al.*, 2009). Esto fue corregido posteriormente, pero aún así las protestas por no consultar estas normas con los pueblos indígenas dieron como resultado su derogación y la restitución de la ley anterior. Sin embargo, esta nueva norma tenía varios aspectos positivos, por lo que todavía es necesario fortalecer el marco legal forestal.

Apéndice 3 – Insumos para la Planificación Sistemática de la Conservación

En este apéndice se presentan detalles metodológicos adicionales en relación a la aplicación de la herramienta de Planificación Sistemática de la Conservación.

Elementos y Metas de Conservación

Las próximas tablas presentan la lista de especies, y la lista de sistemas ecológicos terrestres con sus respectivas metas de conservación con respecto a sus distribuciones históricas. Estas listas fueron usadas en el ejercicio de Planificación Sistemática de la Conservación - PSC. La mayor parte de las especies están representadas por mapas de distribución potencial predicha, desarrollados en el proyecto *Andes – Amazon Mapping of Ecological Systems and Areas of Endemism*¹¹. Además de especies endémicas, se incluyeron datos de la distribución puntual de 19 especies emblemáticas que representan especies de amplia distribución, como el *Tapirus terrestris* (tapir), y especies amenazadas, como la *Pteronura brasiliensis* (lobo del río)¹². Los datos para sistemas ecológicos provienen de mapas realizados con validación de campo durante el proyecto mencionado.

La **Figura A** ofrece un indicador relativo de la riqueza de los elementos de conservación, que representa la suma de la superposición de elementos en el espacio. Como es de esperar, se observa que la mayor concentración de elementos se concentra en la zona de Yungas de Madre de Dios, que alcanza una superposición de hasta 43 elementos.

Se puede consultar el reporte de Josse y Hak (2009) para detalles específicos de la aplicación de la herramienta NatureServe Vista en el tratamiento y uso de datos espaciales para análisis de escenarios, conflictos y mitigación para fines de planificación territorial de la conservación en Madre de Dios.

11 Internet: [http://www.natureserve.org/projects/latin_america.jsp#andes].

12 Datos provistos por Chris Kirkby y la Sociedad Zoológica de Frankfort.

Lista de Especies

Mamíferos (10 spp.)

<i>Ateles chamek</i> *	<i>Priodontes maximus</i> *
<i>Dinomys branickii</i> *	<i>Pteronura brasiliensis</i> *
<i>Lagothrix lagothricha</i> *	<i>Sciurus sanborni</i>
<i>Lestoros inca</i>	<i>Tapirus terrestris</i> *
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> *	<i>Tremarctos ornatus</i> *

Aves (36 spp.)

<i>Anairetes alpinus</i>	<i>Metallura aeneocauda</i>
<i>Asthenes urubambensis</i>	<i>Myiophobus inornatus</i>
<i>Atlapetes canigenis</i>	<i>Myiotheretes fusciorufus</i>
<i>Atlapetes melanolaemus</i>	<i>Nannopsittaca dachilleae</i>
<i>Cacicus chrysonotus</i>	<i>Nothocercus nigrocapillus</i>
<i>Cinnycerthia fulva</i>	<i>Odontophorus balliviani</i>
<i>Conirostrum ferrugineiventre</i>	<i>Pauxi unicornis</i>
<i>Cranioleuca marcapatae</i>	<i>Phaethornis stuarti</i>
<i>Creurgops dentatus</i>	<i>Phylloscartes parkeri</i>
<i>Cyanolyca viridicyanus</i>	<i>Picumnus subtilis</i>
<i>Delothraupis castaneiventris</i>	<i>Pipreola intermedia</i>
<i>Entomodestes leucotis</i>	<i>Poecilotriccus albifacies</i>
<i>Eubucco versicolor</i>	<i>Psarocolius atrovirens</i>
<i>Formicarius rufifrons</i>	<i>Schizoeaca helleri</i>
<i>Grallaria erythroleuca</i>	<i>Scytalopus parvirostris</i>
<i>Hemispingus trifasciatus</i>	<i>Scytalopus schulenbergi</i>
<i>Iridosornis jelskii</i>	<i>Terenura sharpei</i>
<i>Lepidothrix coeruleocapilla</i>	<i>Zimmerius bolivianus</i>

Anfibios (15 spp. y 20 elementos)

<i>Altigius alios</i>	<i>Eleutherodactylus mendax</i>
<i>Atelopus erythropus</i>	<i>Eleutherodactylus toftae</i> **
<i>Bufo inca</i>	<i>Epipedobates simulans</i>
<i>Dendrobates biolat</i> **	<i>Gastrotheca excubitor</i>
<i>Dendropsophus allenorum</i>	<i>Gastrotheca ochoai</i>
<i>Dendropsophus joanae</i> **	<i>Scinax pedromedinae</i> **
<i>Eleutherodactylus danae</i>	<i>Telmatobius timens</i>
<i>Eleutherodactylus imitatrix</i> **	

Plantas vasculares (30 spp. y 39 elementos)

<i>Adelphia macrophylla</i> **	<i>Justicia cuzcoensis</i> **
<i>Aphelandra cuzcoensis</i> **	<i>Justicia ruiziana</i>
<i>Aphelandra eurystoma</i>	<i>Mendoncia gigas</i> **
<i>Aphelandra limbatifolia</i>	<i>Nasa ferruginea</i>
<i>Aphelandra macrosiphon</i>	<i>Pachystachys ossolae</i> **
<i>Aphelandra peruviana</i>	<i>Pachystachys rosea</i>
<i>Brunellia cuzcoensis</i>	<i>Passiflora ferruginea</i> **
<i>Caiophora madrequisa</i>	<i>Ruellia rauhii</i>
<i>Diogenesia vargasiana</i>	<i>Ruellia tarapotana</i>
<i>Fuchsia austromontana</i>	<i>Ruellia yurimaguensis</i> **
<i>Fuchsia chloroloba</i>	<i>Sanchezia tigrina</i>
<i>Fuchsia inflata</i>	<i>Stenostephanus crenulatus</i>
<i>Fuchsia vargasiana</i>	<i>Suessenguthia vargasii</i> **
<i>Heteropterys fulva</i> **	<i>Thibaudia rauhii</i>
<i>Inga porcata</i>	<i>Thibaudia regularis</i>

* Especies con datos de distribución puntual (ocurrencias).

** Especies con distribución predicha y con validación de campo (ocurrencias puntuales). En ese caso, ambas bases de datos fueron usadas como elementos de conservación, garantizando la inclusión de los puntos validados en campo. Para cada especie, por lo tanto, son dos elementos de conservación con metas distintas.

Lista de Sistemas Ecológicos Terrestres con sus Respectivas Metas de Conservación

Sistemas Ecológicos	Área Actual (ha)	Área Histórica (ha)	Meta de 30% (ha)
Bosque altimontano pluvial de Yungas	11.111	11.402	3.421
Bosque aluvial de aguas negras estancadas del sur de la Amazonía	34.634	35.542	10.662
Bosque basimontano pluviestacional húmedo de Yungas	13.938	14.304	4.291
Bosque con Bambú del suroeste de la Amazonía	2.934.619	3.011.565	903.469
Bosque de arroyos de aguas claras del suroeste de la Amazonía	1.737	1.783	535
Bosque de tierra firme depresionada del sur de la Amazonía	26.478	27.172	8.152
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	875.969	898.937	269.681
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de	692.880	711.047	213.314
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	9.539	9.790	2.937
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	25.256	25.918	7.775
Bosque montano pluvial de Yungas	59.365	60.922	18.276
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	21.963	22.539	6.762
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	30.670	31.474	9.442
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	2.362.479	2.424.423	727.327
Bosque siempreverde subandino del suroeste de la Amazonía	870.084	892.898	267.869
Bosque y palmar basimontano pluvial de Yungas	151.217	155.182	46.555
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	7.494	7.691	2.307
Complejo de sabanas del sur de la Amazonía	8.818	9.050	2.715
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	14.855	15.245	4.573
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	6.510	6.681	2.004
Pajonal arbustivo altoandino y altimontano pluvial de Yungas	2.950	3.027	908
Pajonal arbustivo altoandino y altimontano pluviestacional de Yungas	152	156	47
Palmar pantanoso subandino de Yungas	98	100	30

Unidad de Planificación

La **Figura B** presenta la unidad de planificación adoptada en el análisis de PSC. Estas son las unidades espaciales usadas por MARXAN en la definición de portafolios alternativos de áreas para conservación. En este caso se utilizó las unidades territoriales (usos de la tierra) definidas en la ZEE (IIAP-POA-UIGT, 2008), con área igual o mayor que 5 ha, pero con alta variabilidad.

Parámetros de Marxan

En las corridas de Marxan adoptamos el algoritmo *simulated annealing*, el más recomendado por sus autores (Ball *et al.*, 2009). En este análisis, el factor asociado a las penalidades por no alcanzar las metas fue definido de manera que todos los portafolios alternativos alcancen todas las metas individuales. El nivel de fragmentación es definido por un factor llamado *Boundary Length Modifier* (BLM). Una serie de valores fueron usados, incluyendo los valores de 0,1, 0,01 y 0,001. El BLM de 0,001 demostró un buen patrón de fragmentación con pocos fragmentos y fue adoptado. El factor costo fue definido con base al mapa de costo de oportunidad, que fue ajustado a las unidades de planificación adoptadas.

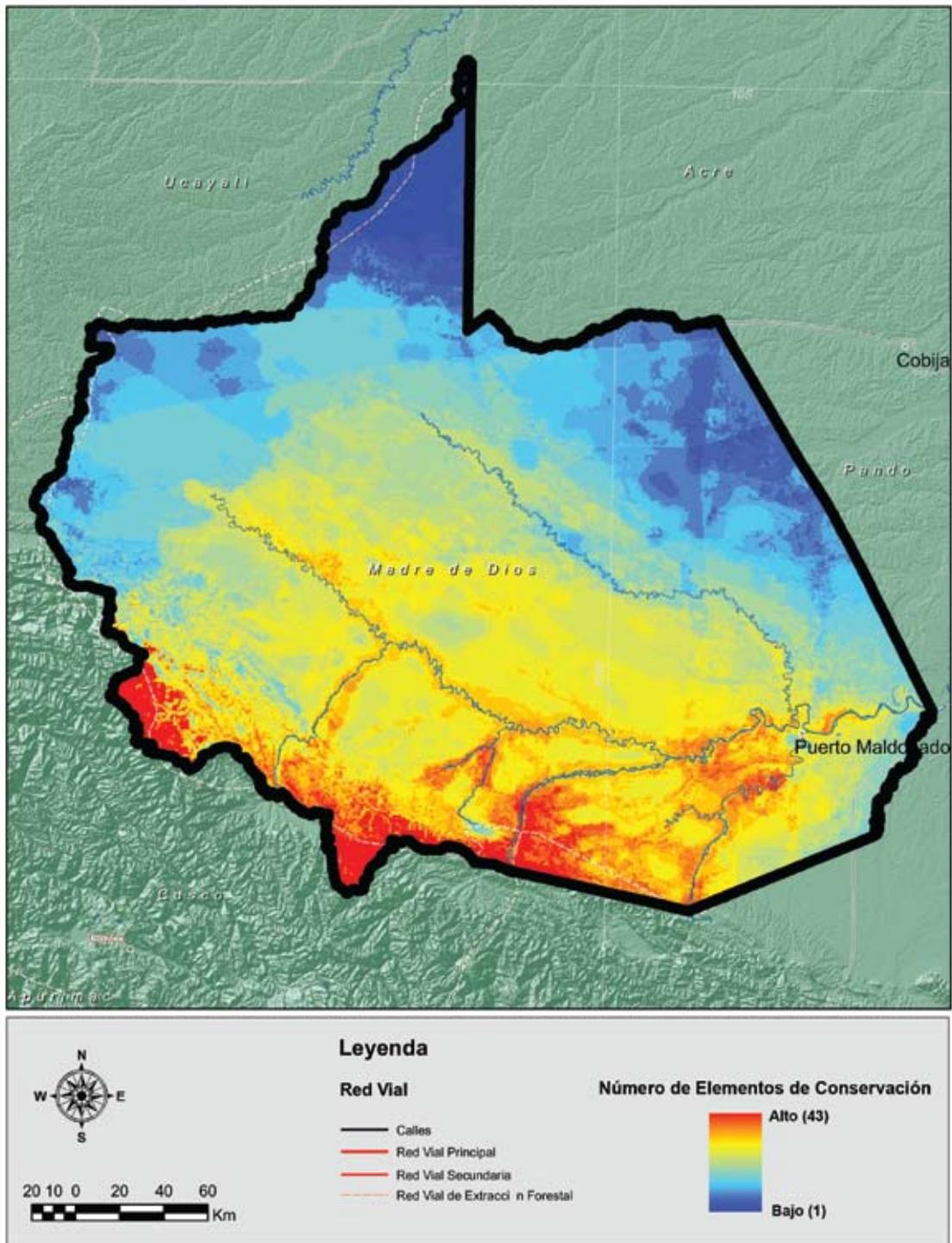


Figura A – Distribución de la riqueza de elementos de conservación seleccionados (el color rojo representa la mayor riqueza y el azul la menor)

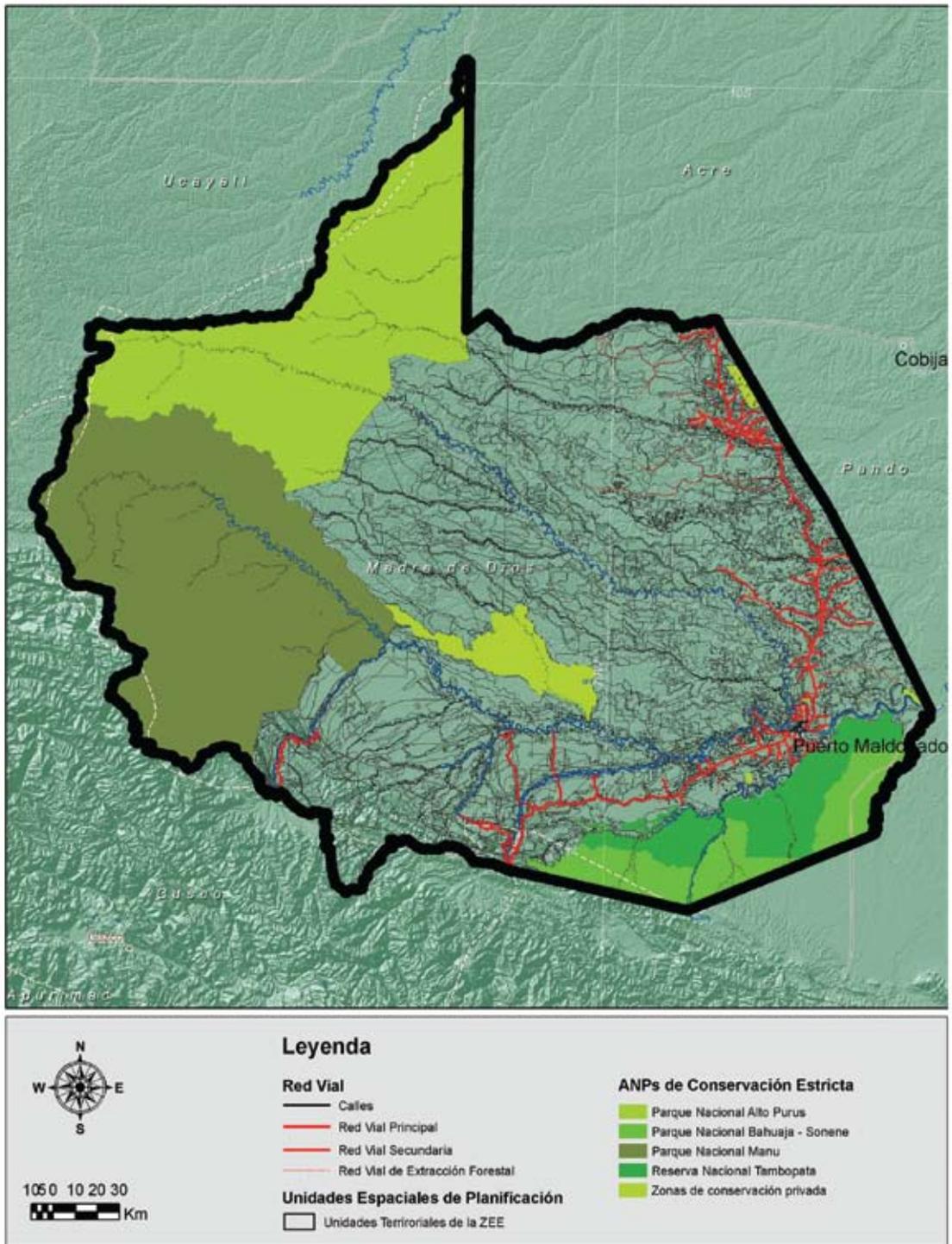


Figura B – Unidades Espaciales de Planificación

Apéndice 4 – Estudios Adicionales Recomendados

Algunos estudios futuros sugeridos que permitirían mejorar la calidad y precisión del análisis de costo de oportunidad son:

- i. Clasificación del uso del suelo en una escala más fina, incluyendo deforestación, recuperación forestal (bosques secundarios) y suelos degradados.
- ii. Muestreo y modelaje espacial de variables de suelos, pues los datos disponibles actualmente son bastante gruesos¹³.
- iii. Geo-referenciación y clasificación del uso de la tierra de las propiedades rurales.
- iv. Actualización del Censo Agropecuario (el último fue realizado en 1994).
- v. Mapeo y modelaje de los stocks, su estatus actual y la productividad de recursos madereros y de la castaña dentro y fuera de concesiones forestales.
- vi. Mapeo de trochas y caminos de madereros y evaluación de su calidad de superficie.
- vii. Modelaje de la expansión de carreteras de madereros y carreteras vecinales.
- viii. Estudios de factibilidad económica y análisis del potencial de actividades económicas alternativas.



13 En general, se recomienda que la escala para los estudios espaciales sea de por lo menos 250m.



Serie Técnica

- Nº 1 – Análise de viabilidade sócio-econômico-ambiental da transposição de águas da bacia do rio Tocantins para o rio São Francisco na região do Jalapão/TO (2002)
fani mamede, paulo garcia y wilson cabral de souza júnior
- Nº 2 – Valoração econômica do Parque Estadual Morro do Diabo (SP) (2003)
crisrina adams, cristina aznar, ronaldo seroa da motta, ramón ortiz y john reid
- Nº 3 – A pavimentação da BR-163 e os desafios à sustentabilidade: uma análise econômica, social e ambiental (2005)
ane alencar, laurent micol, john reid, marcos amend, marília oliveira, vivian zeideman y wilson cabral de souza júnior.
- Nº 4 – Custos e benefícios do complexo hidrelétrico de Belo Monte (2006)
wilson cabral de souza júnior, john reid y neidja cristiane silvestre leitão
- Nº 5 – Regional economic benefits from conservation: The case of Madidi (2006)
leonardo c. fleck, marcos amend, lillian paintere y john reid
- Nº 6 – A road through Madidi: an environmental-economic analysis (2006)
leonardo c. fleck, lillian painter, john reid y marcos amend
- Nº extra – Análisis de costo beneficio de cuatro proyectos hidroeléctricos en la cuenca Changuinola-Teribe (2006)
sarah cordero, ricardo montenegro, maribel mafra, irene burgués y john reid
- Nº 7 – Efeitos de projetos de infra-estrutura de energia e transportes sobre a expansão da soja na bacia do rio Madeira (2007)
maria del carmen vera-díaz, john reid, britaldo soares filho, robert kaufmann y leonardo c. fleck
- Nº 8 – Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya (2007)
víctor hugo ramos, irene burgués, leonardo c. fleck, byron castellanos, carlos albacete, gerardo paiz, piedad espinosa y john reid
- Nº 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
- Nº 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
- Nº 11 – Critérios econômicos para a aplicação do Princípio do Protetor-Recebedor: Estudo de caso do Parque Estadual dos Três Picos (2007)
juliana strobel, wilson cabral de souza junior, ronaldo seroa da motta, marcos amend y demerval gonçalves
- Nº 12 – Carreteras y áreas protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la Amazonía Boliviana (2007)
leonardo c. fleck, lillian painter y marcos amend
- Nº 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
- Nº 14 – Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo (2007)
lia peñarrieta venegas y leonardo c. fleck
- Nº 15 – El desafío de Mapajo: Análisis costo-beneficio de la empresa comunitaria Mapajo Ecoturismo Indígena (2008)
liceette chavarro, alfonso malky y cecilia ayala
- Nº 16 – Valoración económica de los servicios turísticos y pesqueros del Parque Nacional Coiba (2008)
ricardo montenegro
- Nº 17 – Eficiência econômica, riscos e custos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319 (2009)
leonardo c. fleck
- Nº 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
- Nº 19 – Factibilidad financiera y proyección de negocio para la producción de cacao en el norte del departamento de La Paz (2009)
alfonso malky y sophia espinoza
- Nº 20 – Estrategias de conservación a lo largo de la carretera Interoceánica Sur en Madre de Dios: un análisis económico-espacial (2010)
leonardo c. fleck, maria del carmen vera-díaz, elena borasino, manuel glave, jon hak y carmen josse

REALIZACIÓN



ISBN 978-85-99451-07-6



9 788599 451076



APOYO



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



Gordon and Betty
MOORE
FOUNDATION