

EL FUTURO DE MADRE DE DIOS



Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian para un Desarrollo Sostenible



HADRIEN VANTHOMME, ANA MARÍA SÁNCHEZ-CUERO,
PAOLA GÁRATE, ADRIANA BRAVO Y FRANCISCO DALLMEIER

EL FUTURO DE
MADRE DE DIOS

EL FUTURO DE MADRE DE DIOS



Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian para un Desarrollo Sostenible

HADRIEN VANTHOMME, ANA MARÍA SÁNCHEZ-CUERVO,
PAOLA GÁRATE, ADRIANA BRAVO Y FRANCISCO DALLMEIER

Una Contribución del Smithsonian al Conocimiento



Smithsonian
Scholarly Press

WASHINGTON, D.C.
2019

Publicado por
SMITHSONIAN INSTITUTION SCHOLARLY PRESS
P.O. Box 37012, MRC 957
Washington, D.C. 20013-7012
<https://scholarlypress.si.edu>

Derechos de autor © 2019 por Instituto Smithsonian

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación, o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación, o de otro tipo, sin el permiso previo del editor.

Diseñador: Piper F. Wallis

Mapas: Hadrien Vanthomme

Ilustraciones: Hadrien Vanthomme, Sulema Castro, Carlos Christian Castellanos Casanova

Traducción: María José Andrade-Núñez

Fotografías © Michael Tweddle (www.tweddlefoto.com), excepto cuando se indique

Imagen de portada: Un mosaico de fotografías que ilustran la diversidad social, económica y ambiental de Madre de Dios, que revelan colectivamente la imagen de un niño saludando.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

[Biblioteca del Congreso Datos de Catalogación de Publicaciones]

Names: Vanthomme, Hadrien, author.

Title: The future of Madre de Dios : Smithsonian's working landscape simulator for sustainable development / Hadrien Vanthomme, Ana María Sánchez-Cuervo, Paola Gárate, Adriana Bravo, and Franciso Dallmeier.

Description: Washington, DC : Smithsonian Institution Scholarly Press, 2019. | Includes bibliographical references.

Identifiers: LCCN 2019026148 | ISBN 9781944466275 (print) | ISBN 9781944466282 (digital)

Subjects: LCSH: Sustainable development--Madre de Dios River (Peru and Bolivia)--Planning. | Landscape protection--Madre de Dios River (Peru and Bolivia)--Planning.

Classification: LCC HC79.E5 V2843 2019 | DDC 338.985/4207--dc23

LC record available at <https://lccn.loc.gov/2019026148>

ISBN-13: 978-1-944466-28-2 (digital); 978-1-944466-27-5 (impreso)

Fecha de publicación (en línea): 8 de agosto del 2019

<https://doi.org/10.5479/si.9781944466282.Sp>

Impreso en los Estados Unidos de América

♻ El papel utilizado en esta publicación cumple con los requisitos mínimos de la Norma Nacional Americana para la Permanencia del Papel para Materiales de Biblioteca Impresos Z39.48-1992.



Madre de Dios en Perú es una de las regiones con mayor biodiversidad en la Tierra, y es una pieza central para conectar áreas protegidas dentro del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró. Como se reveló con imágenes satelitales, el paisaje excepcional de Madre de Dios está amenazado por un desarrollo no planificado a lo largo de la Carretera Interoceánica, que divide la región de norte a sur. Los cambios en el uso del suelo en los últimos 25 años han reducido la conectividad del paisaje y han degradado los servicios ecosistémicos de los que dependen los habitantes de Madre de Dios.

El Centro para la Conservación y la Sostenibilidad del Smithsonian desarrolló una nueva herramienta para ayudar a los actores claves de Madre de Dios a definir una visión común para el futuro de su región: el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian. *El Futuro de Madre de Dios* presenta el marco y la implementación de esta herramienta participativa, holística y cuantitativa. El estudio contempla cuatro escenarios de cambios futuros para la región: tendencias actuales, expansión de la minería de oro aluvial, ordenamiento territorial y conservación del paisaje. Los cambios en la cobertura del suelo esperados en cada escenario hasta 2040 se modelan, y los paisajes resultantes se evalúan para 15 indicadores de éxito, que abarcan la prosperidad económica, el bienestar humano y la integridad ambiental. Este libro ilustra los resultados de estos análisis y presenta recomendaciones que contribuirán a la promoción del desarrollo sostenible en Madre de Dios.



“Lo más difícil es la decisión de actuar,
el resto es meramente tenacidad.”

- AMELIA EARHART -



“El pesimista se queja del viento;
el optimista espera a que cambie;
el realista ajusta las velas”

- WILLIAM ARTHUR WARD -

CONTENIDO

Lista de Figuras	ix
Lista de Tablas	xi
Lista de Cuadros	xi
Prólogos	xii
Pedro Gamboa	xii
Krishna R. Urs	xiii
Thomas E. Lovejoy	xiv
Prefacio	xv
Acerca de los Autores	xvi
Colaboradores	xvii
Agradecimientos	xix
Abreviaciones y Acrónimos	xx
Glosario de Términos Esenciales	xxii
Resumen Ejecutivo	xxv
Contexto	xxv
Cuatro Escenarios Usando el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian	xxvi
Resultados Claves y Recomendaciones	xxviii
Un Primer Paso hacia el Desarrollo Sostenible	xxix
1 MADRE DE DIOS EN UN PUNTO DE INFLEXIÓN	1
La Biodiversidad Excepcional de Madre de Dios	1
Madre de Dios en la Amazonía Cambiante	3
El Paisaje Cambiante de Madre de Dios (1993-2017)	11
Gestionando los Paisajes de Madre de Dios	21
Una Visión para Madre de Dios	22
2 EL SIMULADOR DE PAISAJES PRODUCTIVOS: UNA APROXIMACIÓN INNOVADORA	23
Una Herramienta para los Tomadores de Decisiones	23
El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian	26
Paso 1. Definir los Servicios Ecosistémicos Esenciales	26
Paso 2. Desarrollar Escenarios Cualitativos	30
Paso 3. Compilar Datos Históricos	31
Paso 4. Desarrollar un Modelo Cuantitativo de Cambios de Uso del Suelo	32
Paso 5. Evaluar el Éxito del Escenario con Indicadores Cuantitativos	36
Paso 6. Elaborar Recomendaciones a partir de las Lecciones Aprendidas	42
Paso 7. Comunicar los Resultados y las Recomendaciones	42

3	CUATRO ESCENARIOS PARA MADRE DE DIOS HASTA EL 2040	43
	Hipótesis Comunes a Todos los Escenarios	43
	Escenario de Tendencias Actuales	44
	Supuestos	44
	Madre de Dios para el 2040	46
	Escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial	48
	Supuestos	48
	Madre de Dios para el 2040	50
	Escenario de Ordenamiento Territorial	52
	Supuestos	52
	Madre de Dios para el 2040	54
	Escenario de Conservación del Paisaje	56
	Supuestos	56
	Madre de Dios para el 2040	58
4	COMPARANDO LOS PAISAJES PRODUCTIVOS EN CADA ESCENARIO	60
	Cambios de Cobertura del Terreno entre 2013 y 2040 en el 10% del Paisaje Impactado	62
	Proyección del Paisaje en 2040 alrededor de la Carretera Interoceánica	64
	Desempeño de los Escenarios para los Indicadores Económicos, de Bienestar y Ambientales	68
	Visión Artística de los Escenarios	70
	Lecciones Aprendidas con los Escenarios	72
	Desarrollo Económico	72
	Bienestar Humano	73
	Ambiente	74
	Desarrollo Sostenible en Madre de Dios	75
5	RECOMENDACIONES PARA OBTENER PAISAJES PRODUCTIVOS SOSTENIBLES	77
	Principios	77
	Responsabilidad del Ordenamiento Territorial	78
	Revisión del Marco Legal	82
	Ordenamiento Territorial	83
	Buenas Prácticas Trans-Sectoriales	86
	Adaptación al Cambio	87
	Investigación	90
	Divulgación y Comunicación	90
	Gestionando la Infraestructura Verde de Madre de Dios:	
	El Camino a Seguir	92
	A. Conector Pariamanu	95
	B. Conector Bajo Madre de Dios	95
	C. Conector Alto Madre de Dios	95
	D. Conector Huepetuhe Sur	95
	Literatura Citada	97
	Apéndice: Organizaciones y Actores Claves Consultados	104

LISTA DE FIGURAS

1. Región de Madre de Dios dentro del Corredor de Conservación Vilcabamba–Amboró y el hotspot de los Andes Tropicales	2
2. Una muestra de la biodiversidad de Madre de Dios	4
3. Indicadores sociales, económicos y ambientales de Madre de Dios y regiones vecinas	6
4. Las principales actividades económicas de Madre de Dios	8
5. El paisaje de Madre de Dios en 1993	12
6. El paisaje de Madre de Dios en 2003	13
7. El paisaje de Madre de Dios en 2013	14
8. El paisaje de Madre de Dios proyectado para el 2017	15
9. Elementos de los paisajes de Madre de Dios	18
10. Enfoque de planificación de escenarios de CCS	25
11. El marco del Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian	27
12. Servicios ecosistémicos prioritarios identificados por los actores claves de Madre de Dios	28
13. Principales factores de cambio identificados por los actores claves de Madre de Dios	29
14. Modelo conceptual de interacciones entre los factores de cambio prioritarios y los indicadores socioecológicos relevantes	30
15. Módulos del modelo cuantitativo usado en Madre de Dios	33
16. Las tres dimensiones de desarrollo sostenible y los 15 indicadores cuantitativos utilizados para evaluar los escenarios	36
17. Ilustraciones del proceso de consultas	40
18. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Tendencias Actuales	47
19. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial	51
20. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Ordenamiento Territorial	55

21. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Conservación del Paisaje	59
22. Cambios de cobertura del terreno en el escenario de Tendencias Actuales	62
23. Cambios de cobertura del terreno en el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial	62
24. Cambios de cobertura del terreno en el escenario de Ordenamiento Territorial	63
25. Cambios de cobertura del terreno en el escenario de Conservación del Paisaje	63
26. Paisaje alrededor de la Carretera Interoceánica en 2040 en el escenario Tendencias Actuales	64
27. Paisaje alrededor de la Carretera Interoceánica en 2040 en el escenario Expansión de Minería de Oro Aluvial	65
28. Paisaje alrededor de la Carretera Interoceánica en 2040 en el escenario Ordenamiento Territorial	66
29. Paisaje alrededor de la Carretera Interoceánica en 2040 en el escenario Conservación del Paisaje	67
30. Desempeño del escenario Tendencias Actuales	68
31. Desempeño del escenario Expansión de Minería de Oro Aluvial	68
32. Desempeño del escenario Ordenamiento Territorial	69
33. Desempeño del escenario Conservación del Paisaje	69
34. Ilustración artística del escenario Tendencias Actuales	70
35. Ilustración artística del escenario Expansión de Minería de Oro Aluvial	70
36. Ilustración artística del escenario Ordenamiento Territorial	71
37. Ilustración artística del escenario Conservación del Paisaje	71
38. Principales instituciones a cargo del ordenamiento territorial integrado y sectorial en Perú	79
39. Ciclo de manejo adaptativo	89
40. Conectores de Madre de Dios para mantener la conectividad del corredor Vilcabamba–Amboró	94

LISTA DE TABLAS

1. Hipótesis cuantitativas comunes a todos los escenarios para Madre de Dios	43
2. Supuestos del escenario de Tendencias Actuales	45
3. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Tendencias Actuales	45
4. Supuestos del escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial	49
5. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial	49
6. Supuestos del escenario de Ordenamiento Territorial	53
7. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Ordenamiento Territorial	53
8. Supuestos del escenario de Conservación del Paisaje	57
9. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Conservación del Paisaje	57
10. Valores del índice de desempeño en todos los escenarios	72

LISTA DE CUADROS

1. Índices económicos y sociales utilizados para comparar regiones	7
2. Consecuencias de la minería de oro aluvial ilegal e informal	17
3. Deforestación y fragmentación del Bosque Atlántico de Brasil	20
4. Efectos globales, nacionales y locales del cambio climático	35
5. Cálculo de desempeño a partir de nuestros indicadores	61
6. Modelado de corredores	93

PRÓLOGO

Pedro Gamboa

Jefe del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) de Perú

Madre de Dios, reconocida como “la capital de la biodiversidad,” alberga en su territorio cinco áreas naturales protegidas: los Parques Nacionales del Manu, Alto Purús y Bahuaja Sonene, la Reserva Comunal Amarakaeri y la Reserva Nacional Tambopata. En sus 3.800.000 hectáreas o 45% del territorio de Madre de Dios, conservan muestras representativas de su gran biodiversidad y legado cultural.

La conservación de estos espacios naturales nos permite integrar de manera efectiva la gestión de otras áreas naturales protegidas que también conforman el Corredor de Conservación Vilcabamba–Amoró. Son cerca de 30 millones de hectáreas que por un momento nos hacen pensar que las fronteras territoriales entre el Perú y Bolivia son imaginarias, y que la hermandad cultural—que data de la época preinca—ha encontrado en este Corredor un espacio de convivencia pacífica y armoniosa para el desarrollo sostenible de los pueblos y la conservación de cada uno de estos espacios naturales sagrados.

Las áreas naturales protegidas son Patrimonio de la Nación; su conservación es una prioridad, que solo se logrará gracias al trabajo conjunto y articulado entre los diferentes niveles del gobierno (nacional, regional y local), el sector privado, la sociedad civil y las comunidades nativas. Por ello la lucha contra la minería ilegal, la deforestación y otras actividades que las afectan no debe detenerse. Madre de Dios no solo debe sentirse orgullosa de que dichos espacios estén libres de estos flagelos, sino que debe seguir luchando para que estas actividades ilícitas desaparezcan por completo de todo su territorio.

Las áreas naturales protegidas de Madre de Dios y del Perú contribuyen al desarrollo de la población, quienes aprovechan de manera sostenible los recursos naturales como la castaña, el aguaje, el cacao, y los recursos del paisaje a través del turismo vivencial, entre otros. Esto siendo un ejemplo de cómo la conservación y el desarrollo sostenible son una realidad que beneficia a miles de pobladores y el verdadero legado para las futuras generaciones.

PRÓLOGO

Krishna R. Urs

Embajador de los Estados Unidos en Perú

Como Embajador de los Estados Unidos de América en el Perú, he tenido la gran fortuna de viajar a diferentes regiones de este maravilloso país. La Amazonía peruana es hermosa y única y Madre de Dios es una razón enorme para ello.

En este libro, los autores han buscado predecir el futuro “incierto y complejo” de la región de Madre de Dios a través de una herramienta que intenta prever qué medida las actividades humanas y políticas que actualmente se están implementando impactarán en la región. Esto contribuirá a los esfuerzos de conservación, informará a los formuladores de políticas cómo encaminar sus pasos en la dirección correcta y apoyará la defensa ambiental global al permitirnos aprender de esta herramienta analítica.

El Futuro De Madre De Dios: Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian para un Desarrollo Sostenible continúa la tradición del Smithsonian Institution de resaltar su interés por la cuenca Amazónica, una región de más de 6.3 millones de kilómetros cuadrados (más de un tercio de Sudamérica) que constituyen los pulmones del planeta. La Embajada de los Estados Unidos de América en el Perú comparte la preocupación del Smithsonian y está comprometida en apoyar los esfuerzos del Perú para combatir las actividades ilícitas que resultan en una variedad de delitos ambientales, incluso en Madre de Dios. La herramienta innovadora presentada en este libro por el Smithsonian ayudará a definir un camino colectivo hacia la prosperidad económica sostenible, el bienestar social y la integridad ambiental, modelo que podría ser replicado en otras partes de Perú y el mundo.

PRÓLOGO

Thomas E. Lovejoy

Miembro titular de la Fundación de las Naciones Unidas y profesor de Ciencia y Política Ambiental de la Universidad George Mason

El mismo nombre Madre de Dios tiene un aire místico: un lugar lejano al oeste de los Andes, con bosques llenos de vida, ríos que se originan en los Andes y se dirigen en última instancia hacia el Atlántico y, más allá de los asentamientos, los pueblos indígenas que son muy conocedores y dependientes en su entorno natural. Durante mucho tiempo estuvo aislado por una barrera montañosa, pero esto ya no es el caso, ya que las carreteras, la extracción ilegal de oro y otras actividades dejan huella en este Shangri-La biológico.

Los científicos del Smithsonian bajo el liderazgo de Francisco Dallmeier se han comprometido con la exploración y crónica de las riquezas biológicas de la región. Sin embargo, se han dado cuenta, como lo dijo el secretario de Smithsonian S. Dillon Ripley, de que todo biólogo con conciencia debería dedicar parte del tiempo a la conservación.

De eso trata este volumen: (1) investigar con microscopios, frascos con muestras y redes de recolecta para examinar lo que está sucediendo, y más importante lo que podría suceder, al patrimonio biológico de esta región extraordinaria; y (2) sugerir modificaciones a las trayectorias de deforestación y otros impactos ambientales. La consecuencia es una visión muy reflexiva de un futuro alternativo para Madre de Dios y sus maravillas y riquezas naturales.

Este volumen presenta una nueva y audaz visión para el futuro de Madre de Dios. Respeta simultáneamente las maravillas naturales y al mismo tiempo muestra las formas en que los asentamientos mixtos y no indígenas pueden lograr una trayectoria sostenible. Esta es una nueva visión conceptualmente audaz, pero a la vez reflexiva. No es una camisa de fuerza estrecha y ciega de oportunidades de desarrollo perdidas—casi todas esas “oportunidades” son miopes y representan un canto de sirenas a una prosperidad falsa.

En contraste, los esquemas de la visión que se describen aquí aseguran que la Naturaleza en toda su sorprendente variedad siempre formarán parte de la región y que sus habitantes prosperarán porque sus aspiraciones están integradas con la naturaleza.

PREFACIO

La investigación del Smithsonian en Madre de Dios comenzó en la década de 1980 con más de diez años de expediciones en el Parque Nacional del Manu. Estas expediciones de investigación inventariaron, monitorearon y documentaron la rica biodiversidad del parque. Docenas de biólogos y estudiantes nacionales e internacionales contribuyeron a los conocimientos biológicos básicos de Manu y al manejo y la conservación en la región.

Desde entonces, el Smithsonian Institution realizó numerosos otros proyectos en Perú, como el inventario de biodiversidad para la región de Camisea en la década de 1990 y otros proyectos en los últimos veinte años. Smithsonian dirigió equipos multidisciplinarios de biólogos y proporcionó recomendaciones innovadoras para minimizar los impactos de la infraestructura y el desarrollo energético en el país. Estos proyectos fueron pioneros en el modelo alta mar-tierra firme (*offshore-inland*) con un marco de desarrollo sin carreteras, el establecimiento de infraestructura fuera de hábitats críticos y naturales, el desarrollo de puentes de dosel a lo largo de infraestructuras lineales y los enfoques de restauración de la selva tropical.

Durante veinte años, Smithsonian ha trabajado para integrar las necesidades de conservación con las prioridades de desarrollo contribuyendo con el mantenimiento de la biodiversidad.

Entonces, cuando en el 2014 Smithsonian fue invitado por *Hunt Oil Exploration and Production Company* de Perú para realizar una investigación sobre la biodiversidad en la Reserva Comunal Amarakaeri de Madre de Dios, fue como volver a casa. Sin embargo, las cosas habían cambiado mucho, y la región era muy diferente de lo que conocimos en años anteriores. Con Hunt Oil, sentimos que teníamos que ir más allá de la gestión de la biodiversidad y tratar de entender los cambios de una manera más integrada. Posteriormente, el equipo desarrolló una evaluación participativa de planificación de escenarios para Madre de Dios con el fin de evaluar las consecuencias de diferentes visiones de los actores claves sobre el desarrollo del departamento basándose en datos cualitativos y cuantitativos. Este análisis proporciona una visión holística del futuro de Madre de Dios que puede contribuir a mantener la funcionalidad del corredor de conservación Vilcabamba-Amboró a una escala mayor. Creemos que este enfoque ofrece a los tomadores de decisiones una visión de futuro de la conservación y del desarrollo sostenible que debe replicarse en otras regiones del país y más allá.

Francisco Dallmeier y Hadrien Vanthomme

Director Investigador en ecología

**Centro para la Conservación y la Sostenibilidad
Instituto de Biología de la Conservación y Zoológico Nacional Smithsonian**

ACERCA DE LOS AUTORES

Hadrien Vanthomme es biólogo de la conservación y ecólogo de bosques tropicales. Ha realizado investigaciones en África y América Latina sobre cómo la gestión de los recursos naturales y la infraestructura a gran escala impactan la biodiversidad y los ecosistemas tropicales, apoyando mejores prácticas innovadoras multisectoriales para lograr un desarrollo sostenible.

Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación, Centro para la Conservación y Sostenibilidad. Instituto Smithsonian, Av. Los Libertadores # 215, San Isidro, Lima 27-Perú. Correo electrónico:vanthommeh@si.edu

Ana María Sánchez-Cuervo es bióloga de la conservación. Su investigación incluye el uso de sistemas de información geográfica, modelos espacialmente explícitos, análisis espacial y estadísticas multivariadas para comprender los patrones, las causas y las consecuencias del cambio ambiental global.

Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación, Centro para la Conservación y Sostenibilidad. P.O. Box 37012, MRC 705, Washington DC, 20013-7012. Correo electrónico: sanchezam@si.edu

Paola Gárate es ecóloga. Ha participado en proyectos de conservación e investigación como coordinadora, asistente de investigación y apoyo técnico para instituciones peruanas privadas y gubernamentales.

Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APECO). Parque José de Acosta 187, Magdalena del Mar, Lima, Perú. Correo electrónico: garatepaola@gmail.com

Adriana Bravo es bióloga tropical interesada en ecología, conservación y educación. Cuenta con más de 15 años de experiencia trabajando en proyectos de ecología y conservación en bosques Neotropicales. Adriana fue la directora del Programa de Biodiversidad Wandari para el Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación en Lima, Perú.

Departamento de Historia Natural, Museo Real de Ontario, 100 Queen's Park, Toronto, ON M5S2C6, Canadá. Correo electrónico: adrianabravo1@gmail.com

Francisco Dallmeier dirige el Centro para la Conservación y Sostenibilidad del Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación y del Zoológico Nacional. La misión del centro es aplicar la experiencia del Smithsonian para integrar las necesidades de conservación con las prioridades de desarrollo sostenible.

Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación. P.O. Box 37012, MRC 705, Washington DC, 20013-7012. Correo electrónico: dallmeierf@si.edu

COLABORADORES



Smithsonian
Conservation Biology Institute

El Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación y su Centro para la Conservación y Sostenibilidad (CCS) generan información científica y desarrollan herramientas de modelado y mejores prácticas para informar acerca de acciones de desarrollo sostenible. En línea con la agenda 2030 de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible, CCS ha trabajado con el sector privado desde 1996 para desarrollar las mejores prácticas de conservación y desarrollo para conservar la biodiversidad así como los servicios ecosistémicos que benefician a las personas y a la vida silvestre. El equipo de investigación de CCS tiene más de 30 años de experiencia trabajando en Madre de Dios, así como en otras regiones amazónicas, andinas y costeras de Perú y está bien informado sobre los desafíos regionales de conservación y desarrollo. El enfoque de CCS para paisajes productivos sostenibles en Madre de Dios ofrece una visión integral de los posibles escenarios para la región y empodera a los actores claves a tomar decisiones informadas sobre temas críticos de conservación y desarrollo.



Ecosystem Services LLC es una empresa forestal, de energías renovables y de recursos naturales especializada en la generación de servicios ambientales comercializables internacionalmente. Guiada por los principios de inversión ética, justicia social, igualdad de género, conservación ambiental y desarrollo sostenible, la misión de Ecosystem Services LLC es conservar la biodiversidad del planeta a través de la generación de rendimientos financieros para los inversores y la provisión de oportunidades de desarrollo para las personas. Para lograr esto, Ecosystem Services LLC está desarrollando y comercializando servicios ecosistémicos con énfasis en compensaciones de dióxido de carbono y conservación de bosques para lograr un desarrollo sostenible, con enfoque principal en América Latina.



El Centro de Investigación Científica Amazónica (CINCIA) genera conocimiento científico que integra en la elaboración de iniciativas de gestión ambiental para promover el desarrollo sostenible así como la reforestación y la mitigación de la contaminación donde sea necesario. CINCIA cuenta con vasta

experiencia en silvicultura, propagación de árboles nativos, restauración de nutrientes en suelos empobrecidos y en el entendimiento del daño causado por el vertido de mercurio. Esta experiencia es utilizada en la búsqueda de soluciones para la reforestación de uno de los lugares con mayor biodiversidad en la Tierra, a la vez que se mitiga el daño a la tierra, los suelos, el agua y la vida de los peces debido a la creciente deforestación y el envenenamiento por mercurio. Los científicos de CINCIA trabajan para generar confianza con los líderes del gobierno, los mineros y los agricultores en búsqueda de un uso de la tierra más eficiente y con menos daños ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Sharon Bowen (Zoológico de Maryland en Baltimore), Francisco Román (CINCLA) y Maina Martir-Torres (USAID) por sus contribuciones a esta publicación. También agradecemos a Giancarlo Raschio, Christian Contreras, Carla Zúñiga y Luciano Cárcamo de Ecosystem Services LLC por su inestimable ayuda con el proceso de consultas en Madre de Dios, así como a Mitchell Aide y Rafael Alvarez por su excelente trabajo en el mapeo de las coberturas del suelo de la región.

Agradecemos la participación de instituciones públicas y privadas que colaboraron y apoyaron esta investigación. Muchas gracias a todos ellos, especialmente al Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNANP) y al Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD). Nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que dedicaron su tiempo para revisar las primeras versiones de este documento, dándonos comentarios extraordinarios y recomendaciones útiles. Un agradecimiento especial a Leticia Santos de Lima, quien contribuyó enormemente en el proceso de modelado y análisis espacial. El financiamiento para esta investigación ha sido proporcionado por la compañía de exploración y producción de petróleo Hunt Oil Company de Perú.

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

ACCA/ACA: Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica / Amazon Conservation Association

BBOP: Programa de Compensaciones de Negocios y Biodiversidad

CCS: Centro para la Conservación y Sostenibilidad (SCBI)

CEPLAN: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico del Perú

CINCIA: Centro de Investigación Científica Amazónica

DIGOT: Dirección General de Ordenamiento Territorial del MINAM

DIGRVU: Dirección General de Políticas y Regulación en Vivienda y Urbanismo del MVCS

DIGSPACR: Dirección General de Saneamiento de la Propiedad Agraria y Catastro Rural del MINAGRI

DIGTT: Dirección General de Transporte Terrestre del MTC

DIRAGRI: Dirección Regional de Agricultura de los GORE

DIREMIN: Dirección Regional de Energía, Minas, e Hidrocarburos de los GORE

DIRFF: Dirección Regional Forestal y de Fauna de los GORE

DIRTC: Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones de los GORE

DIRVCS: Dirección Regional de Vivienda, Construcción, y Saneamiento de los GORE

DIT: Diagnóstico Integrado del Territorio; Integrated Diagnostic of the Territory

DNCPE: Dirección Nacional de Coordinación y Planeamiento Estratégico del CEPLAN

EE: Estudios Especializados; Specialized Studies

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

EISA: Evaluación de Impacto Social y Ambiental

GBIF: Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad

PIB: Producto Interno Bruto

GEOIDEP: Portal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú del IDEP

GORE: Gobiernos Regionales

GOREMAD: Gobierno Regional de Madre de Dios

GRPPAT: Gerencia Regional de Planeamiento Participativo y Acondicionamiento Territorial de los GORE

IDH: Índice de Desarrollo Humano

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

IDEP: Infraestructura de Datos Espaciales del Perú

IIRSA: Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana de la BID

INE: Instituto Nacional de Estadística de Bolivia

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del MINEM

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

MAAP: Proyecto de Monitoreo de la Amazonía Andina de ACCA

MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego del Perú

MINAM: Ministerio del Ambiente del Perú

MINCETUR: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú

MINEM: Ministerio de Energía y Minas del Perú

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú

MVCS: Ministerio Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú

ONG: Organización No Gubernamental

PFNM: Productos Forestales No Madereros

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

POT: Plan de Ordenamiento Territorial; Territorial Management Plan

PRODES: Programa ProDescentralización de USAID

PROFONANPE: Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú

REDD+: Reducción de las Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación forestal y el rol de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo del CMNUCC.

SCBI: Instituto de Biología de la Conservación del Smithsonian

SDOT: Secretaria de Demarcación y Organización Territorial del VMINGT

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del MINAGRI

SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado del Perú

SPDA: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

USAID: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

VMINGT: Viceministerio de Gobernanza Territorial del Perú

OMS: Organización Mundial de la Salud

WWF: Fondo Mundial para la Naturaleza

ZEE: Zonificación Ecológica y Económica; Ecological and Economical Zoning

GLOSARIO DE TÉRMINOS ESENCIALES

Actores claves: en el contexto de este estudio, un individuo, grupo u organización que puede afectar o es afectado por la gestión de un territorio (inspirado en Freeman 2010). Las 13 categorías de actores claves consideradas en este estudio incluyen: gobierno nacional, gobierno regional, comunidades indígenas, agricultores, extractores de productos forestales no madereros, madereros, mineros formales e informales, compañías de hidrocarburos, administradores de energía hidroeléctrica, compañías de turismo, organizaciones no gubernamentales de conservación, universidades e instituciones de investigación y la sociedad civil.

Biodiversidad: la variedad dentro y entre los organismos vivos, las comunidades y los procesos bióticos, que ocurre naturalmente o que ha sido modificada por los humanos. La biodiversidad puede ser medida en términos de diversidad genética, la identidad y el número de diferentes tipos de especies, comunidades y procesos bióticos, y como la cantidad y estructura de cada uno. Puede observarse y medirse en cualquier escala espacial, desde micro sitios hasta la biosfera completa (DeLong 1996).

Catastro: registro oficial de los propietarios de la tierra y de la cantidad y el valor de la tierra que poseen.

Desarrollo: el proceso de transformación económica y social basado en factores culturales y ambientales complejos y sus interacciones (Jacobs y Asokan 1999).

Desarrollo sostenible: un desarrollo humano que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades (Brundtland 1987). El concepto reconoce que el desarrollo humano no está separado de los ecosistemas de apoyo en los que tiene lugar. Más allá de esta definición ambigua e histórica, el término se usa aquí como un camino de desarrollo negociado que equilibra de manera justa los intereses económicos, de bienestar y ambientales presentes y futuros (inspirado por Kates et al. 2005).

Escenarios: historias plausibles, desafiantes y relevantes acerca de cómo podría desarrollarse el futuro, las cuales se puede contar en palabras así como en números (Raskin et al. 2005). Las historias en palabras se refieren a las narrativas cualitativas, mientras que las historias en números se refieren a la evaluación cuantitativa de escenarios utilizando indicadores clave de éxito, como los servicios ecosistémicos o los indicadores socioeconómicos. La evaluación cuantitativa de los escenarios se realiza con modelos matemáticos que describen las relaciones entre los factores clave de cambio (es decir, cualquier factor natural o inducido por el hombre que causa un cambio directa o indirectamente) y los indicadores de éxito.

Evaluación de los servicios ecosistémicos: un enfoque en la planificación destinado a apoyar el desarrollo de políticas e instrumentos que integren perspectivas sociales, económicas y ecológicas (Seppelt et al. 2011). La identificación y jerarquización adecuada de servicios ecosistémicos a escala local y regional por parte de actores claves facilita las decisiones relacionadas con el manejo y la protección (Landsberg et al. 2013). A pesar de los retos que requiere la participación adecuada de actores claves (Reed 2008, Young et al. 2013), esta conlleva numerosos beneficios, como la disminución de la probabilidad de marginación, el empoderamiento de los actores claves mediante el desarrollo de conocimiento, el aumento de la percepción de un proceso de toma de decisiones justo y además brinda oportunidades de aprendizaje social (Luyet et al. 2012, Durham et al. 2014).

Fragmentación de bosque: el proceso por el cual las actividades humanas dividen grandes extensiones de bosque contiguas en parches más pequeños. La fragmentación altera la dinámica poblacional de las especies de bosques, reduciendo la biodiversidad y afectando el funcionamiento y los servicios ecosistémicos (Saunders et al. 1991, Foley et al. 2007).

Infraestructura verde: la red interconectada de áreas naturales y seminaturales que conservan los valores, funciones y servicios de los ecosistemas naturales, manteniendo la salud social y económica (Benedict y McMahon 2012). Algunos ejemplos incluyen ríos, bosques, pantanos y áreas protegidas.

Infraestructura gris: la inversión de capital relativamente permanente y fundacional de un territorio que subyace y hace posible toda su actividad económica. Incluye instalaciones administrativas, de energía, telecomunicaciones, transporte, servicios públicos, eliminación de desechos, procesamiento, alojamiento, educación, salud e investigación.

Paisajes productivos: territorios productivos donde los ecosistemas se gestionan de forma sostenible (Cannavò 2007). Los paisajes productivos incluyen infraestructura gris (por ejemplo, carreteras, ciudades, líneas eléctricas) que brindan servicios económicos e infraestructura verde (por ejemplo, ríos, bosques, pantanos, áreas protegidas) que brindan servicios ecosistémicos y resguardan la biodiversidad. Cuando las infraestructuras grises y verdes se gestionan de forma adecuada y conjunta, el paisaje puede lograr un desarrollo sostenible.

Planificación de escenarios: una forma estructurada de pensar en el futuro para facilitar la toma de decisiones (Chermack 2004). La planificación de escenarios consiste en explorar un puñado de estados futuros plausibles en un territorio llamados escenarios. Estos estados se deducen de las condiciones presentes y pasadas recientes y se extrapolan al futuro. Al explorar escenarios, los actores claves pueden definir un estado futuro preferido y la trayectoria óptima para la transición del estado actual al preferido. La planificación de escenarios fue desarrollada simultáneamente por Herman Kahn para formular estrategias para los militares de los EE. UU. (Kahn y Wiener 1967) y por Gaston Berger para ayudar a formular políticas públicas (Berger, 1966).

Servicios Ecosistémicos: los beneficios (productos y servicios) que las personas, incluidas organizaciones y empresas, derivan de los ecosistemas (Reid et al. 2005). Incluyen servicios de aprovisionamiento como alimentos, agua y madera; servicios de regulación que afectan el clima, las inundaciones, las enfermedades, los desechos y la calidad del agua; servicios culturales que proporcionan beneficios recreativos, estéticos y espirituales; y servicios de apoyo que contribuyen al suministro de otros servicios como la formación de suelos, la fotosíntesis y el ciclo de nutrientes (Reid et al. 2005). La provisión de servicios ecosistémicos se basa en ecosistemas que funcionan adecuadamente (Hooper et al. 2005) y justifica la implementación de acciones de conservación.

Sostenibilidad: la cualidad de poder continuar durante mucho tiempo y causar poco o ningún daño al ambiente (Bell y Morse 2013).

Territorio: un área de tierra bajo la jurisdicción de una entidad gobernante.

RESUMEN EJECUTIVO

Contexto

La región amazónica de Madre de Dios, en el sur del Perú, ubicada en el piedemonte de los Andes tropicales, es el corazón de una de las regiones con mayor biodiversidad del mundo. La región se encuentra en una ubicación crítica dentro del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró, que conecta 30 millones de hectáreas desde Perú hasta Bolivia y alberga algunas de las áreas protegidas más renombradas de la Tierra. A pesar de esta importancia global, los ecosistemas excepcionales de Madre de Dios están siendo transformados rápidamente, así como la mayoría de las regiones amazónicas vecinas.

Un análisis de imágenes satelitales entre 1993 y 2017 revela que los cambios en el paisaje comenzaron con la conversión de bosques a partir de la década de 1980 debido a la promoción política de la agricultura. La región tenía carreteras poco fiables en ese momento y la mayor parte de la economía se basaba en la explotación de productos forestales como la madera tropical, la castaña (nuez de Brasil) y el látex. La deforestación para la extracción de oro aluvial comenzó en 1996-1998 y se aceleró con la pavimentación de la Carretera Interoceánica en 2010. Mientras tanto, la agricultura y las áreas urbanas se expandieron, lo que también contribuyó a la deforestación.

Hoy en día, Madre de Dios mantiene un índice de desarrollo humano relativamente alto, una baja tasa de deforestación y una baja densidad poblacional, pero se queda muy por detrás de sus vecinos en términos de desarrollo económico. Uno de los factores de cambio más importante para la región ha sido la finalización de la Carretera Interoceánica, que provocó la conversión acelerada de bosque a agricultura, minería y áreas urbanas. Actualmente, el crecimiento económico nacional, la inmigración y el aumento de los precios internacionales del oro son otros factores importantes de la deforestación y la degradación ecosistémica.

Estos han contribuido a la pérdida de biodiversidad, la emisión de carbono a la atmósfera, la erosión acelerada de los suelos y la pérdida de la capacidad de la vegetación y los humedales de retener contaminantes. A pesar de que el bosque aún cubría el 97,6% de la región en 2017, la concentración de deforestación a lo largo de la Carretera Interoceánica y el desarrollo de actividades de extracción de oro altamente contaminantes a lo largo de los

ríos y en la cabecera de las cuencas hidrográficas crearon la preocupación de que la conectividad del paisaje del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró podría ser perturbada y que los servicios ecosistémicos de los que dependen los habitantes de Madre de Dios podrían colapsar.

Los cambios acelerados del paisaje en Madre de Dios requieren una respuesta rápida y decisiva de los gobiernos regionales y nacionales del Perú. Afortunadamente, varias son las razones por las cuales la región está bien posicionada para emprender un camino de desarrollo sostenible, incluso las ambiciosas reformas de políticas de gestión territorial a nivel gubernamental, el desempeño ambiental y social relativamente bueno de Madre de Dios en comparación con sus regiones vecinas, su pequeña población, su impresionante red de áreas protegidas y un proceso de ordenamiento territorial en camino.

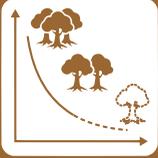
Cuatro Escenarios Usando el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian

El Centro para la Conservación y Sostenibilidad del Smithsonian (CCS) participó en un proyecto innovador para promover el desarrollo sostenible a través de la provisión de información estratégica y análisis. El CCS desarrolló una herramienta de modelado para ayudar a los actores claves de Madre de Dios a definir una visión común para el futuro de su región: el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian.



Los Cuatro Escenarios Evaluados

Escenario de Tendencias Actuales



Este escenario mantiene las tendencias políticas, económicas y sociales actuales. Las actividades extractivas informales e ilegales impulsan la economía sin una gestión regional activa. Madre de Dios experimenta un aumento en el desarrollo económico liderado por la minería de oro y la agricultura, a costa del aumento de la deforestación, la degradación de los servicios ecosistémicos, la contaminación por mercurio, los problemas de salud pública y los conflictos sociales.

Escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial



La minería informal e ilegal de oro se expande debido a la mala gestión de la tierra, el control débil en la aplicación de las leyes, el aumento de la inmigración y los altos precios internacionales del oro. La productividad económica es alta en los sectores de minería y agricultura, asociada con la reducción de la tala y la productividad de la castaña, la degradación alarmante del ambiente y la reducción del bienestar humano.

Escenario de Ordenamiento Territorial



El plan de gestión de la tierra para el desarrollo sostenible de la región se implementa después de 2020. Todas las actividades económicas se formalizan y se llevan a cabo dentro de la zonificación del plan, desacelerando con éxito la expansión de la minería. Estas acciones dan como resultado un buen desempeño económico de los otros sectores y la mejora de los servicios ecosistémicos y el bienestar humano.

Escenario de Conservación del Paisaje



Un nuevo plan de gestión de la tierra centrado en la biodiversidad y la conservación del paisaje se implementa después de 2020. Las áreas protegidas se consideran santuarios, la deforestación se limita enormemente y las tierras degradadas se restauran. Estas acciones dan como resultado un crecimiento económico limitado en los sectores de la agricultura y la minería, un buen desempeño de bienestar humano y un desempeño ambiental óptimo.

El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian es un marco estructurado de siete pasos para evaluar y facilitar la gestión territorial. Esta herramienta combina la evaluación de servicios ecosistémicos, la planificación de escenarios y el concepto de paisaje productivo en un nuevo enfoque.

El equipo de CCS junto con los actores claves de Madre de Dios desarrollaron cuatro escenarios cuantitativos, describiendo lo que podría suceder en la región en cuatro futuros de desarrollo humano alternativos. Los actores claves consultados incluyeron el gobierno nacional, el gobierno regional, las comunidades indígenas, los agricultores, los extractores de productos forestales no madereros, los madereros, los mineros formales e informales, las compañías de hidrocarburos, los administradores de energía hidroeléctrica, las compañías de turismo, las organizaciones no gubernamentales de conservación, las universidades e instituciones de investigación y la sociedad civil. El equipo del CCS luego modeló los cambios en la cobertura del suelo en la región para cada uno de los escenarios hasta el 2040. Luego el equipo evaluó una serie de 15 indicadores que cuantificaron el éxito del escenario en tres dimensiones de sostenibilidad: prosperidad económica, bienestar humano e integridad ambiental.

Resultados Claves y Recomendaciones

Este estudio es el primero en modelar las consecuencias futuras del desarrollo humano sobre una serie de servicios ecosistémicos e indicadores socioeconómicos a nivel de paisaje en la Amazonía peruana. El enfoque del Smithsonian para Madre de Dios ofrece visiones contrastantes del futuro basadas en datos cualitativos y cuantitativos imparciales y una variedad de puntos de vista equilibrados de los actores claves, para ofrecer una visión holística del futuro de la región.

Ningún escenario ofrece el mejor desempeño en todos los indicadores y todos representan un compromiso diferente entre el desarrollo económico, el bienestar humano y la preservación del ambiente. Estas dimensiones de la sostenibilidad son interdependientes por lo que una decisión sobre una de ellas afecta al éxito de las demás. El análisis de escenarios muestra que la gestión territorial activa del paisaje de la región proporciona un mayor rendimiento que el desarrollo no gestionado. Esto requiere un enfoque de gestión holístico e integrado de la zonificación de la tierra, teniendo en cuenta los procesos económicos, de bienestar y ambientales.

Los talleres con los actores claves realizados en este estudio así como los resultados del proceso de modelado nos dicen que la nueva visión de Madre de Dios debe estar guiada por los siguientes principios universales: sostenibilidad,

equidad, respeto cultural, visión holística, transparencia y probidad. Lograr el desarrollo sostenible en la región requiere una reforma de la estructura y las responsabilidades del ordenamiento territorial dentro de los gobiernos nacionales, regionales y de distrito. Esto permitirá una mejor integración de los esfuerzos sectoriales de planificación territorial. También es necesaria una revisión del marco legal relacionado con el ordenamiento territorial para facilitar la implementación de la visión del desarrollo sostenible regional y para eliminar las regulaciones perversas que promueven los daños ambientales.

Una recomendación importante expresada durante las consultas con los actores claves fue la de completar e implementar un plan de gestión territorial en la región. Para ello, el gobierno regional debería, en primer lugar, unificar los objetivos de desarrollo en función de las aspiraciones de los actores claves y de acuerdo con las prioridades nacionales. También es necesario completar la zonificación del uso de la tierra a escala fina (menos de 1:100.000) de la región y establecer un catastro único para identificar y resolver las superposiciones de uso de la tierra. Hasta que esto se logre, la región debería suspender temporalmente y actualizar los procesos de otorgamiento de nuevas concesiones de cualquier tipo, a fin de evitar crear más superposiciones. Por último, la aprobación de un plan de ordenamiento territorial requeriría también un control y un seguimiento adecuados para garantizar el desarrollo legal de las actividades en la región.

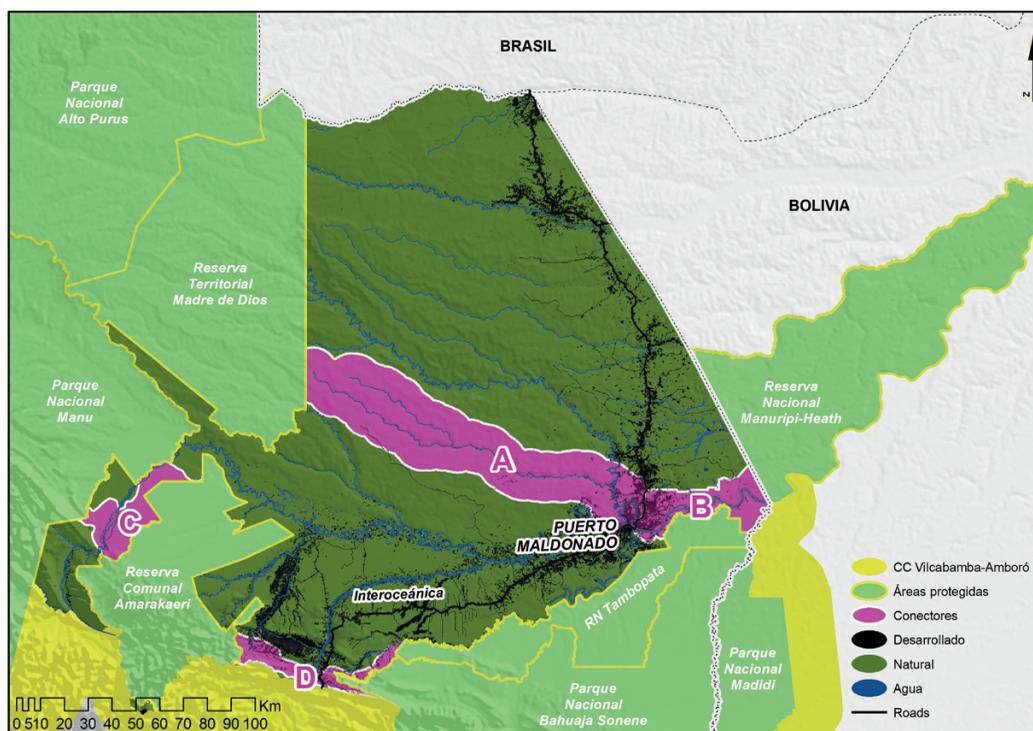
Los esfuerzos sostenibles deberían fomentarse de igual forma en la sociedad civil y en el sector privado. La difusión de buenas prácticas entre los sectores como la restauración y reforestación de tierras degradadas por las actividades económicas fue considerada una prioridad por los actores claves locales. Estas buenas prácticas podrían recopilarse y difundirse a través de mesas redondas sectoriales o mediante el apoyo a los pequeños operadores económicos. Algunos productos como la madera, la castaña aquellos derivados de la biodiversidad y del uso sostenible necesitan integrarse en cadenas de producción más eficaces y de esta manera varios sectores podrían beneficiarse de tecnologías innovadoras.

Un Primer Paso hacia el Desarrollo Sostenible

El futuro de Madre de Dios es incierto y complejo de predecir, por lo que el ordenamiento territorial debe incluir mecanismos de gestión adaptativa incorporados con planes de desarrollo urbano, servicios sociales y adaptación al cambio climático que sean revisados periódicamente. Otra forma demostrada de resiliencia a los cambios es invertir en investigación y capacitación

en la región. De esta manera, se pueden encontrar rápidamente soluciones locales innovadoras a nuevos desafíos. Por último, todos estos esfuerzos deberían ser participativos y deberían requerir una divulgación y comunicación activa para que la información relacionada con el ordenamiento territorial sea libre y fácilmente accesible.

Mientras se llevan a cabo estas acciones, sugerimos probar la implementación práctica del desarrollo sostenible—incluyendo la finalización de la zonificación ecológica y económica a escala fina, la curación de un catastro regional, la prueba de nuevas tecnologías para minería y agricultura, la restauración de tierras degradadas y abandonadas, el monitoreo biológico y la promoción de ecoturismo, la agrosilvicultura, la explotación forestal certificada, la piscicultura y la extracción de castaña, en las áreas prioritarias de la región, incluyendo las áreas protegidas y los cuatro conectores prioritarios. Estos experimentos pueden ayudar a poner a prueba soluciones sostenibles innovadoras y preservar lugares importantes y servicios ecosistémicos amenazados por el desarrollo no planificado.



El equipo de CCS identificó cuatro conectores que necesitan una acción inmediata: Pariamanu (A), Bajo Madre de Dios (B), Alto Madre de Dios (C) y Huepetuhe sur (D).



MADRE DE DIOS EN UN PUNTO DE INFLEXIÓN

La Biodiversidad Excepcional de Madre de Dios

La selva amazónica cubre 6 millones de km² y se estima que alberga 390 billones de árboles y alrededor de 16.000 especies de árboles (Ter Steege et al. 2013). Es una de las áreas más biodiversas del planeta para muchos taxones, incluyendo plantas, insectos, anfibios, aves, peces y mamíferos (Stotz 1996, Ter Steege et al. 2003, Young et al. 2004, Ceballos et al. 2005, Erwin et al. 2005, Pimm y Jenkins 2005, Ceballos y Ehrlich 2006). Cubre la mayor parte de la cuenca del Amazonas (7 millones de km²), correspondiendo su porción brasileña (70%) a las partes más bajas de la cuenca y las cabeceras de cuenca ubicadas en los Andes de Perú (13%), Colombia (10%), Bolivia (5%) y Ecuador (2%).

La biodiversidad en la Amazonía aumenta de este a oeste, con los niveles más altos encontrados en las cabeceras del Amazonas (Bass et al. 2010). Por esta razón, la cordillera de los Andes y las tierras bajas adyacentes de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia así como las partes tropicales del norte de Argentina y Chile han sido designadas hotspot de biodiversidad. El hotspot de los Andes Tropicales es considerado el “epicentro global de la biodiversidad” (Myers et al. 2000). Contiene alrededor de una sexta parte de toda la vida vegetal del mundo, incluyendo 30.000 especies de plantas vasculares; es el hogar de la mayor variedad de anfibios, aves y mamíferos y ocupa el segundo lugar entre los hotspots del mundo para la diversidad de reptiles, todo ello en sólo el 1% de la superficie terrestre del planeta (NatureServe y EcoDecisión 2015).

El Corredor de Conservación Vilcabamba–Amoró (Figura 1) ubicado dentro del hotspot de los Andes Tropicales ha sido reconocido como el área de mayor prioridad para preservar la biodiversidad excepcional de la región

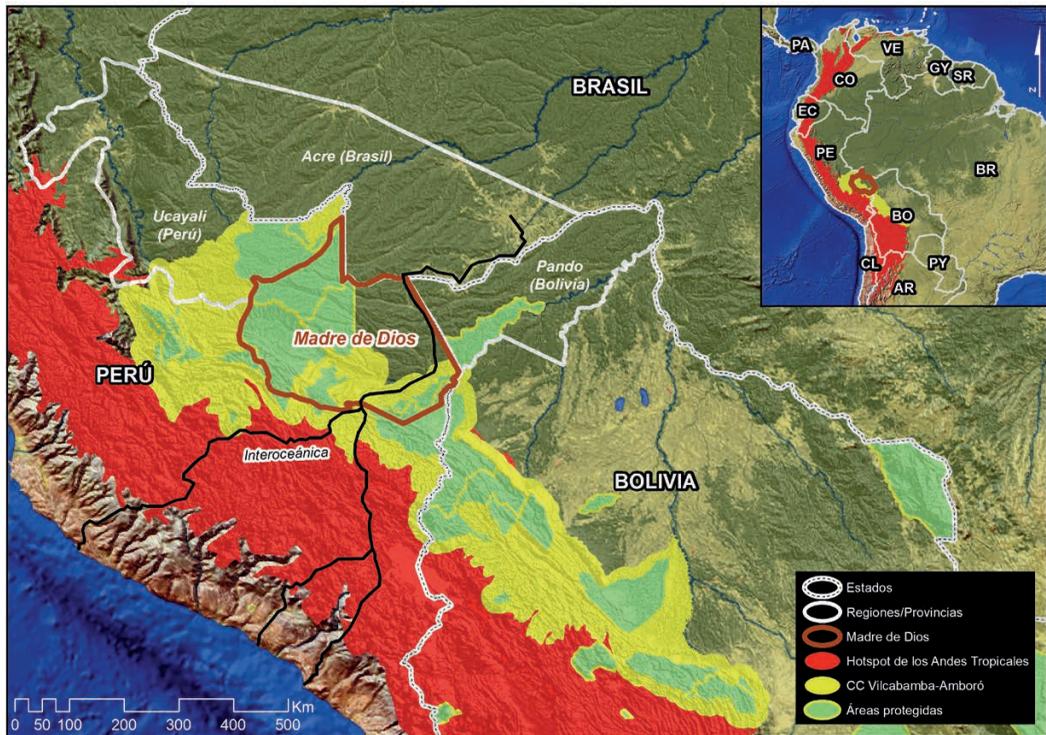


Figura 1. Región de Madre de Dios dentro del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró y el hotspot de los Andes Tropicales. AR: Argentina; BO: Bolivia; BR: Brasil; CL: Chile; CO: Colombia; EC: Ecuador; GY: Guyana; PA: Panamá; PE: Perú; PY: Paraguay; SR: Surinam; VE: Venezuela.

(CEPF y Banco Mundial 2005). Este corredor conecta 30 millones de hectáreas de ecosistemas muy diversos que se extienden desde el Parque Nacional Otishi en la Cordillera de Vilcabamba en Perú hasta el Parque Nacional Amboró en Bolivia. La región de Madre de Dios en Perú alberga el Parque Nacional del Manu, una de las áreas protegidas más emblemáticas del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO por su excepcional biodiversidad, así como la Reserva Nacional de Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja-Sonene.

La región de Madre de Dios es estratégica para la preservación de la biodiversidad del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró. Dentro del hotspot de los Andes Tropicales, ha sido designada por ley como la “capital de la biodiversidad” del Perú (Ley N°26311). Casi la mitad del territorio de la región está designada como parques nacionales, reservas nacionales, reservas comunales o áreas privadas de conservación, algunas de las cuales existen desde la década de 1970. Los ecosistemas de Madre de Dios son típicos de la Amazonía: bosques de terra firme, bosques inundados estacionalmente, bosques húmedos de tierras bajas y bosques premontanos y montanos de hasta 3967 m. La variedad de ecosistemas es fuente importante de la extraordinaria biodiver-

sidad que se encuentra en la región (Figura 2), con 6809 especies de plantas, 1212 de aves, 272 de peces, 256 de mamíferos, 183 de anfibios y 143 de reptiles (GBIF 2018). Las áreas protegidas de Tambopata, Bahuaja Sonene y Alto Purús tienen un alto nivel de endemismo con al menos 9 especies de anfibios, 21 de aves, 17 de plantas, 8 de mamíferos y 2 de reptiles que se encuentran sólo en esas áreas protegidas (GOREMAD 2015).

Madre de Dios en la Amazonía Cambiante

Antes de la década de 1960, los bosques amazónicos permanecían relativamente intactos, debido principalmente a su limitada accesibilidad (Kirby et al. 2006). Esto cambió en las décadas de 1960 y 1970 con la construcción en Brasil de varias carreteras pavimentadas y con la creación de incentivos para colonizar y establecer principalmente ranchos ganaderos en la región amazónica. En primer lugar, el proyecto Polonoeste, un proyecto de construcción de carreteras y agricultura de 1,6 billones de dólares en Mato Grosso y Rondonia, se ejecutó en la década de 1980, con fondos del Banco Mundial (Wade 2011). Posteriormente, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó un préstamo para pavimentar la carretera B-364 desde Porto Velho en Rondonia hasta Río Branco en Acre, Brasil. Este acceso facilitado sumado a los incentivos para el desarrollo desencadenaron una inmigración masiva a los bosques y una deforestación a gran escala no planificada que se desplazó progresivamente de este a oeste siguiendo la construcción de carreteras (Kirby et al. 2006). Numerosos conflictos sociales entre ganaderos, tramperos de caucho y comunidades indígenas se desataron en toda la región, llamando la atención de la comunidad internacional. Protestas públicas llevaron a la creación de un plan de conservación para la Amazonía y al establecimiento de las primeras áreas protegidas a finales de la década de 1970 (Peres y Terborgh 1995).

Al mismo tiempo, el paisaje amazónico de Madre Dios en Perú comenzó a cambiar con la construcción de una carretera que conectaba Puerto Maldonado, la capital de Madre de Dios, con los Andes. Esta carretera se amplió a finales de la década de 1970 para conectar Puerto Maldonado con Acre (Naughton-Treves 2004). En los años 80 y principios de los 90, el gobierno peruano promovió la expansión agrícola en la Amazonía, fomentando la migración de personas desde la sierra hasta la selva. El nuevo modelo económico liberal y austero promovido por el gobierno y la crisis económica de mediados de los años noventa pusieron fin a esta política nacional y dieron lugar a una reducción significativa de la producción agrícola en la región acelerando el cambio de la economía hacia la minería de oro aluvial.

Desde 1990, Madre de Dios ha tenido una trayectoria única comparada con sus vecinos amazónicos de Ucayali en Perú, Acre en Brasil y Pando en



Figura 2. Una muestra de la biodiversidad de Madre de Dios. Fila superior, desde la izquierda: *Phyllomedusa vaillantii*, *Passiflora coccinea*, *Panthera onca*, *Caiman crocodilus*. Fila 2: *Piaractus brachypomus*, *Heliconius melpomene*, *Florisuga mellivora*, *Tillandsia* sp. Fila 3: *Tapirus terrestris*, *Mitu tuberosum*, *Bradypus variegatus*, *Pitangus sulphuratus*. Fila inferior: *Podocnemis unifilis*, *Hypsiboas fasciatus*, *Hymenochaeete* sp., *Erotylus incomparabilis*.





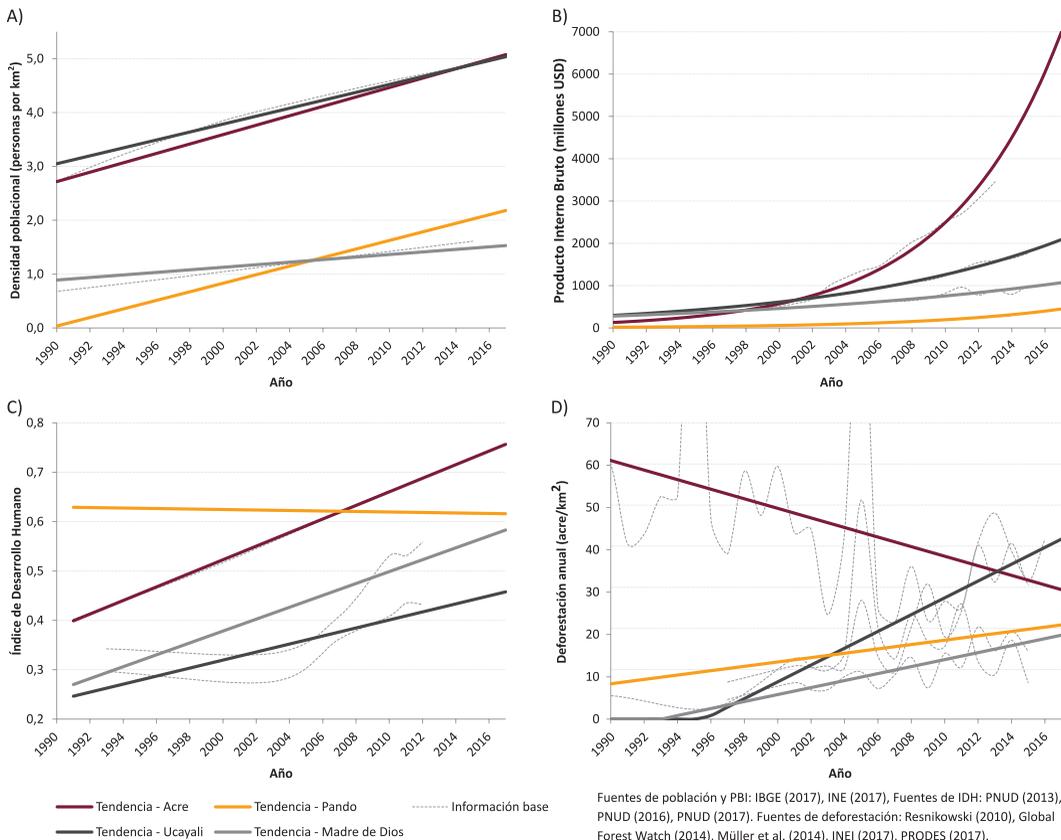


Figura 3. Indicadores sociales, económicos y ambientales de Madre de Dios y regiones vecinas.

Bolivia (Figura 1). Desde los años 90, la densidad de población de Madre de Dios aumentó a un ritmo mucho más lento que la de las otras regiones, lo que resultó en una densidad poblacional más baja en comparación con la de los vecinos (Figura 3A). Las cuatro regiones comenzaron cada una con un producto interno bruto (PIB; Cuadro 1) anual inferior a 300 millones de dólares en 1990 (Figura 3B). En los años siguientes, Acre ha experimentado un auge económico exponencial, mientras que las regiones peruanas apenas han comenzado a experimentar crecimiento económico mientras que Pando en Bolivia se ha estancado en menos de 500 millones de dólares del PIB. A nivel nacional, el PIB de Madre de Dios se mantiene por debajo del de todas las demás regiones peruanas (INEI 2017). Actualmente, el Índice de Desarrollo Humano (IDH; Cuadro 1) es más alto en Acre, seguido de Pando y Madre de Dios y es más bajo en Ucayali (Figura 3C). La deforestación resultante del desarrollo económico de estas regiones ha sido errática (Figura 3D), pero las tendencias muestran que comenzó en Perú a mediados de la década de 1990 y ha sido mucho menos intensa en Madre de Dios que en Ucayali. En contraste,

la deforestación fue alta en los años 90 en Acre y Pando y ha estado disminuyendo en Acre desde 1990 apoyada por fuertes políticas anti-deforestación. La deforestación ha aumentado constantemente en Pando durante este período. En resumen, Madre de Dios mantiene un índice de desarrollo humano relativamente alto, una baja tasa de deforestación y una baja densidad de población, pero está muy por detrás de sus vecinos en términos de desarrollo económico (Figura 3).

El lento desarrollo económico de Madre de Dios estimuló a los gobiernos peruanos nacionales y

locales a promover el desarrollo económico en la región. La construcción de la Carretera Interoceánica entre 2007 y 2010 que conecta los puertos de la costa atlántica de Brasil con los de la costa pacífica de Perú, fue una pieza clave de dichos esfuerzos de desarrollo (Redwood 2012). La carretera modificó de forma significativa el paisaje de la región (Delgado 2008, Southworth et al. 2011), acelerando la transición de una economía regional basada en industrias extractivas forestales a una basada en agricultura, ganadería, minería de oro aluvial y turismo, promoviendo así la inmigración y el crecimiento de la población (Figura 4). Basándonos en los censos de población a nivel de asentamiento de 1993 y 2007 (INEI 1994, 2008) y en las proyecciones de cambios poblacionales oficiales (INEI 2010b) modelamos la probabilidad de cambios poblacionales a nivel de asentamiento en Madre de Dios y extrapolamos que en 2017 vivían entre 140.000 y 160.000 personas en esta área. Basados en la tasa de crecimiento demográfico de las comunidades nativas amazónicas entre 1993 y 2007, estimamos que para el 2017 un total de 4.100 personas eran parte de uno de los 14 grupos culturales indígenas encontrados en la región, principalmente Amarakaeri (27%), Matsigenka (19%), Ese'ejja (15%) y Piro (13%) (INEI 2010a). Históricamente, la región recibió muchos inmigrantes de las regiones andinas vecinas de Cusco, Puno, Arequipa y Apurímac (INEI 2011) así como de países vecinos como Brasil y Bolivia, atraídos por la explotación de productos forestales como la madera y la castaña (nuez de Brasil) y por la minería de

Cuadro 1. Índices económicos y sociales utilizados para comparar regiones

El producto Interno Bruto (PIB) es una medida monetaria del valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en un período. Las estimaciones del PIB nominal se utilizan comúnmente para determinar el desempeño económico de una región y para hacer comparaciones internacionales.

El índice de Desarrollo Humano (IDH) es una estadística compuesta de indicadores de esperanza de vida, educación e ingresos per cápita, que se utiliza para clasificar a los países en términos de desarrollo humano. Un país obtiene una puntuación más alta en el IDH cuando la esperanza de vida es más larga, el nivel de educación es mayor y el PIB per cápita es mayor.



Figura 4. Las principales actividades económicas de Madre de Dios. Fila superior: minería (izquierda) y agricultura (derecha). Fila 2: turismo (izquierda) y cría de ganado (derecha). Fila 3: tala (izquierda) y recolección de castaña (derecha). Abajo: recolección de látex (Shiringa, extremo izquierdo) y recolección de productos tradicionales del bosque y del río.





oro aluvial. En 1998, el Ministerio de Energía y Minas estimó que 10.000 personas trabajaban directamente en el sector del oro en Madre de Dios y entre 20.000 y 30.000 personas vivían indirectamente de la minería de oro (GOREMAD 2006). Entre 2012 y 2014, la producción anual de oro aluvial se estimó entre 8 y 10 toneladas métricas y contribuyó entre el 15% y el 30% del PIB de la región (GOREMAD 2017). Históricamente, la mayoría de los inmigrantes se han establecido en la ciudad de Puerto Maldonado, particularmente entre 2002 y 2007 (INEI 2011) para dedicarse a la minería aluvial en pequeña escala, la agricultura o la ganadería. Actualmente, el crecimiento económico nacional, la inmigración y el aumento de los precios internacionales del oro son factores importantes de deforestación y degradación de los ecosistemas (Southworth et al. 2011, Swenson et al. 2011, Chávez Michaelsen et al. 2013). El sector agrícola peruano está cambiando lentamente (Banco Mundial 2017), mostrando una disminución en su contribución a la economía del país y en la proporción de trabajadores agrícolas en el total de empleos desde la década de 1990, lo que caracteriza a una economía “urbanizada”. Paralelamente, el volumen y el valor de la producción agrícola peruana han crecido constantemente a una tasa del 3,3% anual y el número absoluto de trabajadores agrícolas ha crecido, en particular en la Amazonía peruana (47% en el período 1994–2012). Esto provocó la conversión de 1,64 millones de hectáreas a tierras agrícolas en todo el país. En el Amazonas peruano, la agricultura a pequeña escala anual fue reemplazada progresivamente por cultivos permanentes (café, cacao, aceite de palma) y pasturas. Hoy en día, la mayor parte de la producción agrícola de la Amazonía peruana se dedica a los mercados nacionales e internacionales. Las regiones de Amazonas y San Martín concentran la mayor parte de las actividades agrícolas de la Amazonía peruana y tienden a saturarse, lo que obliga a los agricultores a encontrar nuevas tierras en otras regiones amazónicas del Perú.

Es probable que debido a la planificación de importantes proyectos de infraestructura (carreteras, ferrocarriles, líneas de gas, proyectos hidroeléctricos, líneas de energía y canalización de ríos) en América del Sur (Laurance et al. 2001, Timmons 2013) el desarrollo regional y los cambios en la cobertura boscosa asociados continúen y se aceleren en el futuro. La construcción de nuevas infraestructuras tendrá consecuencias directas en el desarrollo de Madre de Dios. Por ejemplo, el programa para la Integración de la Infraestructura Regional de América del Sur (IIRSA) contaba en 2017 con un portafolio de proyectos activos que representaban una inversión de 150 billones de dólares para la construcción de infraestructura en el Amazonas (IIRSA 2017). Existen 151 propuestas de represas hidroeléctricas en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Finer y Jenkins 2012, Little 2014), 77 de las cuales están ubicadas en la Amazonía peruana y tienen una inversión total estimada de 55,6 billones de dólares (PROTEGER 2017). Las concesiones para la explora-

ción de hidrocarburos cubren actualmente el 84% de la Amazonía peruana (Little 2014) y los compromisos de inversión alcanzaron los 7,2 billones de dólares entre 2015–2017 (Tamayo et al. 2015). Sin embargo, la baja en los precios internacionales de hidrocarburos desde 2014 ha reducido considerablemente estas inversiones, cayendo a 56 millones de dólares para exploración y 296 millones de dólares para explotación en 2016, siendo una disminución del 65% en comparación con el 2014. En 2018, el gobierno peruano esperaba un aumento del 5% en las inversiones en hidrocarburos en comparación con el 2016 (Ernst & Young 2017), sugiriendo un nuevo ciclo de inversiones en el sector. Con un potencial de hidrocarburos de 10 billones de barriles de petróleo en todo su territorio, la producción de petróleo y gas en Perú sin lugar a dudas continuará y se expandirá en el futuro. Las concesiones mineras cubren 21% del área total de la cuenca del Amazonas, localizadas principalmente en Brasil y Perú (Little 2014). La construcción de la Carretera Interoceánica ha abierto a Madre de Dios a los cambios, atrayendo a los migrantes que se dedican a la minería aluvial y a la agricultura, pero también a los inversionistas que buscan desarrollar infraestructura y explotar los recursos hidrocarburiíferos y minerales. Todos estos cambios posiblemente impulsarán la transformación de Madre de Dios en las próximas décadas.

El Paisaje Cambiante de Madre de Dios (1993–2017)

Los cambios en el paisaje de Madre de Dios comenzaron en la década de 1960 y continuaron a un ritmo lento hasta la década de 1990. El análisis satelital de los cambios en el paisaje de la región (ver página 31) muestran claramente la rápida transformación de Madre de Dios entre 1993 y 2017.

En 1993 (Figura 5), la carretera que ahora se ha convertido en la Carretera Interoceánica estaba sin pavimentar y era intransitable durante la temporada de lluvias. Los bosques amazónicos cubrían más del 99% del territorio de la región, excepto alrededor de Puerto Maldonado e Iberia, donde la agricultura (461 km²; 0,6% de la región) se desarrolló a lo largo de la carretera como resultado de las políticas proactivas de los años ochenta. La agricultura en la región era típicamente migratoria. Primero, el agricultor talaba una superficie de bosque para cultivar maíz, arroz o papaya. Al cabo de unos años, el suelo de la Amazonia, pobre en nutrientes, perdía su fertilidad y la tierra se sembraba con pasto para la cría de ganado (GOREMAD 2008). Este ciclo promueve la deforestación, favorece la erosión y libera contaminantes como nitratos y fosfatos en las aguas superficiales. Los bosques de Madre de Dios fueron explotados a través del aprovechamiento de maderas duras tropicales, así como para la castaña y productos forestales no madereros de látex (Shiringa). La minería de oro aluvial estaba limitada en ese momento a 40 km² y se concentraba a lo largo de los ríos Huepetuhe, Puquiri, Malinowski e Inambari y sus afluentes.

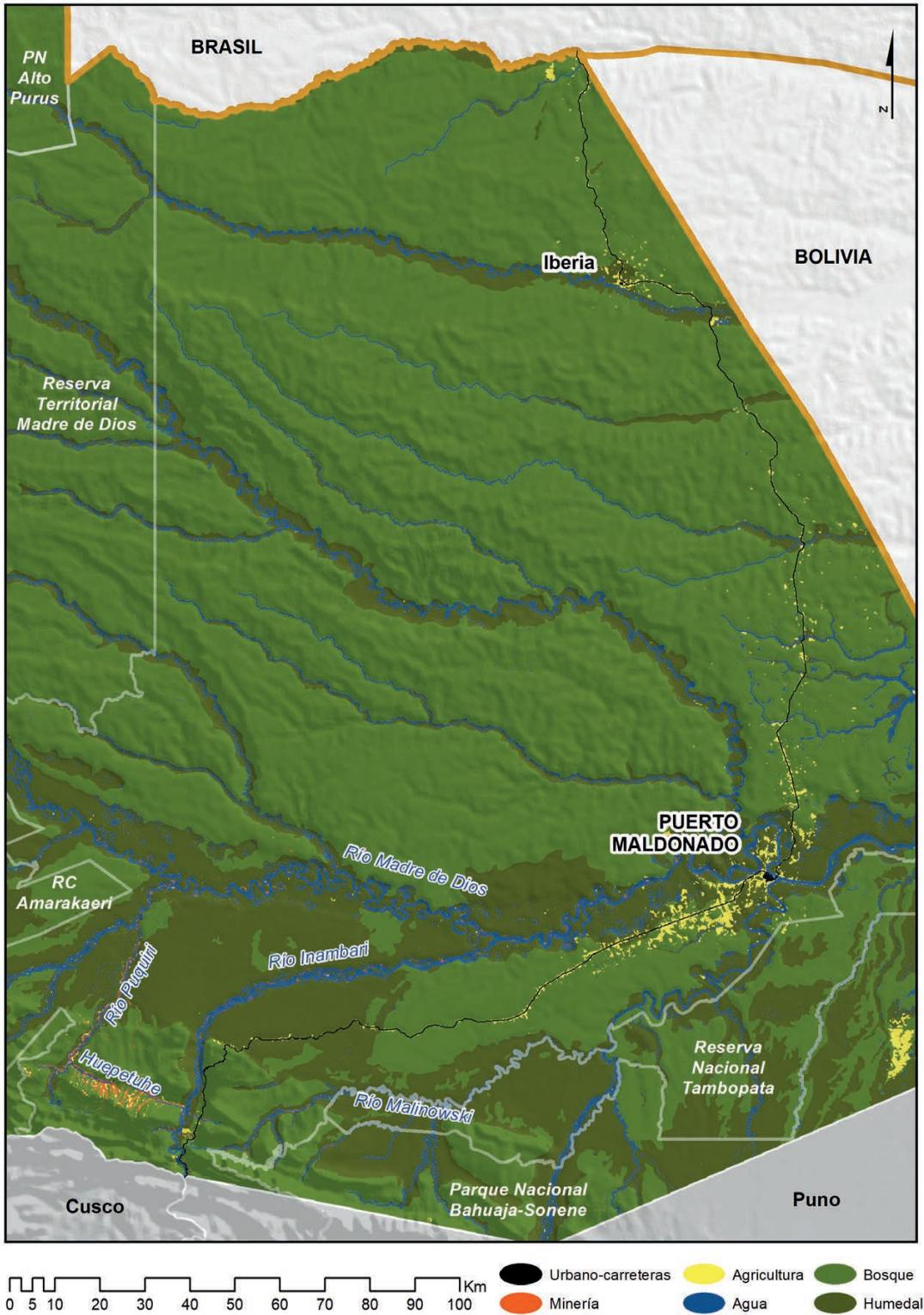


Figura 5. El paisaje de Madre de Dios en 1993.

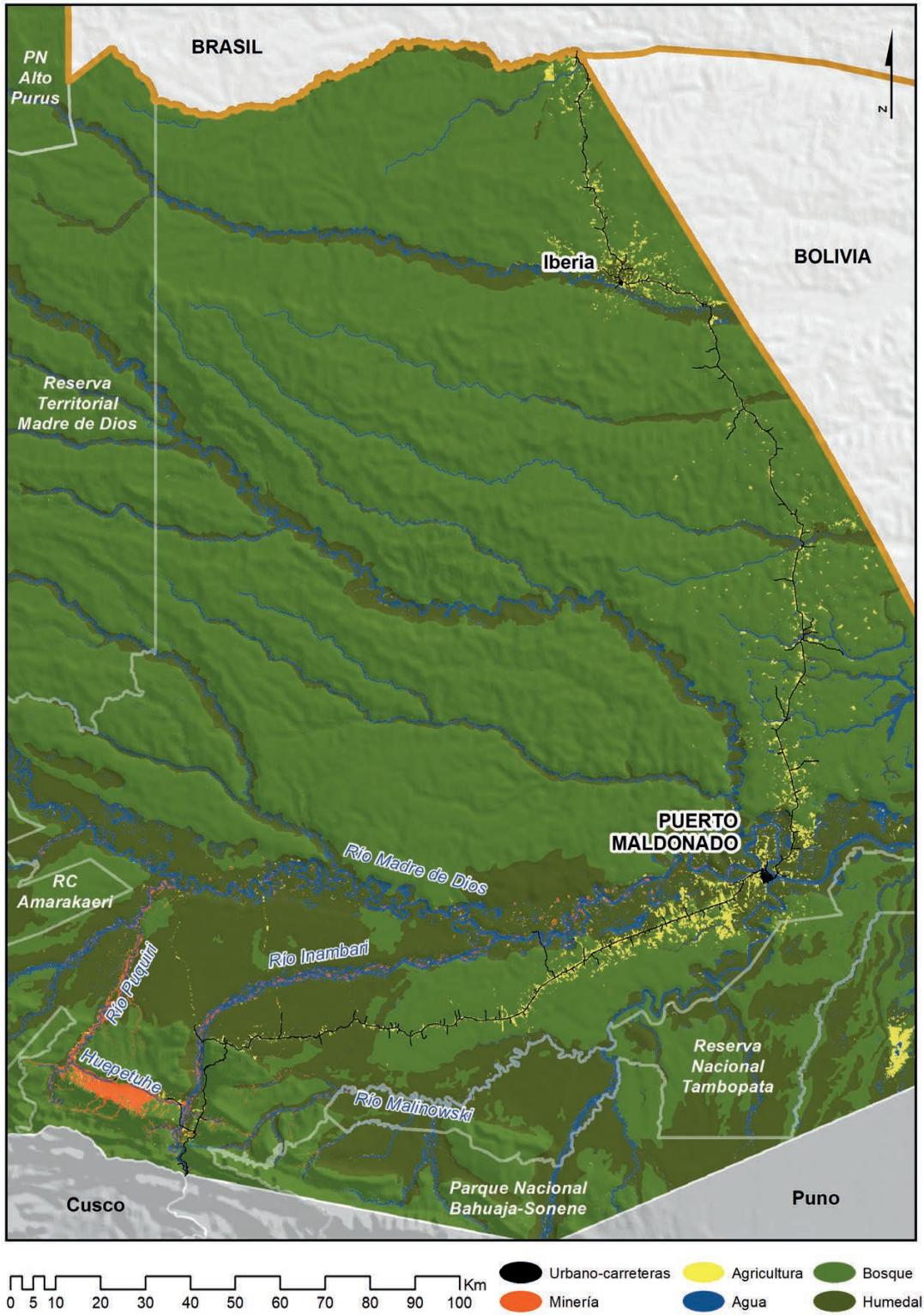


Figura 6. El paisaje de Madre de Dios en 2003.

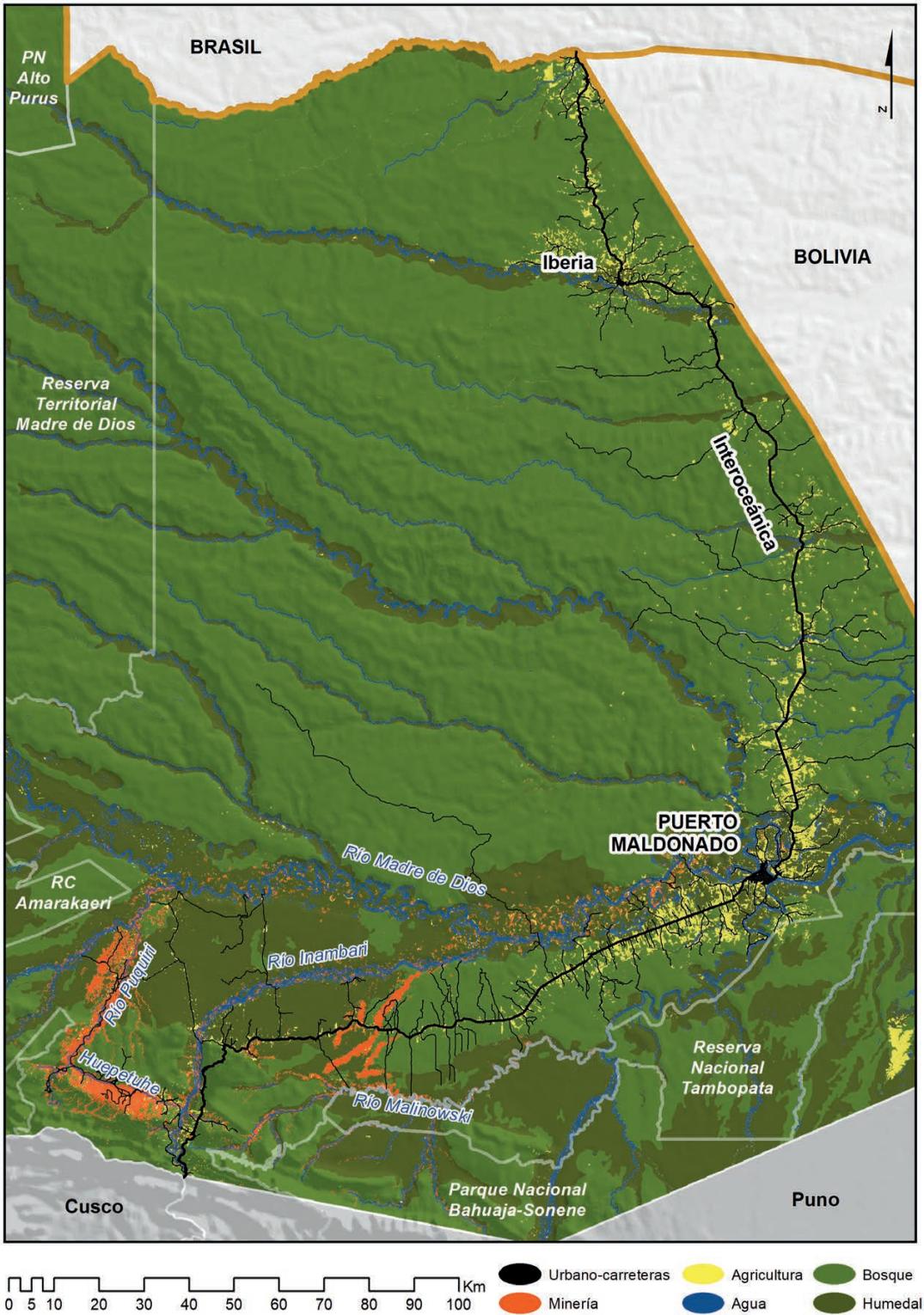


Figura 7. El paisaje de Madre de Dios en 2013.

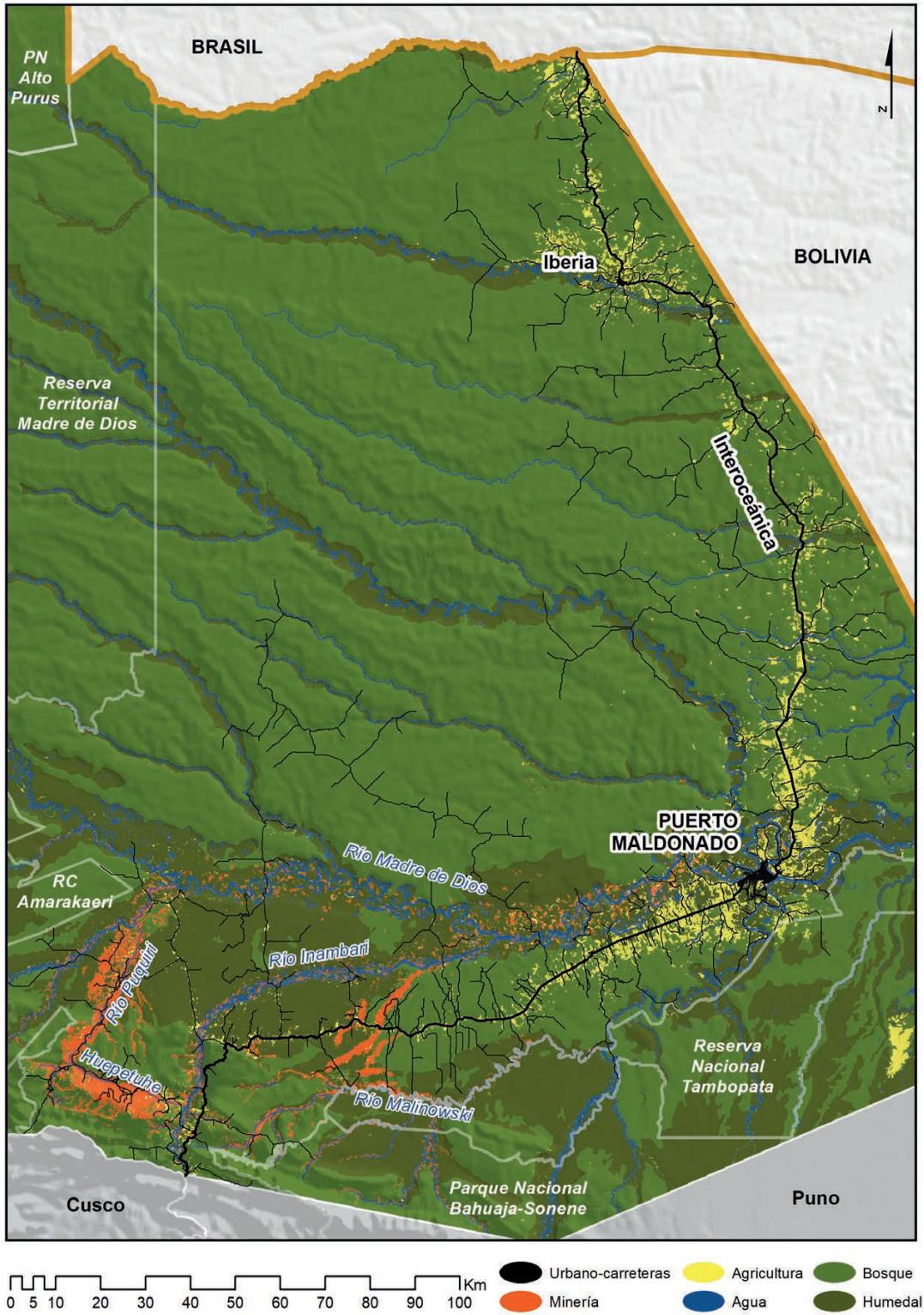


Figura 8. El paisaje de Madre de Dios proyectado para el 2017.

En 2003 (Figura 6), la condición de la Carretera Interoceánica permanecía igual, pero una red secundaria de caminos estaba comenzando a construirse. Estos caminos secundarios se ramificaban desde el eje principal y totalizaban aproximadamente 408 km de longitud. Desde 1993, la superficie de tierras agrícolas casi se ha duplicado y 432 km² de tierras agrícolas se han expandido sobre el bosque. Durante el mismo período, la minería se cuadruplicó, alcanzando un total de 174 km². La mayor parte de la expansión ocurrió en el sector minero de Huepetuhe deforestando entre 1996 y 1998 aproximadamente 80 km² y también a lo largo de los ríos Puquiri e Inambari (Google Earth Engine Team 2015). Las áreas urbanas se duplicaron en superficie, principalmente en Puerto Maldonado, pero también en Iberia y pueblos más pequeños a lo largo de la Carretera Interoceánica, debido al flujo de migrantes provenientes en su mayoría de las regiones andinas vecinas.

Para 2013 (Figura 7), la última sección de la carretera que une Puerto Maldonado con las tierras altas de los Andes había sido pavimentada, completando la Carretera Interoceánica transcontinental y haciendo a la región accesible durante todas las estaciones del año. En el período comprendido entre 2003 y 2013, el precio internacional del oro pasó de menos de 400 dólares por onza a más de 1800 dólares, impulsando la expansión de las zonas mineras (Asner 2013). Entre 2007 y 2013, se abrieron las áreas mineras de Guacamayo-La Pampa (aproximadamente 90 km²) y Delta 1 a lo largo del río Puquiri (aproximadamente 151 km²), mientras que Huepetuhe continuó creciendo (alcanzando aproximadamente 121 km²). Los ríos Inambari y Malinowski, junto con sus afluentes, fueron invadidos por la deforestación a pequeña escala y difusa para la minería aluvial (Google Earth Engine Team 2015). La agricultura y las zonas urbanas siguieron expandiéndose, alcanzando los 1440 km² y 31 km² respectivamente. La fiebre del oro, el acceso fácil vial, la floreciente urbanización y la continua expansión agrícola aceleraron la construcción de carreteras secundarias, cuya longitud se multiplicó por siete en comparación con 2003, alcanzando los 2889 km. El acceso fácil proporcionado por esta extensa red de carreteras secundarias permitió la explotación de recursos hasta unos 10 km de distancia de ellas (Queiroz y Gautam 1992). La caza y la tala ilegal, en particular, tienen consecuencias importantes en la calidad y las funciones de los ecosistemas alrededor de las carreteras.

Basados en la tasa de cambios observados entre los mapas de 1993, 2003 y 2013 generamos un mapa de Madre de Dios para el 2017 (Figura 8). A partir de este mapa, estimamos que el bosque aún cubre el 97,6% de Madre de Dios. La agricultura cubre actualmente 1585 km² (casi el 2%) de la región y la minería 512 km² (0,6%). Otros estudios basados en imágenes satelitales actuales ha encontrado una mayor superficie de minería de oro, representando unos 682 km² (0,8% de la superficie de la región; Asner y Tupayachi 2017) y

958 km² (1,1%; Caballero et al. 2018). Las carreteras secundarias continúan su rápida expansión (un total de 4380 km), conectando nuevas áreas agrícolas y mineras con la Carretera Interoceánica. Hoy en día el paisaje de la región es un mosaico de agricultura, ganadería, zonas urbanizadas y tierras de minería de oro aluvial alrededor de la Carretera Interoceánica, mientras que la extracción de la castaña y extracción selectiva de madera se desarrolla en los vastos bosques más allá del frente de desarrollo (Giudice et al. 2012, Nunes et al. 2012, Asner 2013). La mayoría de estas actividades se realizan de manera ilegal o en el sector informal, lo que crea muchos conflictos entre los propietarios (comunidades o concesionarios) y los “invasores”.

La deforestación para la producción de cultivos y ganado y minería de oro aluvial en los últimos 25 años en Madre de Dios (Figura 9) ha tenido múltiples consecuencias ambientales en la capital de la biodiversidad del Perú (Cuadro 2).

Cuadro 2. Consecuencias de la minería de oro aluvial ilegal e informal

El oro de los depósitos rocosos primarios en los Andes es desgastado por la meteorización y la erosión y es arrastrado por los ríos. Es depositado en sedimentos acumulados a lo largo de milenios en la cuenca amazónica, sobre los cuales crece la selva amazónica. La minería de oro aluvial requiere el lavado de los sedimentos superficiales con agua utilizando bombas potentes y extrayendo escamas de oro de los sedimentos más finos mediante la amalgamación con mercurio. La actividad causa daños irreversibles a los ecosistemas al promover la deforestación, la erosión y la contaminación del aire y el agua con mercurio y otras toxinas como los hidrocarburos (Mosquera et al. 2009). Los grandes campamentos mineros también causan un aumento local de la caza y la defaunación de los bosques circundantes (SPDA 2014b).

Más allá de las consecuencias ambientales, la minería aluvial también tiene un alto costo humano y social. El mercurio liberado en las zonas mineras es un veneno peligroso que se acumula en la cadena alimenticia, particularmente en los peces consumidos por la población local (Ashe 2012, Diringer et al. 2015). La mayoría de las especies de peces en Madre de Dios tienen niveles de mercurio en sus tejidos que están por encima de las recomendaciones de la OMS y la EPA (Mosquera et al. 2009). La minería de oro artesanal legal e ilegal se realiza a menudo en condiciones de salud y seguridad extremadamente deficientes y está vinculada al crimen organizado (Mosquera et al. 2009). Los campamentos mineros carecen de servicios básicos como agua corriente, electricidad o acceso a la salud y educación y suelen estar plagados de violencia, prostitución y tráfico de drogas (SPDA 2014b).

Después de años de esfuerzos para formalizar el sector de la minería de oro aluvial, la mayoría de los operadores aún no han completado el procedimiento y ocupan tierras que son disputadas por otros usuarios (Mosquera et al. 2009). Estos mineros “informales” son declarados a las autoridades, operan fuera de las áreas protegidas y no utilizan maquinaria pesada operando directamente en los cuerpos de agua en barcas. En teoría, el estado está dirigiendo a los mineros informales hacia la formalización y la adhesión a todas las normas ambientales. Los mineros que no se adhieren a los criterios son ilegales y pueden ser procesados (SPDA 2014a), aunque las persecuciones son raras.

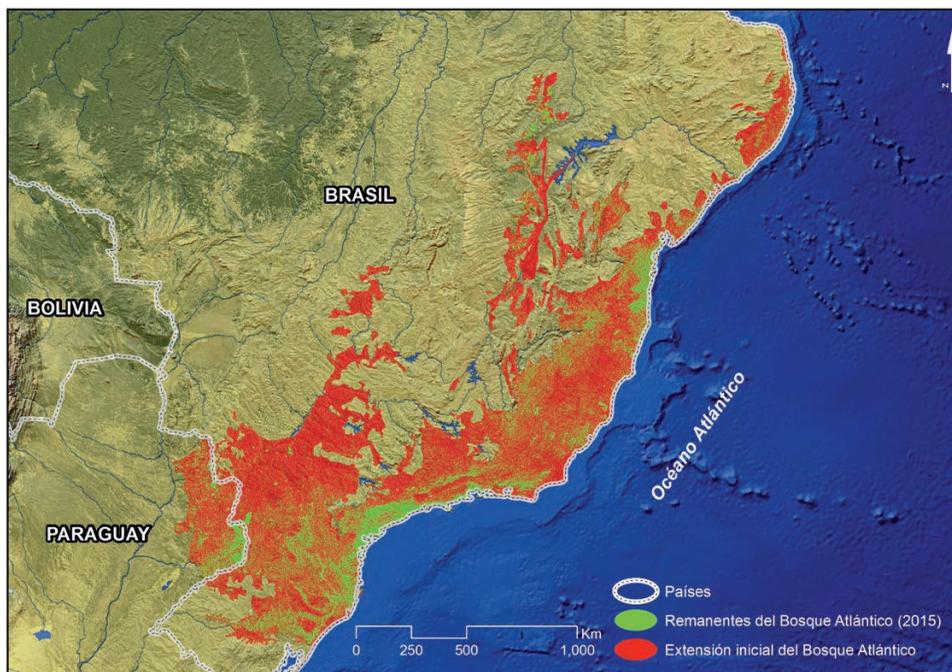


Figura 9. Elementos de los paisajes de Madre de Dios. Fila superior: tierras altas del bosque lluvioso (izquierda) y humedales (derecha). Fila 2: tierras bajas (tres a la izquierda) y Pampa de Heath (extrema derecha). Fila 3: prados (izquierda) y campos cultivados (derecha). Parte inferior: campos y pueblos de minería de oro aluvial (tres a la izquierda) y áreas urbanas (extrema derecha).





Cuadro 3. Deforestación y fragmentación del Bosque Atlántico de Brasil



Extensión inicial del Bosque Atlántico de Olson et al. (2001); Remanente del Bosque Atlántico en 2015 de Hansen et al. (2013).

Muchas actividades humanas dividen grandes extensiones de bosques contiguos en parches más pequeños, un proceso llamado fragmentación de los bosques. La fragmentación altera la dinámica poblacional de las especies de bosques, reduciendo la biodiversidad y afectando los servicios ecosistémicos (ver página 39, Saunders et al. 1991, Foley et al. 2007). Extensas áreas de paisajes dominados por el hombre aíslan parches de bosque y pueden reducir o impedir los movimientos de animales entre fragmentos de bosque, reduciendo la resiliencia de los ecosistemas a cambios en la cobertura del suelo y en el clima (Malhi et al. 2008). El Bosque Atlántico (BA) de Brasil ha perdido el 93% de su superficie original debido a la expansión agrícola, la ganadería, la tala, la conversión a plantaciones de árboles y a la construcción de carreteras (Pina-Costa et al. 2014), lo que ha resultado en la pérdida del 48% de las especies (Brooks et al. 2002). De las especies de plantas, aves, mamíferos, reptiles y anfibios que permanecen en el área, 530 están en peligro de extinción (Ribeiro et al. 2009). En las áreas deforestadas se alteró el almacenamiento de carbono, el suministro y purificación de agua y la regulación climática local (Ribeiro et al. 2011, Izquierdo y Clark 2012). Banks-Leite et al (2014) estimaron el beneficio bruto medio anual de las tierras agrícolas en el BA en \$467/ha/año y estimaron que al menos 424.000 ha (0,3% de la cobertura original) necesitan ser restauradas para que el BA abarque un 30% de su superficie inicial. Ellos sugieren pagar a los agricultores para proteger el bosque y compensar a los propietarios de la tierra con \$133/ha/año. Si esto no compensa todas las pérdidas individuales, reduce el PIB agrícola de los municipios afectados en sólo un 0,61%. El costo nacional de este plan se estimó en \$200 millones por año para restaurar el BA brasileño al 30% de su extensión histórica (Banks-Leite et al. 2014).

La deforestación contribuyó a la pérdida de biodiversidad al destruir los hábitats que las especies necesitan para sobrevivir, pero también afectó a los servicios ecosistémicos de los que depende la sociedad humana: la liberación de carbono en la atmósfera intensificó el calentamiento global, la pérdida de cobertura vegetal aceleró la erosión de los suelos y redujo la fertilidad de los mismos y la desaparición de la vegetación y de los humedales debilitó la capacidad de los suelos para retener los agentes contaminantes arrastrados desde las áreas desarrolladas (Fearnside 2005, GOREMAD 2006, Cárdenas Panduro 2010, Asner et al. 2013). Todos estos cambios están concentrados a lo largo de la periferia de la Carretera Interoceánica, pero también se extienden a las áreas protegidas como la Reserva Nacional Tambopata. La franja de tierras deforestadas a lo largo de la Carretera Interoceánica divide a Madre de Dios y puede convertirse en una barrera infranqueable para los animales que migran entre las áreas protegidas del Corredor de Conservación Vilcabamba–Amboró, amenazando la conectividad de todo el paisaje. Como una cortina de asfalto, el frente de deforestación divide la capital de la biodiversidad del Perú, agravando las consecuencias de la fragmentación del paisaje en el Corredor de Conservación Vilcabamba–Amboró. Antes de que la fragmentación en Madre de Dios alcance los niveles observados en el Bosque Atlántico de Brasil (Cuadro 3), es necesario que el gobierno de Perú integre aspectos de conectividad del paisaje—la capacidad de un paisaje para facilitar el flujo de biodiversidad entre parches de recursos—en sus planes de gestión para el desarrollo sostenible futuro de Madre de Dios (Dourojeanni et al. 2009, Entenmann 2012).

Gestionando los Paisajes de Madre de Dios

Madre de Dios ha realizado progresos significativos en la planificación de su ordenamiento territorial, pero no en su implementación. El departamento ha desarrollado una macrozonificación ecológica y económica de su territorio (GOREMAD 2009) y un plan regional de gestión de tierras que se extiende hasta 2030 (GOREMAD 2014c). Sin embargo, estos planes no han sido validados ni implementados. En consecuencia, la región continúa desarrollándose sin planificación, resultando en una considerable superposición de las concesiones de uso de la tierra que causa pérdidas económicas, conflictos sociales y pobreza, así como una severa degradación de los ecosistemas (GOREMAD 2014c).

Los rápidos cambios en el paisaje de Madre de Dios exigen una respuesta rápida y decisiva de los gobiernos regionales y nacionales del Perú. La falta de acciones decisivas aumentará los costos ecológicos y sociales de este desarrollo no planificado hacia la insostenibilidad en una gran parte del paisaje. La rápida transformación del paisaje tendrá como resultado innegable la

disminución de la biodiversidad en los paisajes protegidos más preservados de la cuenca amazónica (Soares-Filho et al. 2006, Hansen et al. 2013), lo que necesariamente conducirá al deterioro de los servicios ecosistémicos y del bienestar humano en la región.

Una Visión para Madre de Dios

Madre de Dios tiene fuertes activos para emprender el camino hacia la conservación y el desarrollo sostenible: las ambiciosas reformas de las políticas de gestión territorial a nivel nacional, el relativamente buen desempeño ambiental y social de Madre de Dios en comparación con sus regiones vecinas, una población pequeña, una impresionante red de áreas protegidas y un proceso de ordenamiento territorial ya en marcha. Una visión inspiradora para el desarrollo de la región podría reunir a las fuerzas dispersas en juego y canalizarlas hacia objetivos comunes de desarrollo sostenible.

El Centro para la Conservación y Sostenibilidad (CCS) del Smithsonian participó en un proyecto para promover la planificación sostenible de la infraestructura mediante el suministro de información estratégica y análisis. El CCS desarrolló una herramienta de modelado para ayudar a los tomadores de decisiones y otros actores claves de Madre de Dios a definir una visión común para el futuro de su región: el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian. Esta herramienta va más allá del debate sobre cuánta superficie de bosque debe conservarse para más bien preservar los servicios ecosistémicos más importantes que ofrece un paisaje mediante la adopción de un enfoque multidimensional más realista. La evaluación del éxito de un esquema de conservación es subjetiva porque los ecosistemas son complejos y proporcionan una amplia gama de servicios que se ven afectados de manera diferente por el desarrollo y porque los actores claves locales no asumen por igual los costos de las intervenciones y la pérdida de los servicios. Lo que algunos actores claves consideran un éxito puede ser una catástrofe para otros. El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian abarca esta complejidad y proporciona la información clave necesaria para estimular una negociación saludable entre los actores claves locales, en la búsqueda del mejor compromiso posible.



EL SIMULADOR DE PAISAJES PRODUCTIVOS: UNA APROXIMACIÓN INNOVADORA

Una Herramienta para los Tomadores de Decisiones

El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian es un marco de trabajo cuidadosamente estructurado que consta de siete pasos para evaluar y facilitar el ordenamiento territorial. La herramienta combina en un nuevo enfoque la evaluación de los servicios ecosistémicos, la planificación de escenarios y el marco de paisajes productivos. A continuación se presentan los componentes esenciales y el marco del modelo.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios (productos y servicios) que las personas, incluidas las organizaciones y las empresas, obtienen de los ecosistemas (Reid et al. 2005). Incluyen servicios de aprovisionamiento como alimentos, agua y madera; servicios de regulación que afectan el clima, las inundaciones, las enfermedades, los desechos y la calidad del agua; servicios culturales que proporcionan beneficios recreativos, estéticos y espirituales; y servicios de apoyo, que contribuyen al suministro de otros servicios como la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclo de nutrientes (Reid et al. 2005). La provisión de servicios ecosistémicos depende del buen funcionamiento de los ecosistemas (Hooper et al. 2005) y justifica la implementación de acciones de conservación. Un enfoque de servicios ecosistémicos en la planificación tiene por objeto apoyar el desarrollo de políticas e instrumentos que integren perspectivas sociales, económicas y ecológicas (Seppelt et

al. 2011). Una identificación y priorización adecuada de los servicios ecosistémicos a escala local y regional con los actores claves facilita las decisiones relacionadas con su gestión y protección (Landsberg et al. 2013). A pesar de sus dificultades (Reed 2008, Young et al. 2013), la participación adecuada de los actores claves conlleva numerosos beneficios, incluyendo la disminución de la probabilidad de marginación, el empoderamiento de los actores a través del desarrollo del conocimiento, el aumento de la percepción de un proceso de toma de decisiones justo y la provisión de oportunidades de aprendizaje social (Luyet et al. 2012, Durham et al. 2014).

La planificación de escenarios (Figura 10) es una forma estructurada de pensar en el futuro para facilitar la toma de decisiones (Chermack 2004). Fue desarrollado simultáneamente por Herman Kahn, para formular estrategias para las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos (Kahn y Wiener 1967) y por Gaston Berger, para ayudar a formular políticas públicas (Berger 1966). Los escenarios son “historias plausibles, desafiantes y relevantes sobre cómo podría desarrollarse el futuro y que pueden ser contadas tanto con palabras como con números” (Raskin et al. 2005). Las historias en palabras se refieren a las narrativas cualitativas, mientras que las historias en números se refieren a la evaluación cuantitativa de escenarios utilizando indicadores clave de éxito como los servicios ecosistémicos o indicadores socioeconómicos. La evaluación cuantitativa de los escenarios se realiza con modelos matemáticos que describen las relaciones entre los indicadores de éxito y los factores clave del cambio (cualquier factor natural o inducido por el hombre que directa o indirectamente causa un cambio).

Paisajes Productivos son territorios productivos donde los ecosistemas se gestionan de forma sostenible. Los paisajes productivos incluyen infraestructura gris (por ejemplo, carreteras, ciudades, líneas eléctricas) que proporcionan servicios económicos e infraestructura verde (por ejemplo, ríos, bosques, pantanos, áreas protegidas) que proporcionan servicios ecosistémicos y también mantienen la biodiversidad. La infraestructura verde es la red interconectada de áreas naturales y seminaturales que conserva los valores, funciones y servicios de los ecosistemas naturales, manteniendo la salud social y económica (Benedict y McMahon 2012). Cuando las infraestructuras grises y verdes se gestionan de forma adecuada y conjunta, el paisaje puede lograr un desarrollo sostenible.

El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian combina estos tres enfoques para revelar los resultados probables de los caminos de desarrollo

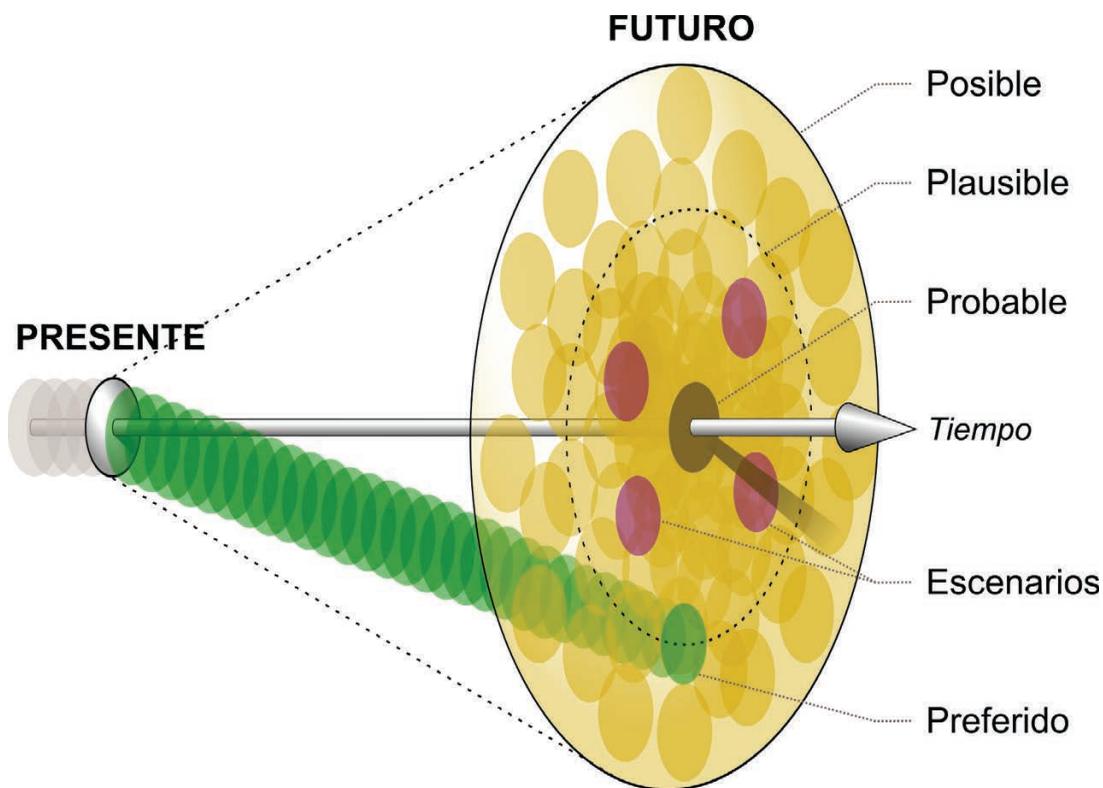


Figura 10. Enfoque de planificación de escenarios de CCS. El estado de un territorio en el presente (círculo gris sólido a la izquierda) evoluciona con el tiempo (flecha gris). El estado puede cambiar de muchas maneras diferentes a medida que pasa el tiempo (círculos amarillos a la derecha) y todos estos estados forman el futuro posible (círculo grande a la derecha). Dentro de estos posibles estados futuros, algunos son más plausibles (dentro del círculo punteado) y uno es el más probable (círculo marrón), ya que sigue las tendencias observadas en el presente y en el pasado cercano (círculos grises a la izquierda). La planificación de escenarios consiste en explorar un puñado de estados futuros plausibles que se denominan escenarios (círculos púrpura). Estos estados se infieren de las condiciones presentes y del pasado reciente y se extrapolan al futuro. Al explorar estos escenarios, el método permite a los actores claves definir un estado futuro preferido (círculo verde) y la trayectoria óptima (tubo verde) para la transición del estado actual al estado preferido.

alternativo en indicadores económicos, sociales y ambientales clave, utilizando las tendencias regionales pasadas, el estado actual de la conservación y el desarrollo regional y las aspiraciones de los actores claves. La herramienta, por lo tanto, puede informar a los responsables de la toma de decisiones sobre las consecuencias a largo plazo de sus elecciones.

El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian

El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian (Figura 11) puede ser implementado en cualquier territorio para facilitar la toma de decisiones en la planificación del uso de la tierra. Se basa en la participación de los actores claves para definir con precisión los parámetros del modelo cuantitativo y el desarrollo de un modelo a medida adaptado a los intereses de las personas y del territorio local. El marco consta de siete etapas.



Paso 1. Definir los Servicios Ecosistémicos Esenciales

Los actores claves son consultados para la identificación en sus territorios de los servicios ecosistémicos claves y de los factores de cambio que los afectan.

En nuestro estudio, primero realizamos un análisis de mapeo de actores claves (Golder y Gawler 2005, Kennon et al. 2009) basado en evaluaciones previamente realizadas en Madre de Dios (Alvarez et al. 2013, del Pilar Bustamante y Ochoa 2014, GOREMAD 2014a) para identificar los actores claves que deberían ser consultados. Identificamos 51 actores claves, de los cuales 26 aceptaron participar. Los actores claves fueron los gobiernos locales, regionales y nacionales, las organizaciones no gubernamentales (ONGs), las organizaciones comunitarias y el sector privado. En mayo de 2015, realizamos entrevistas personales de dos horas en Puerto Maldonado y Lima. También organizamos un taller con ONGs en Puerto Maldonado (ver anexo). Les pedimos a los actores claves que priorizaran los servicios ecosistémicos en la región, que identificaran los principales factores de cambio que les afectaban en el presente y en el futuro (plazo de 10 a 15 años) y que proporcionaran información sobre sus relaciones con otras organizaciones. Basados en el análisis de mapeo de los actores claves, en un análisis de red social (Vance-Borland y Holley 2011) y en un análisis de las relaciones de grupo derivado de sus declaraciones durante las consultas, evaluamos la representatividad de cada uno de los actores claves con respecto a los siguientes 13 grupos: gobierno nacional, gobierno regional, comunidades indígenas, agricultores, extractores de productos forestales no maderables (PFNM), madereros, mineros formales e informales, compañías de



Figura 11. El marco del Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian.

hidrocarburos, administradores de energía hidroeléctrica, compañías turísticas, ONG conservacionistas, universidades e institutos de investigación, así como la sociedad civil. Luego utilizamos la representatividad de cada actor clave para ponderar las prioridades del grupo sobre los servicios ecosistémicos y los factores de cambio, con el propósito de equilibrar la representatividad de cada grupo por igual para asegurar la máxima neutralidad en el proceso de priorización: ponderamos más alto a los grupos subrepresentados y más bajo a los grupos sobrerrepresentados.



Figura 12. Servicios ecosistémicos prioritarios identificados por los actores claves de Madre de Dios. En verde están las puntuaciones de prioridad obtenidas por cada servicio ecosistémico, desde la más alta prioridad (agua limpia) hasta la más baja (látex).

Los actores claves identificaron 14 servicios ecosistémicos relevantes para Madre de Dios (Figura 12). De las categorías de recursos hídricos, fertilidad del suelo y biodiversidad, 4 fueron identificadas como de alta prioridad. De las categorías aire y captura de carbono y PFM, 3 fueron clasificadas como de prioridad media.

Los actores claves identificaron un total de 26 factores de cambio (Figura 13), clasificando a 7 como de alta prioridad y a 6 como de prioridad media. La minería ilegal, la contaminación de los ríos por mercurio y las carreteras y caminos fueron clasificados como los principales factores de cambio que afectan los servicios



Figura 13. Principales factores de cambio identificados por los actores claves de Madre de Dios. En naranja están los puntajes de importancia obtenidos por cada factor de cambio, desde el más importante (minería ilegal) hasta el de menor importancia (concesiones de petróleo y gas). Otros factores de cambio de menor importancia son la superposición del uso de la tierra, la comunicación ineficaz entre los ministerios, la gestión de los desechos sólidos, la pérdida de la cultura tradicional, los mercados no regulados, la caza, la expansión urbana, el desarrollo económico, la ganadería, el tránsito de embarcaciones por los ríos, la pesca y las plagas agrícolas.

ecosistémicos en la región. De manera similar, los actores claves consideraron a la conversión de tierras para la agricultura, la inmigración a la región, las políticas ineficaces del gobierno nacional y las prioridades económicas inadecuadas como factores de cambio de alta prioridad. A continuación utilizamos los servicios ecosistémicos y los factores de cambio priorizados, así como la percepción de la evolución en el futuro de los mismos para desarrollar escenarios específicos para Madre de Dios.



Paso 2. Desarrollar Escenarios Cualitativos

Los servicios ecosistémicos prioritarios y sus factores de cambio de los actores claves se combinan en escenarios futuros alternativos.

Los servicios ecosistémicos prioritarios y los factores de cambio identificados en el paso anterior fueron incluidos en un simple modelo conceptual (Margoluis et al. 2009) que muestra sus interacciones (Figura 14). El modelo conceptual nos permitió identificar las cadenas causales (Leemans et al. 2003) que vinculan las fuerzas subyacentes del cambio (por ejemplo, la inmigración) con las causas inmediatas del cambio (por ejemplo, la minería de oro y la contaminación del agua con mercurio), con los servicios ecosistémicos finales (por ejemplo, el agua potable; Geist y Lambin 2002). A

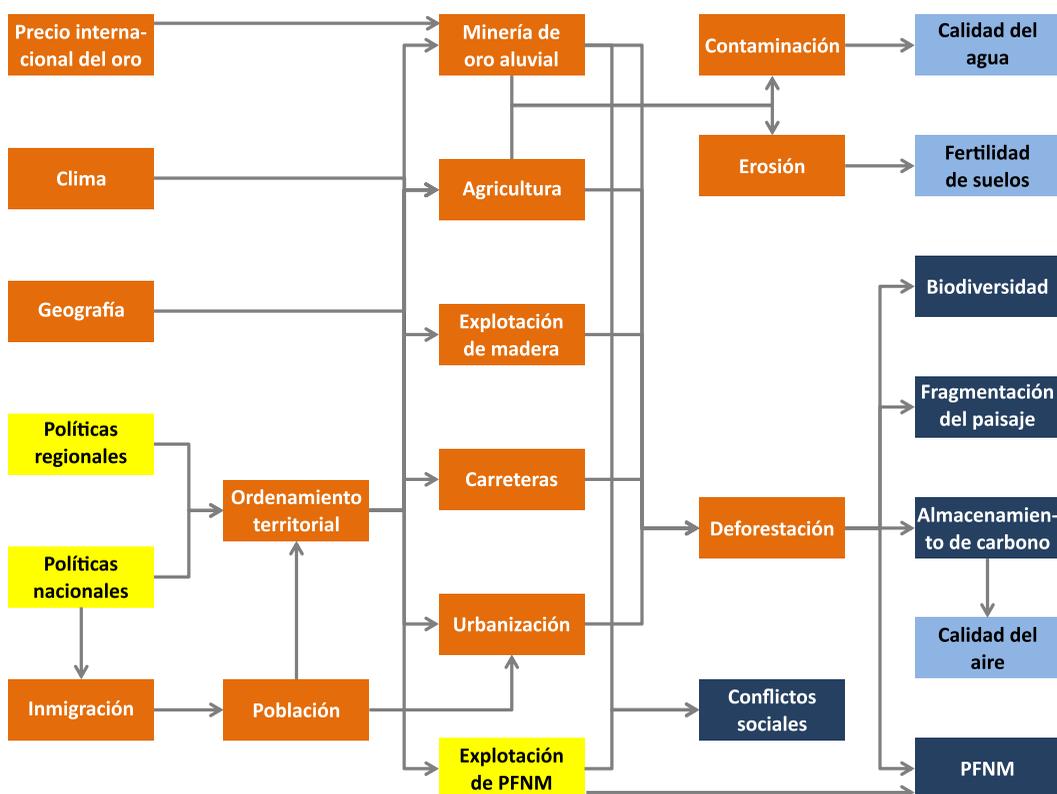


Figura 14. Modelo conceptual de interacciones entre los factores de cambio prioritarios (a la izquierda están las fuerzas subyacentes y al centro-derecha las causas proximales) y los indicadores socioecológicos relevantes (incluyendo servicios ecosistémicos prioritarios). Los cuadros naranjas: factores de cambio modelados explícitamente; los cuadros amarillos: factores de cambio no modelados explícitamente; los cuadros azules oscuros: indicadores modelados explícitamente; los cuadros azules claros: indicadores no modelados explícitamente.

partir de los posibles estados futuros de las fuerzas subyacentes de cambio descritas por los actores claves, evaluamos las consecuencias que tendrían a lo largo de nuestras cadenas causales y de este modo construimos cadenas alternativas. Seleccionamos las cadenas causales alternativas que afectarían más significativamente los servicios ecosistémicos prioritarios y las combinamos en ocho escenarios de paisaje futuro para la región de Madre de Dios, incluyendo un escenario con todos los resultados positivos y otro con todos los resultados negativos. Luego verificamos y ajustamos los escenarios resultantes para obtener consistencia interna y plausibilidad (Schoemaker 1995, Mahmoud et al. 2009).

Los ocho escenarios resultantes representaron las sensibilidades y prioridades de los actores claves entrevistados en la primera ronda de consultas. En junio de 2015 volvimos a consultar a los actores claves para refinar los ocho escenarios y seleccionar los más interesantes y relevantes (Reed et al. 2013). Si bien se enviaron invitaciones a todos los actores claves inicialmente contactados solamente 14 confirmaron su participación en la segunda ronda de consultas (ver Apéndice). La representatividad de los actores claves consultados, calculada de la misma manera que en la etapa anterior, se utilizó para ponderar las prioridades individuales.

Los cuatro escenarios finales incluyen los tres escenarios principales para los actores claves locales—Ordenamiento Territorial, Expansión de Minería de Oro Aluvial y Conservación del Paisaje—y el escenario base Tendencias Actuales, como la línea de base con la cual se pueden comparar los otros escenarios. Las hipótesis principales de estos escenarios fueron refinadas hasta las hipótesis finales utilizadas en el proceso de modelado (ver páginas 43-59).

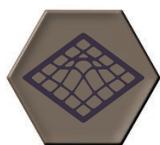


Paso3. Compilar Datos Históricos

Con el fin de elaborar un modelo estadístico del cambio de uso y cobertura del suelo en el territorio, se recopilaron datos cuantitativos de los principales factores de cambio e indicadores de éxito.

Para Madre de Dios, recopilamos datos económicos, sociales y ambientales de diversas fuentes internas y externas a la región, resultando en 258 referencias utilizadas para respaldar nuestro modelo. Cuando había múltiples fuentes disponibles, siempre dábamos prioridad a la más confiable y basada en datos recolectados localmente. Cuando no había datos locales disponibles o cuando teníamos serias dudas sobre la calidad de los datos utilizamos bases de datos disponibles a nivel mundial o datos de fuera de la región.

Una parte fundamental del modelado fue la existencia de una sólida comprensión estadística de los cambios en la cobertura del suelo en la región. Para esto creamos mapas de la cobertura terrestre de Madre de Dios para los años 1993, 2003 y 2013 usando imágenes de satélite Landsat 7 y 8 (Roy et al. 2014). Para clasificar los píxeles de las imágenes de Landsat en las clases más prominentes e inequívocas del área de estudio se utilizó el clasificador Random Forest (Breiman 2001, Liaw y Wiener 2002). Las clases identificadas fueron: agua, suelo desnudo, humedales, bosque, agricultura, minería de oro y urbano. La precisión final de los mapas varió entre 73% (1993) y 80% (2003). Utilizamos las narrativas desarrolladas con los actores claves junto con los resultados de nuestra recolección de datos y análisis de cambio de cobertura del suelo para elaborar hipótesis cuantitativas específicas para cada escenario.



Paso 4. Desarrollar un Modelo Cuantitativo de Cambios de Uso del Suelo

Un modelo espacialmente explícito es desarrollado para predecir los cambios futuros del paisaje a partir de la evolución esperada en los factores de cambio identificados por los actores claves.

Para modelar los cambios en la cobertura del suelo en Madre de Dios, construimos un modelo computarizado espacialmente explícito basado en los cambios en la cobertura del suelo observados entre 2003 y 2013. Calibramos y validamos el modelo para asegurar que sea capaz de replicar hacia el futuro los cambios históricos que ocurrieron en Madre de Dios. El modelo simula cambios en la cobertura de la tierra anualmente entre 2013 y 2040. Los resultados incluyen mapas de cobertura del suelo predecida, ubicación de las carreteras primarias y secundarias, así como estimaciones de población específicas de los asentamientos en los años simulados. Todos los factores de cambio son actualizados dinámicamente de un año para otro. Todo el proceso de modelado en este paso fue realizado en la plataforma DINAMICA EGO (Soares-Filho et al. 2002).

El modelo cuantitativo utilizado en Madre de Dios incluía diferentes módulos o submodelos interconectados, procesando los factores de cambio específicos utilizados en la simulación (Figura 15).

1. Cambios en cobertura del suelo: Convierte áreas del paisaje a bosques, humedales, agricultura y minería. La probabilidad de que un píxel (un punto físico en una imagen ráster) cambie su clase de cobertura del suelo a lo largo del tiempo se calcula a partir de un conjunto de predictores cuantitativos que representan los factores de cambios definidos con los actores claves en el proceso de consulta, y siguiendo el método de pesos de evidencia (Bonham-Carter et al. 1989, Goodacre et al. 1993, Soares-Filho et al. 2002, Soares-Filho et al. 2004). Los predictores estaban relacionados con la gestión de la tierra (tierras indígenas, áreas protegidas y concesiones tales como agricultura, PFNM, explotación forestal, reforestación, ecoturismo,

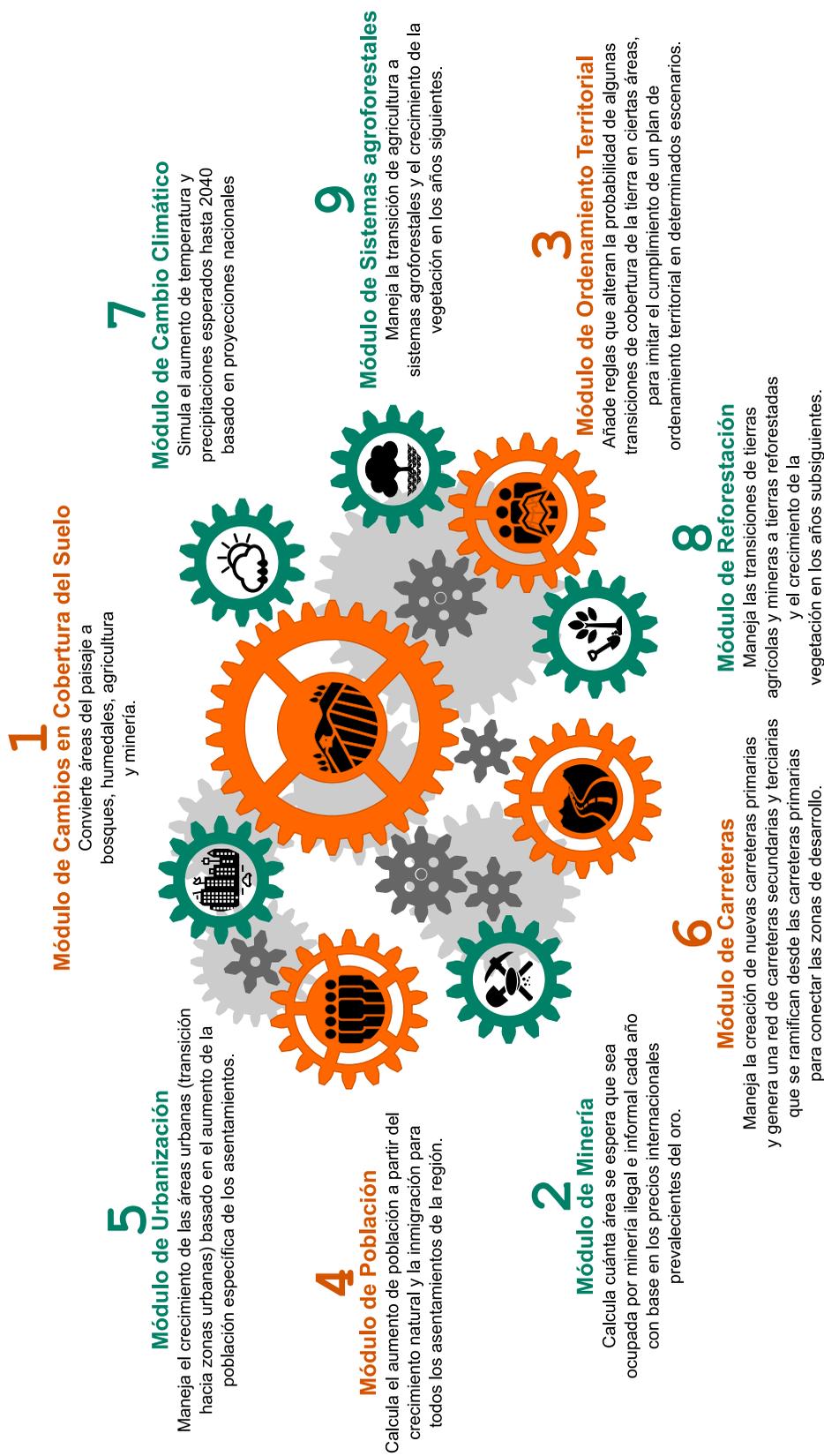


Figura 15. Módulos del modelo cuantitativo usado en Madre de Dios.

conservación y minería de oro), geografía (geología, elevación y pendiente), clima (temperatura, precipitación), población y coberturas de tierra específicas (caminos, ríos, pueblos y áreas mineras y agrícolas). La superficie de tierra en transición de una cobertura a otra se basó en los cambios observados entre 2003 y 2013, con la excepción de las transiciones a minería (ver el módulo de minería).

2. Minería: Calcula cuánta área podemos esperar que sea ocupada por minería (ilegal e informal) cada año con base en los precios internacionales prevalecientes del oro. La relación entre el precio del oro y la superficie de la nueva área minera se basa en las curvas observadas en nuestros mapas de 1993–2013. El precio futuro del oro fue basado en hipótesis derivadas del Pronóstico de Precios de Materias Primas del Banco Mundial.

3. Ordenamiento territorial: Añade reglas que alteran la probabilidad de algunas transiciones de cobertura de la tierra en ciertas áreas, para imitar el cumplimiento de un plan de ordenamiento territorial en determinados escenarios. Al enfocarse en el plan de ordenamiento territorial, nuestro modelo no puede predecir el efecto de políticas nacionales y regionales particulares y reconoce que diferentes políticas pueden resultar en la aplicación del mismo plan de manejo. En el capítulo 5 se presenta un análisis de las políticas más eficaces para apoyar un plan de desarrollo sostenible.

4. Población: Para todos los asentamientos de la región calcula el aumento de población a partir del crecimiento natural y la inmigración. Las tasas de inmigración se plantean como hipótesis para cada escenario a partir de las tasas de inmigración históricas, mientras que el crecimiento natural se deriva de las tasas de crecimiento lineal específicas de los asentamientos observadas en los censos de población realizados entre 1993 y 2007.

5. Urbanización: Maneja el crecimiento de las áreas urbanas (transición hacia zonas urbanas) basado en el aumento de la población específica de los asentamientos. La relación entre la población y el tamaño del área urbana se deriva de las poblaciones y tamaños de asentamientos observados en la región y en la Amazonía en general.

6. Carreteras: Maneja la creación de nuevas carreteras primarias en cada escenario a partir de los proyectos de carreteras actuales que se encuentran en el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú. También genera una red de carreteras secundarias y terciarias que se ramifican desde las carreteras primarias para conectar las zonas de desarrollo. La tasa de crecimiento de las carreteras secundarias se basa en las tasas observadas en la región entre 1993 y 2013.

7. Cambio climático: Simula los cambios climáticos esperados (aumento de temperatura y precipitaciones; Cuadro 4) hasta 2040 basándose en proyecciones nacionales (Obregón et al. 2009).

8. Reforestación: Maneja las transiciones de tierras agrícolas y mineras a tierras reforestadas y el crecimiento de la vegetación en los años subsiguientes. El área reforestada se obtiene a partir del presupuesto provisional de reforestación del plan de ordenamiento territorial de Madre de Dios (GOREMAD 2014c) y el mapa de probabilidad se obtiene a partir de la ubicación de las concesiones de reforestación existentes con respecto a los predictores. La dinámica de regeneración de las áreas reforestadas se deriva de la literatura (Elliott et al. 2013).

Cuadro 4. Efectos globales, nacionales y locales del cambio climático

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de actividades humanas a nivel mundial está afectando los sistemas climáticos debido al incremento en las temperaturas medias. Este cambio global afecta a los climas locales en todas partes de distintas maneras. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) pronostica un aumento de 0,9°C de la temperatura global de la tierra para el año 2025, lo que provocará una pérdida significativa de la superficie de hielo en la región del Ártico, un aumento en el nivel del mar entre 28 y 59 cm., un aumento en la intensidad de tifones y huracanes, un aumento en las precipitaciones en latitudes elevadas y una disminución de las precipitaciones en la mayor parte de las zonas subtropicales (IPCC, 2007). Estos cambios posiblemente aumentarán el riesgo de extinción de numerosas especies terrestres y acuáticas, perjudicarán la seguridad alimentaria humana, empeorarán los problemas de salud humana existentes y reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y subterráneas (IPCC 2014).

El *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología* (SENAMHI) de Perú evaluó las proyecciones climáticas a nivel nacional hasta el año 2030, basándose en el escenario climático global de altas emisiones del IPCC. El efecto del calentamiento global ya ha aumentado la variabilidad climática nacional, con eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos como sequías, heladas, inundaciones y nevadas (Obregón et al. 2009). Se espera que las temperaturas máximas aumenten en Perú en 1,6°C para el año 2030. Las proyecciones de precipitaciones hasta el año 2030 muestran algunos déficit, especialmente en la región montañosa (-10 a -20%) y en la selva tropical norte y central (-10%). El aumento en precipitación (+10% a +20%) probablemente ocurrirá en la costa norte y en el bosque lluvioso sur. Se prevé que estos cambios provocarán el derretimiento de los glaciares, un aumento de la frecuencia e intensidad de El Niño y un aumento del nivel del mar (Obregón et al. 2009), con consecuencias sobre la disponibilidad de alimentos y agua para los seres humanos y la intensidad de los desastres naturales. Se espera que el cambio climático reduzca el PIB de Perú en un 6,8% para el 2030 y en un 23% para el 2050 de no tomarse ninguna medida para desacelerar el aumento de las temperaturas (Vargas 2009). El cambio climático es una de las principales preocupaciones de Perú, que ya ha desarrollado una estrategia nacional para adaptarse a este tema, con el requisito de que todas las regiones desarrollen sus propios planes de cambio climático (MINAM 2015). El clima de Madre de Dios ya ha cambiado, con olas de calor y frío más frecuentes, sequías severas como las de 2005 y 2010, e inundaciones (GOREMAD 2017). Las proyecciones nacionales estiman que las temperaturas podrían aumentar en 0,8°C para el año 2030 en Madre de Dios, con un incremento de entre 10% y 20% en las precipitaciones anuales (Obregón et al. 2009).

9. Sistemas agroforestales: Maneja la transición de agricultura a sistemas agroforestales y el crecimiento de la vegetación en los años siguientes. El área convertida en sistema agroforestal se obtiene del presupuesto provisional para sistemas agroforestales en el plan de ordenamiento territorial de Madre de Dios (GOREMAD 2014c) y el mapa de probabilidad se obtiene a partir de la ubicación de los proyectos de agroforestería existentes con respecto a los predictores.



Paso 5. Evaluar el Éxito del Escenario con Indicadores Cuantitativos

Para cada escenario son evaluados indicadores cuantitativos de bienestar humano, desarrollo económico y éxito ambiental de interés para los actores claves.

El Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian evalúa además de los cambios en la cobertura del suelo, el desempeño de los escenarios en cada una de las tres dimensiones de desarrollo sostenible (Figura 16): bienestar humano, desarrollo económico y ambiente (Passet 1979; Hassan et al. 2005). Para Madre de Dios, seleccionamos cinco indicadores en cada dimensión que reflejaban los factores de cambio y los servicios ecosistémicos priorizados por los actores claves y que podían ser evaluados cuantitativamente utilizando los resultados de nuestro modelo.



Figura 16. Las tres dimensiones de desarrollo sostenible y los 15 indicadores cuantitativos utilizados para evaluar los escenarios.

Indicadores de Bienestar Humano: Evaluando el desempeño de cada escenario en la contribución al bienestar de los habitantes de la región.



Conflictos sociales (fuentes de conflictos/ha): Mide el número promedio de fuentes de conflictos por hectárea en la región entre 2013 y 2040. Las fuentes de conflictos consideradas incluyen superposiciones incompatibles de concesiones, pérdida de derechos de uso en concesiones atribuidas previamente, invasión de concesiones por usos incompatibles de la tierra y reforestación de tierras agrícolas y mineras impuesta por el gobierno (GOREMAD 2009, Hugo Pachas 2013, Esley Huatangare et al. 2014, GOREMAD 2014c, Scullion et al. 2014). Asumimos que más fuentes de conflictos provocan un mayor número de conflictos sociales reales en la región y reducen el bienestar humano.



Crecimiento urbano no planificado (% crecimiento de la población urbana/año): Mide el crecimiento demográfico anual de los pueblos (asentamientos de más de 2500 habitantes, Ley 27795 Demarcación y Organización Territorial 2003) entre 2013 y 2040. Suponemos que un mayor crecimiento poblacional en las ciudades conduce a una mayor probabilidad de urbanización pobremente planificada y al desarrollo de pueblos jóvenes (tugurios) que carecen de infraestructura y servicios básicos, amenazando la salud y la seguridad de sus habitantes (Dourojeanni 2006, Gast 2014, Dupont et al. 2015) con la consecuente reducción en el bienestar humano.



Pueblos mineros (% crecimiento de la población minera/año): Mide el crecimiento anual de la población de los asentamientos mineros (a menos de 1 km de las zonas mineras) entre 2013 y 2040. Asumimos que una alta tasa de crecimiento poblacional en los pueblos mineros conduce a mayores niveles de exposición de las personas a problemas sociales y de salud típicamente asociados con estos pueblos (Álvarez et al. 2011), reduciendo así el bienestar de las personas.



Exposición a mercurio (ha normalizada de minería aguas arriba): Mide el promedio de superficie minera situada aguas arriba de los habitantes de la región en 2040, tomando en cuenta la distancia entre el área minera y los habitantes. Asumimos que las áreas mineras más grandes y cercanas al habitante promedio implican un mayor riesgo de exposición a mercurio y problemas de salud asociados (Diringer et al. 2015), lo que reduce el bienestar de las personas. Nuestro indicador debe ser considerado de riesgo mínimo ya que no se pudieron incluir variables como la contaminación del aire (Gómez Agurto 2012) y la contaminación por el consumo de pescado contaminado (Chasar et al. 2009) que hubieran aumentado aún más el riesgo.



Contaminación agrícola (toneladas de nitrógeno/año): Mide el aumento esperado en la cantidad anual de nitrógeno exportado a las aguas superficiales en 2040 en comparación con 2013. El nitrógeno se desprende de las tierras agrícolas debido a la falta de cobertura vegetal y se acumula en las aguas superficiales, reduciendo la calidad del agua para consumo humano (Schoumans et al. 2014), afectando la salud humana y reduciendo así el bienestar humano.

Indicadores Económicos: Evaluando el desempeño de cada escenario en la contribución a la economía de la región



Accesibilidad (%): Mide el porcentaje de la región dentro de un radio de 10 km de cualquier tipo de carretera. Asumimos que este indicador representa la extensión de la región en la que los recursos naturales pueden ser explotados fácilmente y que es accesible para el desarrollo (Queiroz y Gautam 1992).



Minería (km²/año): Mide el área esperada de superficie minera ganada o perdida en promedio cada año en la región entre 2013 y 2040. Suponemos que una mayor superficie dedicada a la minería representa una mayor producción de mineral y por lo tanto mayores ingresos para el sector minero y las personas involucradas.



Agricultura (km²/año): Mide la superficie esperada de cobertura de tierras agrícolas ganada o perdida en promedio cada año en la región entre 2013 y 2040. Suponemos que una mayor superficie dedicada a la agricultura representa más productos agrícolas producidos y por lo tanto mayores ingresos para el sector agrícola y las personas involucradas en él.



Madera en pie (miles de toneladas o Mg): Mide la pérdida esperada de biomasa de la vegetación superficial debido a la agricultura, la minería y la expansión urbana en las concesiones madereras entre 2013 y 2040. Consideramos que las mayores pérdidas de biomasa se reflejan en el grupo de árboles explotables para la industria maderera, lo que representa una pérdida de ingresos para el sector.



Bosque de producción de castaña (km²): Mide el cambio en la superficie de bosques de alta calidad (calidad $\geq 90\%$) en las concesiones de castaña entre 2013 y 2040. El árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa*) requiere polinizadores y dispersores de semillas muy específicos para poder reproducirse, por lo que su producción depende de un bosque intacto o casi intacto (Ortiz 2002). Asumimos que grandes áreas de bosque intacto en las concesiones de castaña de Brasil garantizaban la continuidad de la producción y por lo tanto los ingresos económicos de las personas que dependen de la industria.

Indicadores Ambientales: Evaluando el desempeño de cada escenario en la preservación del ambiente y los servicios ecosistémicos asociados a él (Smith et al. 2013).



Deforestación (km²/año): Mide la pérdida anual esperada de cobertura boscosa en la región entre 2013 y 2040. La deforestación afecta el ambiente al causar erosión, cambios en los regímenes hidrológicos, pérdida de biodiversidad y fragmentación de los paisajes y al contribuir al calentamiento local y global a través de las emisiones de gases de efecto invernadero (Fearnside 2005).



Pérdida de biodiversidad (%): Mide el cambio esperado en la biodiversidad en 2040 en comparación con el 2013. Una reducción de la biodiversidad indica la desaparición local de especies, lo que puede afectar el funcionamiento de los ecosistemas y hacer que recursos vivos importantes no estén disponibles para la pesca, la caza y la recolección (Cardinale et al. 2012). La pérdida de función ecológica de una especie puede ocurrir mucho antes de su extinción (Valiente-Banuet et al. 2015) por lo que cualquier disminución brusca de este indicador debe considerarse un gran riesgo para los ecosistemas.



Fragmentación del paisaje (m): Mide el aumento esperado en la distancia promedio entre los parches de bosques para los animales que necesitan dispersarse para encontrar recursos alimenticios y para aparearse. Cuando la fragmentación del paisaje aumenta, la capacidad de las especies para dispersarse y sobrevivir en los fragmentos disminuye, lo que afecta a la biodiversidad en general y al funcionamiento de los ecosistemas (Lindenmayer y Fischer 2013).



Emisiones de carbono (millones de toneladas): Mide la pérdida esperada de capacidad de almacenamiento de carbono de la vegetación y el suelo debido a cambios en la cobertura del suelo en la región entre 2013 y 2040. El carbono liberado en la atmósfera contribuye significativamente al calentamiento local y global (Lashof y Ahuja 1990).



Erosión (toneladas de sedimentos/año): Mide el aumento en la cantidad anual de sedimentos arrastrados a los ríos en 2040 en comparación con 2013. La mayor cantidad de sedimentos arrastrados indica una mayor erosión y pérdida de fertilidad del suelo, así como una mayor concentración de sedimentos en los arroyos, lo que afecta la supervivencia de las especies de agua dulce y la calidad del agua (Durán Zuazo y Rodríguez Pleguezuelo 2008).

Para evaluar cuantitativamente estos indicadores en cada escenario, creamos modelos específicos utilizando los programas R (R Development Core Team 2013), ArcGIS (ESRI 2012) e InVEST (Sharp et al. 2015).



Figura 17. Ilustraciones del proceso de consultas, con las definiciones de servicios ecosistémicos y factores de cambio esenciales, la selección de los escenarios cualitativos más importantes y el desarrollo de recomendaciones a partir de las lecciones aprendidas.







Paso 6. Elaborar Recomendaciones a partir de las Lecciones Aprendidas

Los resultados del estudio son presentados a los actores claves, quienes son consultados para desarrollar lecciones operativas aprendidas y recomendaciones hacia el desarrollo sostenible del territorio.

En Madre de Dios, invitamos a todos los actores claves previamente contactados a una tercera ronda de consultas en Puerto Maldonado y en Lima durante el marzo de 2017 (Figura 17). Las 53 personas que participaron en los talleres representaban a 23 organizaciones (ver Apéndice). Después de la presentación de los principales resultados, invitamos a los participantes a proporcionar sus comentarios y recomendaciones sobre el estudio.

Los actores claves se mostraron, en general, satisfechos con los resultados presentados e interesados en el enfoque. Muchos indicaron que los resultados presentados estaban de acuerdo con su experiencia en el campo. La mayoría de los actores claves creyeron que los resultados del estudio podrían ayudar con el desarrollo e implementación de un mejor plan de ordenamiento territorial para Madre de Dios. Un resumen de las recomendaciones y del proceso de consulta se presenta en el capítulo 5.



Paso 7. Comunicar los Resultados y las Recomendaciones

Los resultados y recomendaciones del estudio fueron comunicados a una amplia audiencia.

En Madre de Dios, el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian ha sido una herramienta poderosa para educar a los actores claves y ayudarlos a comprender que es necesaria su participación activa en un manejo regional sostenible y coordinado. Más allá de este entendimiento, el proceso de consulta incluido en la herramienta ha iniciado una discusión regional en torno a la creación de una visión común para Madre de Dios. Sin embargo, se necesitan más esfuerzos para compartir los resultados de este estudio a un público más amplio. La transparencia de la información científica es esencial para los tomadores de decisiones, pero también para los periodistas, grupos de presión y ciudadanos que desean participar en el desarrollo sostenible de la región e iniciar un proceso de toma de decisiones más democrático. Este informe de acceso abierto es la contribución del Smithsonian a ese esfuerzo.



CUATRO ESCENARIOS PARA MADRE DE DIOS HASTA EL 2040

Hipótesis Comunes a Todos los Escenarios

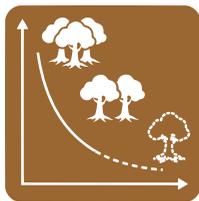
Los cuatro escenarios desarrollados con los actores claves representan puntos de vista contrastantes sobre el futuro de Madre de Dios. Cada uno de ellos fue simulado utilizando modelos avanzados de cobertura de la tierra y servicios ecosistémicos. Cada escenario presenta sus supuestos y resultados basados en las tres dimensiones de la sostenibilidad: economía, bienestar humano y ambiente.

Todos los escenarios comparten los siguientes supuestos:

- » El clima local se ve afectado por los cambios globales que provocan un aumento constante de las temperaturas y las precipitaciones después de 2020;
- » La regeneración natural de los bosques se produce en tierras agrícolas abandonadas, influenciada por diversos factores, como se observó entre 1993 y 2013;
- » Las tierras agrícolas se expanden en áreas boscosas como se observó entre 2003 y 2013;
- » El crecimiento de la población humana sigue las tasas lineales específicas de asentamiento de 1993–2007;
- » Se construyen carreteras secundarias y terciarias para conectar los asentamientos, la minería y las tierras agrícolas con las carreteras primarias; y
- » Los bajos y persistentes precios del petróleo y el gas en los mercados mundiales hacen que la exploración y el desarrollo de las reservas de hidrocarburos de la región sean inviables entre 2013 y 2040.

Tabla 1. Hipótesis cuantitativas comunes a todos los escenarios para Madre de Dios.

Supuestos	Aumento en temperatura	Aumento en precipitación	Regeneración natural del bosque	Expansión agrícola	Crecimiento poblacional natural
	+0,8 °C <i>cada 10 años después del 2020</i>	+16,7 mm <i>cada 10 años después del 2020</i>	+0,04 % <i>del área de bosque en 2013 / año</i>	+2,7 % <i>del área agrícola en 2013 / año</i>	+2,0 % <i>de la población en 2013 / año</i>



ESCENARIO DE TENDENCIAS ACTUALES

El escenario Tendencias Actuales mantiene las tendencias políticas, económicas y sociales actuales. Las actividades extractivas informales e ilegales impulsan la economía sin una gestión regional activa. Madre de Dios experimenta un aumento en el desarrollo económico liderado por la minería de oro y la agricultura, a costa de una mayor deforestación, degradación de los servicios ecosistémicos, contaminación por mercurio, problemas de salud pública y conflictos sociales.

Supuestos

- » Los gobiernos nacionales y regionales no implementan el Plan de Ordenamiento Territorial regional.
- » La minería de oro informal e ilegal continúa expandiéndose con controles limitados. La gran mayoría de los mineros informales no formalizan su actividad.
- » Las tierras agrícolas y mineras abandonadas son recolonizadas lentamente por la vegetación y no se implementan programas activos de reforestación a gran escala para restaurar la productividad del suelo.
- » Las iniciativas agroforestales privadas luchan por sobrevivir en un paisaje dominado por la agricultura de tala y quema y por pastizales dedicados a la producción ganadera.
- » La actividad económica en Madre de Dios continúa atrayendo inmigrantes de las regiones vecinas al mismo ritmo que en los últimos 20 años. Los inmigrantes se instalan principalmente en zonas mineras y a lo largo de las carreteras en busca de oportunidades económicas con beneficios a corto plazo.
- » La infraestructura vial es una prioridad de desarrollo para la región. Como consecuencia, se llevan a cabo varios proyectos de carreteras a gran escala, incluyendo la carretera de Nuevo Edén a Boca Colorado (finalizada en 2021); la Carretera Longitudinal de la Selva sector sur (PE-5S) desde Boca Manu hasta la frontera con Bolivia (finalizada en 2024); y el proyecto de la carretera MD-104 de Iñaparí a Purús (finalizada en 2028).

Tabla 2. Supuestos del escenario de Tendencias Actuales.

Supuestos	En ausencia de un plan de ordenamiento territorial, área de la región donde se toleran las actividades			Expansión minera	Precio internacional del oro
	Minería	Agricultura	Urbano y carreteras		
	100 % <i>de la región</i>	100 % <i>de la región</i>	100 % <i>de la región</i>	+6,0 % <i>del área minera en 2013 / año</i>	-30 % <i>disminución entre 2013 y 2040</i>
	Reforestación activa	Expansión agroforestal	Inmigración		Carreteras primarias
0 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+12,4 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+1176 <i>personas que se radican en la región/año</i>	+10 % <i>más migrantes radicados en pueblos mineros</i>	+803,3 km <i>de carreteras primarias construidas al 2040</i>	

Tabla 3. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Tendencias Actuales.

Economía	 71,0 % <i>de la región dentro de 10 km de carreteras</i>	 +25 km² <i>de área minera ganada / año</i>	 +29 km² <i>de área agrícola ganada / año</i>	 -15.743 Mg <i>de vegetación perdida en concesiones madereras</i>	 -759 km² <i>de bosque intacto perdido en concesiones de castaña</i>
Bienestar	 5,4 <i>fuentes de conflictos por ha hasta el 2040</i>	 +2,96 % <i>crecimiento poblacional en ciudades / año</i>	 +2,79 % <i>crecimiento poblacional minero / año</i>	 596 ha <i>área normalizada de minería río arriba</i>	 1298 tons <i>de nitrógeno exportado/año</i>
Ambiente	 -54,5 km² <i>de pérdida de bosque /año</i>	 -11,4 % <i>de pérdida de biodiversidad del 2013</i>	 +0,88 m <i>entre parches de bosques vecinos</i>	 -37 G tons <i>de pérdida de carbono por deforestación</i>	 5258 tons <i>de sedimentos erosionados/año</i>

Madre de Dios para el 2040

- » La parte sureste de la región está cubierta por una densa red de carreteras primarias, secundarias y terciarias, lo que sitúa al 71% de la región a 10 km de una carretera y por lo tanto es accesible para el desarrollo.
- » La apertura de nuevas tierras para la minería y la agricultura (264% y 155% de expansión, respectivamente) permite la producción de más productos agrícolas y oro y emplea directa e indirectamente a la mayor parte de la mano de obra de la región.
- » La explotación forestal y las concesiones de castaña son invadidas por la agricultura y la minería, lo que resulta en una pérdida significativa de biomasa de madera en las concesiones de explotación forestal y en una prolongada degradación de los bosques en las concesiones de castaña que afectan a la producción del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*).
- » Las superposiciones entre las concesiones y los usos incompatibles de la tierra desencadenan conflictos sociales entre agricultores, comunidades, empresarios de ecoturismo, madereros y mineros. Las invasiones de tierras por parte de los recién llegados para la minería y la agricultura amenazan las culturas y los conocimientos de los nativos.
- » El rápido crecimiento poblacional en pueblos y ciudades desborda los planes de urbanización poniendo a las áreas urbanas en alto riesgo de desarrollar pueblos jóvenes (barrios de tugurios). Estas zonas urbanas no planificadas suelen carecer de infraestructura y servicios básicos, lo que amenaza la salud y la seguridad de sus habitantes. Con una infraestructura, salud y condiciones sociales aún más deficientes, las ciudades mineras experimentan un rápido crecimiento demográfico en tierras altamente contaminadas con mercurio.
- » La expansión de la minería en el paisaje da como resultado una importante exposición al mercurio por parte de la población, el cual se transporta desde las zonas mineras. Del mismo modo, los nitratos y fosfatos utilizados en la agricultura contaminan las aguas superficiales consumidas por la población.
- » La deforestación (1472 km² o 1,7% de la región) para la construcción de nuevas carreteras, la minería, la agricultura y las tierras urbanas se extiende a zonas que antes no estaban perturbadas.
- » La pérdida de cobertura boscosa crea parches aislados más pequeños donde la rica biodiversidad regional lucha por sobrevivir, lo que conlleva una pérdida de biodiversidad mundial del 11,4% en comparación con 2013. La invasión de la minería y la agricultura fragmenta el paisaje, con parches de bosque nativo cada vez más separados entre sí, amenazando todo el ecosistema y la conectividad del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró.
- » La pérdida de cobertura boscosa en Madre de Dios entre 2013 y 2040 libera un estimado de 36,7 millones de toneladas de carbono a la atmósfera, contribuyendo al cambio climático local y global.
- » La remoción de cobertura vegetal en áreas agrícolas y mineras asociadas con el cambio climático acelera la erosión del suelo (142.000 toneladas más de sedimentos perdidos en comparación con 2013), lo que limita la fertilidad del suelo para la agricultura, además de aumentar la turbidez de los ríos y dañar los ecosistemas de agua dulce.

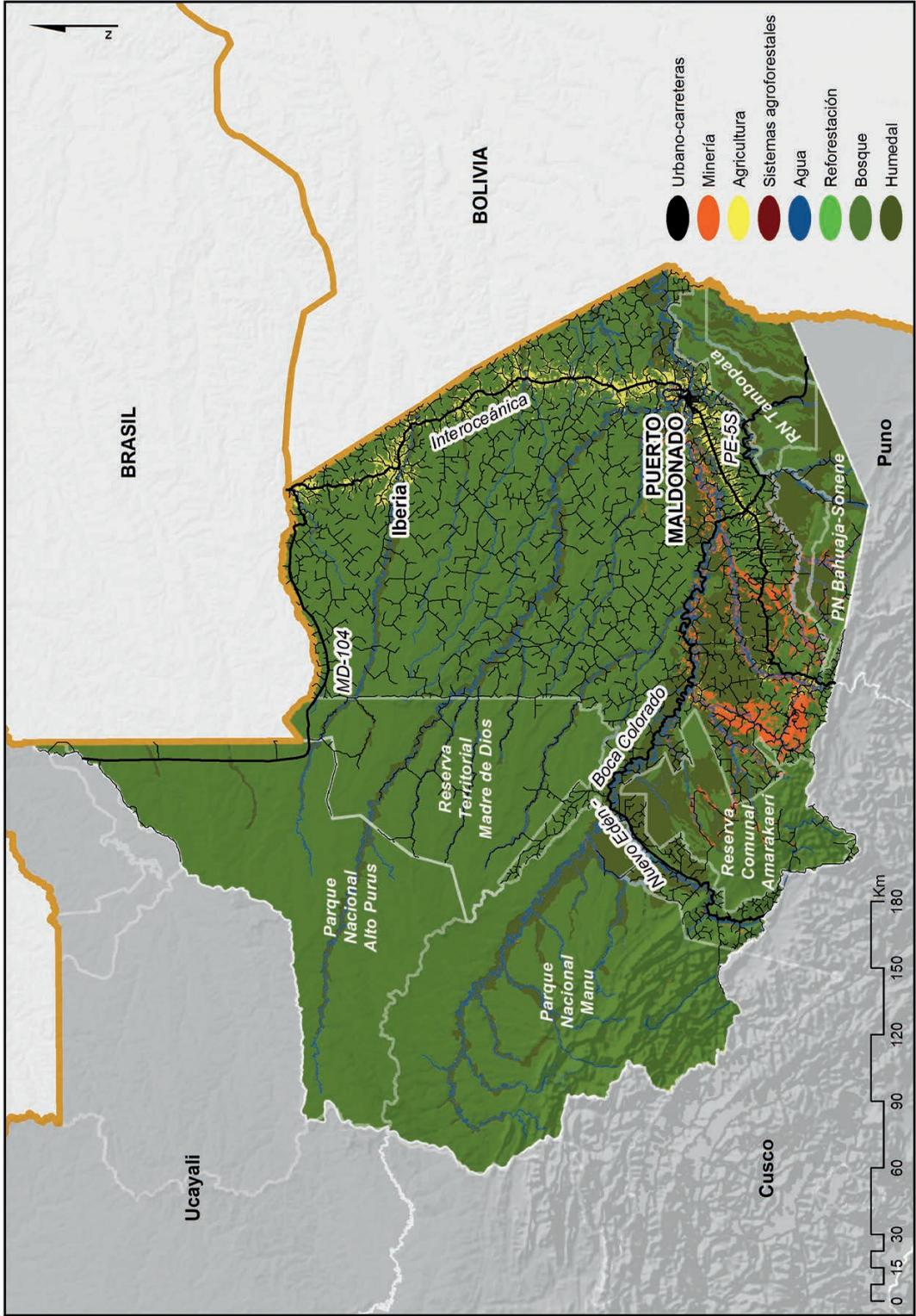


Figura 18. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Tendencias Actuales.



ESCENARIO DE EXPANSIÓN DE MINERÍA DE ORO ALUVIAL

La minería informal e ilegal de oro se expande debido a la mala gestión de la tierra, la débil aplicación de la ley, el aumento de la inmigración y los altos precios internacionales del oro. La productividad económica es alta en los sectores de minería y agricultura, lo que se asocia con la reducción de la explotación forestal legal y la productividad de la castaña, la alarmante degradación del ambiente y la reducción del bienestar humano.

Supuestos

- » La falta de regulaciones sectoriales a nivel nacional, el limitado presupuesto y personal a nivel regional y la ausencia de un Plan de Ordenamiento Territorial regional conducen a una completa desregulación del sector minero en la región. La minería se expande sin restricciones, incluso en áreas protegidas.
- » Las áreas prospectadas para la minería informal e ilegal aumentan debido a la subida de los precios del oro en los mercados internacionales. La gran mayoría de los mineros informales no formalizan su actividad.
- » Al igual que en el escenario de Tendencias Actuales, no se implementa ningún programa activo de reforestación a gran escala y el crecimiento de los bosques depende únicamente de la regeneración natural.
- » Las iniciativas agroforestales casi desaparecen del paisaje de la región.
- » Las actividades mineras atraen un 22% más de migrantes de regiones vecinas que en el escenario Tendencias Actuales. Los inmigrantes se instalan de forma masiva en las zonas mineras.
- » Se construyen las mismas tres carreteras principales que en el escenario Tendencias Actuales.

Tabla 4. Supuestos del escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial.

Supuestos	En ausencia de un plan de ordenamiento territorial, área de la región donde se toleran las actividades			Expansión minera	Precio internacional del oro
	Minería	Agricultura	Urbano y carreteras		
	100 % <i>de la región</i>	100 % <i>de la región</i>	100 % <i>de la región</i>	+8,0 % <i>del área minera en 2013 / año</i>	+2 % <i>aumento entre 2013 y 2040</i>
	Reforestación activa	Expansión agroforestal	Inmigración		Carreteras primarias
	0 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+2,3 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+1429 <i>personas que se radican en la región/año</i>	+20 % <i>más migrantes radicados en pueblos mineros</i>	+803,3 km <i>de carreteras primarias construidas al 2040</i>

Tabla 5. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial.

Economía	 87,3 % <i>de la región dentro de 10 km de carreteras</i>	 +32 km² <i>de área minera ganada / año</i>	 +29 km² <i>de área agrícola ganada / año</i>	 -16.698 Mg <i>de vegetación perdida en concesiones madereras</i>	 -767 km² <i>de bosque intacto perdido en concesiones de castaña</i>
Bienestar	 5,4 <i>fuentes de conflictos por ha hasta el 2040</i>	 +3,15 % <i>crecimiento poblacional en ciudades / año</i>	 +2,93 % <i>crecimiento poblacional minero / año</i>	 721 ha <i>área normalizada de minería río arriba</i>	 1526 tons <i>de nitrógeno exportado/año</i>
Ambiente	 -61,9 km² <i>de pérdida de bosque /año</i>	 -13,6 % <i>de pérdida de biodiversidad del 2013</i>	 +1,12 m <i>entre parches de bosques vecinos</i>	 -53 G tons <i>de pérdida de carbono por deforestación</i>	 7494 tons <i>de sedimentos erosionados/año</i>

Madre de Dios para el 2040

- » La expansión de carreteras se extiende más hacia el oeste que en el escenario de Tendencias Actuales, e invade profundamente las áreas protegidas. La mayor parte (87%) de la región se encuentra a 10 km de una carretera.
- » Mientras que la expansión agrícola (154%) es comparable al escenario de Tendencias Actuales, la expansión minera aumenta abruptamente (317%), permitiendo la producción de más oro y empleando, tanto directa como indirectamente, a la mayoría de la fuerza laboral de la región.
- » La explotación forestal y las concesiones de castaña son invadidas por la minería y la agricultura. Esto resulta en un aumento significativo de pérdida de biomasa maderera en las concesiones madereras (16,7 millones de toneladas) y en la degradación de bosques en las concesiones de castaña (pérdida de 767 km² de bosque intacto), comparando al escenario de Tendencias Actuales.
- » La expansión no controlada de la minería desencadena conflictos sociales principalmente entre agricultores, comunidades, empresarios de ecoturismo, madereros y mineros como en el escenario de Tendencias Actuales. Las invasiones de tierras por parte de los recién llegados para la explotación minera y agrícola amenazan las culturas y el conocimiento de los nativos.
- » El crecimiento poblacional en las grandes ciudades y en los asentamientos mineros es mayor que en el escenario de Tendencias Actuales, con mayores riesgos de desarrollar pueblos jóvenes y un mayor número de personas expuestas a una infraestructura, salud y condiciones sociales deficientes.
- » La exposición de la población de la región al mercurio es la más alta de todos los escenarios, lo que representa un problema importante de salud pública. Del mismo modo, la contaminación por nitratos es la más alta entre los escenarios ya que los nitratos se acumulan en las aguas superficiales consumidas por la población.
- » La deforestación (1671 km² o 2,0% de la región) para la construcción de carreteras y nuevas áreas mineras, agrícolas y urbanas es significativamente mayor que en el escenario de Tendencias Actuales.
- » De igual manera, la pérdida de biodiversidad aumenta en un 19% y la fragmentación en un 27% en comparación con el escenario de Tendencias Actuales, amenazando el funcionamiento de todo el ecosistema y la conectividad del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró.
- » La contribución de la región al cambio climático local y global es significativamente mayor en este escenario, con un 45% más de carbono liberado que en el escenario Tendencias Actuales.
- » La expansión de las áreas mineras acelera significativamente la erosión de los suelos en comparación con el escenario Tendencias Actuales (+43%), con consecuencias para la fertilidad del suelo, así como una mayor turbidez de los ríos y daños a los ecosistemas de agua dulce.

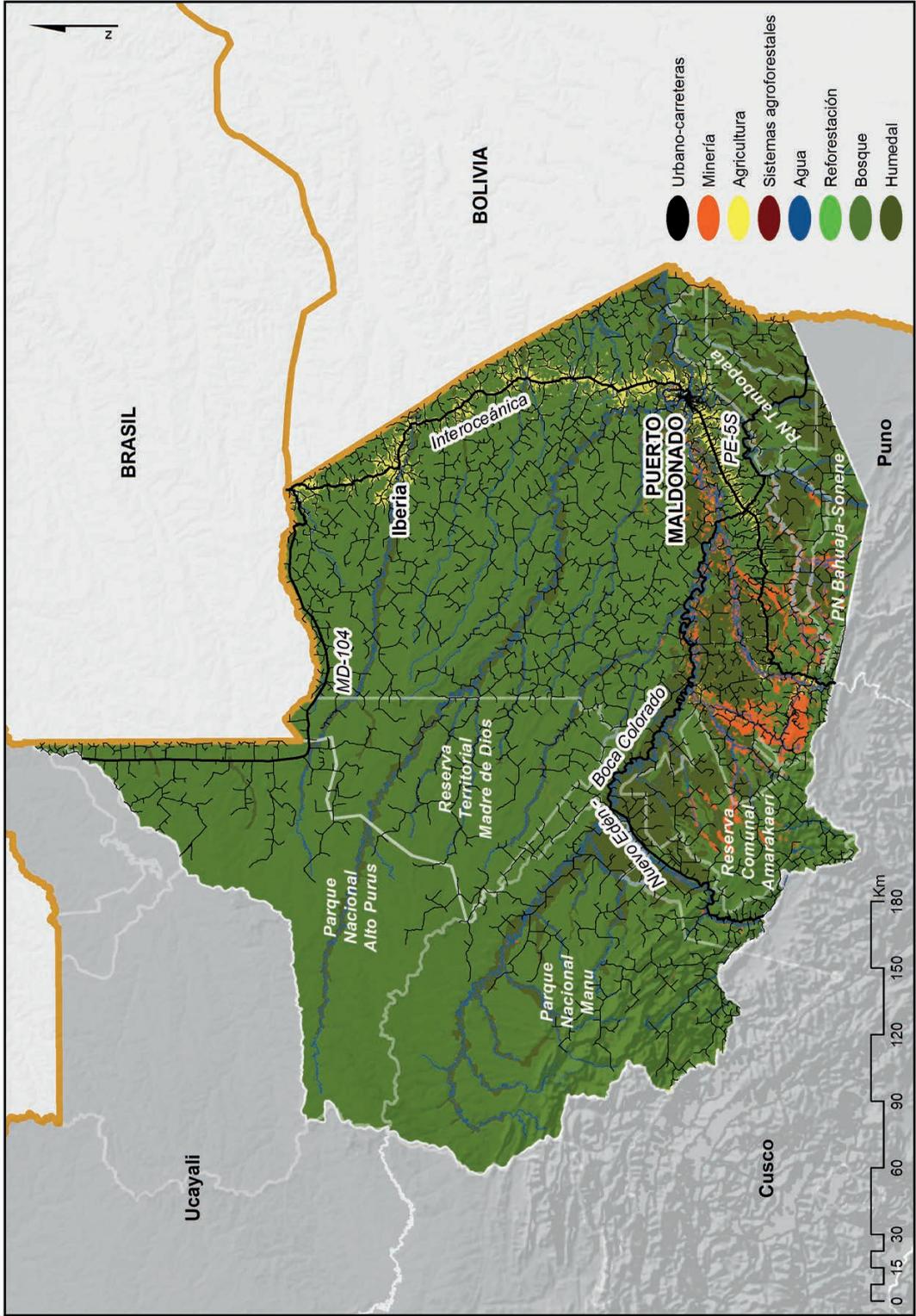


Figura 19. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial.



ESCENARIO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El plan de ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible de la región se aplicará después de 2020. Todas las actividades económicas se formalizan y se llevan a cabo dentro de la zonificación del plan, frenando con éxito la expansión de la minería. Estas acciones se traducen en un buen desempeño económico de los demás sectores y en una mejora de los servicios ecosistémicos y del bienestar humano.

Supuestos

- » Los gobiernos regionales y nacionales trabajan juntos para implementar el Plan de Ordenamiento Territorial (GOREMAD 2014c) y la macrozonificación de la región (GOREMAD 2009) para el 2020. Se formaliza la minería ilegal y se resuelven los conflictos sobre el uso de la tierra para guiar el desarrollo de la región. El desarrollo minero y agrícola está restringido a zonas que representan el 12% y el 11% de la región, respectivamente.
- » Los terrenos prospectados para la minería son los mismos que en el escenario de Tendencias Actuales. Todos los mineros formalizan su actividad.
- » El plan de ordenamiento territorial incluye un programa de reforestación que restaura 139 km² de bosque en áreas mineras fuera de la zonificación de ordenamiento territorial.
- » Los sistemas agroforestales son promovidos por el gobierno nacional y regional en tierras agrícolas fuera de la zonificación del plan para limitar los efectos adversos sobre el ambiente. Más de 220 km² de tierras agrícolas se convierten en tierras agroforestales.
- » Las oportunidades económicas que ofrece el plan de ordenamiento territorial atrae a más migrantes a la región, lo que resulta en un 22% más de inmigración que en el escenario de Tendencias Actuales. Debido a que existen otras oportunidades económicas, sólo una pequeña fracción de estos migrantes se establece en ciudades mineras.
- » Se construyen las mismas tres carreteras principales que en el escenario de Tendencias Actuales.

Tabla 6. Supuestos del escenario Ordenamiento Territorial.

Supuestos	Área autorizada en el plan de ordenamiento territorial para:			Expansión minera	Precio internacional del oro
	Minería	Agricultura	Urbano y carreteras		
		12 % <i>de la región</i>	11 % <i>de la región</i>	46 % <i>de la región</i>	+6,0 % <i>del área minera en 2013 / año</i>
	Reforestación activa	Expansión agroforestal	Inmigración		Carreteras primarias
			Inmigrantes	Miñeros	
	+138,6 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+223,3 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+1429 <i>personas que se radican en la región/año</i>	+5 % <i>más migrantes radicados en pueblos mineros</i>	+803,3 km <i>de carreteras primarias construidas al 2040</i>

Tabla 7. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Ordenamiento Territorial.

Economía	 68,9 % <i>de la región dentro de 10 km de carreteras</i>	 +20 km² <i>de área minera ganada / año</i>	 +29 km² <i>de área agrícola ganada / año</i>	 -15.448 Mg <i>de vegetación perdida en concesiones madereras</i>	 -157 km² <i>de bosque intacto perdido en concesiones de castaña</i>
Bienestar	 1,5 <i>fuentes de conflictos por ha hasta el 2040</i>	 +3,17 % <i>crecimiento poblacional en ciudades / año</i>	 +2,85 % <i>crecimiento poblacional minero / año</i>	 451 ha <i>área normalizada de minería río arriba</i>	 1030 tons <i>de nitrógeno exportado/año</i>
Ambiente	 -54,5 km² <i>de pérdida de bosque /año</i>	 -8,8 % <i>de pérdida de biodiversidad del 2013</i>	 +0,85 m <i>entre parches de bosques vecinos</i>	 -32 G tons <i>de pérdida de carbono por deforestación</i>	 4247 tons <i>de sedimentos erosionados/año</i>

Madre de Dios para el 2040

- » La accesibilidad es ligeramente limitada en comparación con el escenario de Tendencias Actuales, con una reducción del 3,0% en la proporción de la región dentro de un radio de 10 km alrededor de una carretera.
- » Mientras que la expansión agrícola (155%) es equivalente a la del escenario Tendencias Actuales, la expansión minera en el escenario de Ordenamiento Territorial es limitada (231%; -19,9%), reduciendo significativamente el volumen de oro extraído en la región.
- » La pérdida de biomasa maderera en las concesiones madereras es comparable a la del escenario Tendencias Actuales, pero la pérdida de bosque intacto en las concesiones de castaña se reduce significativamente (-79,3%).
- » La resolución autoritativa de superposiciones de concesiones y usos de la tierra y la reforestación forzada de áreas mineras desencadenan conflictos, pero durante el período de 27 años, éstos representan 72,5% menos fuentes de fricción social que las observadas en el escenario Tendencias Actuales, lo que constituye el mejor puntaje entre todos los escenarios.
- » El crecimiento poblacional en los pueblos grandes y en los asentamientos mineros es significativamente mayor (+7,1% y +2,2%, respectivamente) que en el escenario de Tendencias Actuales, exponiendo a las personas al riesgo de vivir en pueblos jóvenes (barrios de tugurios). Este riesgo es probablemente mitigado al menos parcialmente por el desarrollo de un fuerte plan de desarrollo urbano, en particular para el pueblo de Puerto Maldonado, pero nuestro modelo no permite la cuantificación de esta mitigación.
- » La exposición al mercurio de la población de la región es la más baja de todos los escenarios (-24,4% en comparación con el escenario Tendencias Actuales). Esto se debe a una cuidadosa zonificación de las actividades mineras aguas abajo de las ciudades pobladas, lo que reduce el riesgo de contaminación por mercurio para las personas. La cantidad de mercurio que entra a los ríos también es probablemente menor en este escenario, debido a la aplicación de una nueva legislación que introduce técnicas de amalgamación mejoradas. Los efectos de los cambios en las prácticas mineras, no obstante no se integraron en nuestro indicador. Asimismo, la contaminación por nitratos es significativamente menor (-20,6%) en comparación con el escenario Tendencias Actuales, aumentando la calidad del agua consumida por la población.
- » La deforestación (1472 km² o 1,7% de la región) es equivalente a la del escenario Tendencias Actuales.
- » La pérdida de biodiversidad disminuye significativamente en un 22,3% pero la fragmentación en sólo un 3,4% en comparación con el escenario de Tendencias Actuales, lo que sigue amenazando la conectividad del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró.
- » La contribución de la región al cambio climático local y mundial es significativamente menor en este escenario, con un 11,6% menos de carbono emitido que en el escenario Tendencias Actuales.
- » La zonificación disminuye la erosión de los suelos en comparación con el escenario de Tendencias Actuales (-19%), con una mejor fertilidad del suelo y una menor turbidez de los ríos y por ende con un menor daño a los ecosistemas de agua dulce.

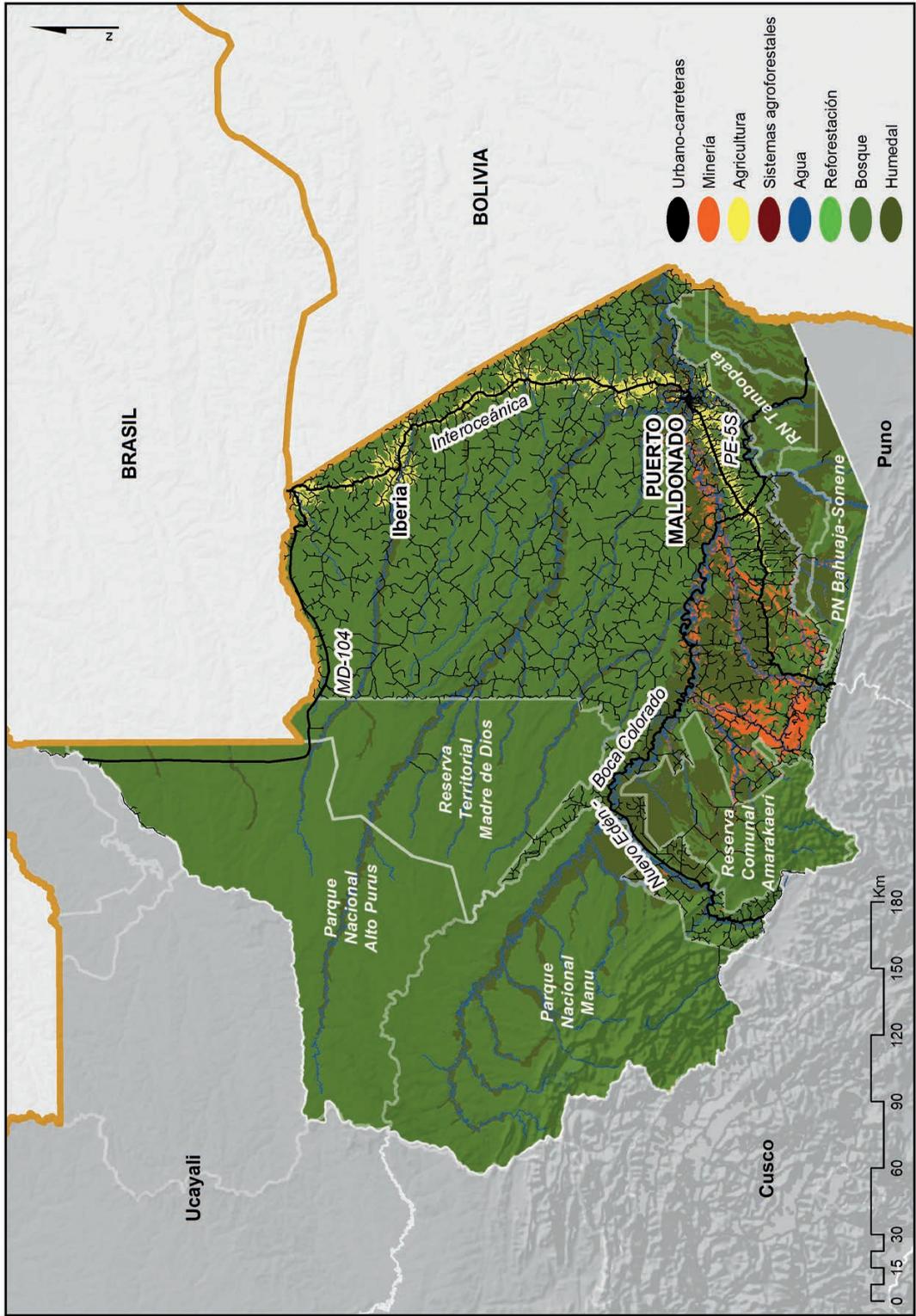


Figura 20. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Ordenamiento Territorial.



ESCENARIO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE

Un nuevo plan de ordenamiento territorial centrado en la biodiversidad y la conservación del paisaje se aplicará después de 2020. Las áreas protegidas se consideran santuarios, la deforestación es muy limitada y se restauran las tierras degradadas. Estas acciones tienen como resultado un crecimiento económico limitado en los sectores agrícola y minero, un buen desempeño de bienestar humano y un desempeño ambiental óptimo.

Supuestos

- » Los gobiernos regionales y nacionales trabajan en conjunto para proteger la biodiversidad y los paisajes de Madre de Dios. Elaboran un nuevo plan de ordenamiento territorial que restringe la expansión agrícola y minera a los sectores donde existen concesiones formales activas (4% y 1% de la superficie de la región, respectivamente). Se resuelven los conflictos de uso de suelo incompatibles.
- » Las áreas prospectadas para minería son las mismas que en el escenario Tendencias Actuales. Todos los mineros formalizan su actividad.
- » El gobierno inicia un ambicioso programa de reforestación para restaurar 273 km² de bosque en áreas agrícolas y mineras fuera de la zonificación del ordenamiento territorial.
- » Nuevas normas exigen que todas las concesiones agrícolas dentro de la zonificación del ordenamiento territorial adopten progresivamente prácticas agroforestales que resulten en más de 440 km² de tierras agrícolas convertidas en agroforestales.
- » La limitación de oportunidades económicas relacionadas con la minería y la agricultura se traducen en una reducción del número de migrantes a la región (-26% en comparación con el escenario Tendencias actuales).
- » Para evitar la fragmentación de áreas protegidas y reservas indígenas, sólo se construye la carretera prioritaria de integración regional que conecta Nuevo Edén, Boca Manu y Boca Colorado (finalizada en 2021), lo que significa un 67,8% menos de carreteras primarias construidas en comparación con el escenario Tendencias Actuales.

Tabla 8. Supuestos del escenario de Conservación del Paisaje.

Supuestos	Área autorizada en el plan de ordenamiento territorial para:			Expansión minera	Precio internacional del oro
	Minería	Agricultura	Urbano y carreteras		
		4 % <i>de la región</i>	1 % <i>de la región</i>	46 % <i>de la región</i>	+6,0 % <i>del área minera en 2013 / año</i>
	Reforestación activa	Expansión agroforestal	Inmigración		Carreteras primarias
			Inmigrantes	Mineros	
	+273,0 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+443,8 km² <i>entre 2013 y 2040</i>	+869 <i>personas que se radican en la región/año</i>	0 % <i>más migrantes radicados en pueblos mineros</i>	+258,5 km <i>de carreteras primarias construidas al 2040</i>

Tabla 9. Valores de los indicadores de éxito para el escenario de Conservación del Paisaje.

Economía	 64,4 % <i>de la región dentro de 10 km de carreteras</i>	 +23 km² <i>de área minera ganada / año</i>	 -5,4 km² <i>de área agrícola perdida / año</i>	 -16.014 Mg <i>de vegetación perdida en concesiones madereras</i>	 -270 km² <i>de bosque intacto perdido en concesiones de castaña</i>
Bienestar	 1,6 <i>fuentes de conflictos por ha hasta el 2040</i>	 +2,87 % <i>crecimiento poblacional en ciudades / año</i>	 +2,67 % <i>crecimiento poblacional minero / año</i>	 634 ha <i>área normalizada de minería río arriba</i>	 931 tons <i>de nitrógeno exportado/año</i>
Ambiente	 -28,1 km² <i>de pérdida de bosque /año</i>	 -7,1 % <i>de pérdida de biodiversidad del 2013</i>	 +0,44 m <i>entre parches de bosques vecinos</i>	 -22 G tons <i>de pérdida de carbono por deforestación</i>	 4117 tons <i>de sedimentos erosionados/año</i>

Madre de Dios para el 2040

- » La accesibilidad de la región es la más baja de todos los escenarios, con una proporción de la región dentro de los 10 km de una carretera reducida en un 9,3%.
- » La superficie agrícola se reduce significativamente en comparación con 2013 (-10%), lo que limita la contribución de este sector a la economía de la región. La formalización del sector agrícola y los incentivos gubernamentales podrían aumentar la productividad de los cultivos y mitigar esta pérdida de rendimiento económico, pero nuestro indicador no tiene en cuenta este aspecto. La expansión minera es limitada (253%; -6,5% comparado con el escenario de Tendencias Actuales) y este modesto cambio en la superficie minera probablemente no afectará mucho los volúmenes de oro extraídos de las áreas mineras de Madre de Dios.
- » La pérdida de biomasa maderera en las concesiones madereras es comparable a la del escenario Tendencias Actuales, pero la pérdida de bosque intacto en las concesiones de castaña se reduce significativamente (-64,4%).
- » La resolución autoritativa de las superposiciones de concesiones y uso de la tierra así como la reforestación forzada de áreas agrícolas y mineras desencadena conflictos, pero en el período de 27 años, éstos representan un 69,9% menos de fuentes de fricción social que las observadas en Tendencias Actuales.
- » El crecimiento poblacional en los pueblos grandes y asentamientos mineros es el más bajo de todos los escenarios (-3,0 y -4,3% en comparación con las Tendencias Actuales), permitiendo que las ciudades dispongan de más tiempo para absorber a los recién llegados, para hacer cumplir un sólido plan de desarrollo urbano y para proporcionar toda la infraestructura necesaria a sus habitantes.
- » La exposición de la población de la región al mercurio es significativamente mayor (+6,2%) que en el escenario de Tendencias Actuales, debido a que las concesiones mineras autorizadas aún se encuentran en las cabeceras de las principales ciudades. Sin embargo, la cantidad de mercurio que entra a los ríos es probablemente menor en este escenario. Esto se debe a la implementación de una nueva legislación que introduce técnicas de amalgamación mejoradas; sin embargo, los efectos de los cambios en las prácticas mineras no se integraron en nuestro indicador. La contaminación por nitratos es la más baja de todas las hipótesis (-28,3% en comparación con las tendencias actuales), debido a una estricta limitación de la agricultura, que se traduce en una reducción significativa de los contaminantes agrícolas en el agua consumida por la población humana.
- » La deforestación (758 km², o el 0,9% de la región) es la más baja entre los escenarios (-48,5% en comparación con Tendencias Actuales).
- » La pérdida de biodiversidad y la fragmentación de bosques son los más bajos de todos los escenarios (-37,9 y -50,0% en comparación con las Tendencias Actuales), lo que permite un funcionamiento óptimo del ecosistema y la conectividad del Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró.
- » La contribución de la región al cambio climático local y global es la más baja en este escenario, con un 40,2% menos de carbono liberado que en el escenario Tendencias Actuales.
- » La zonificación disminuye la erosión de los suelos en comparación con el escenario de Tendencias Actuales (-21,7%), con una mejor fertilidad del suelo y turbidez fluvial y menos daño a los ecosistemas de agua dulce.

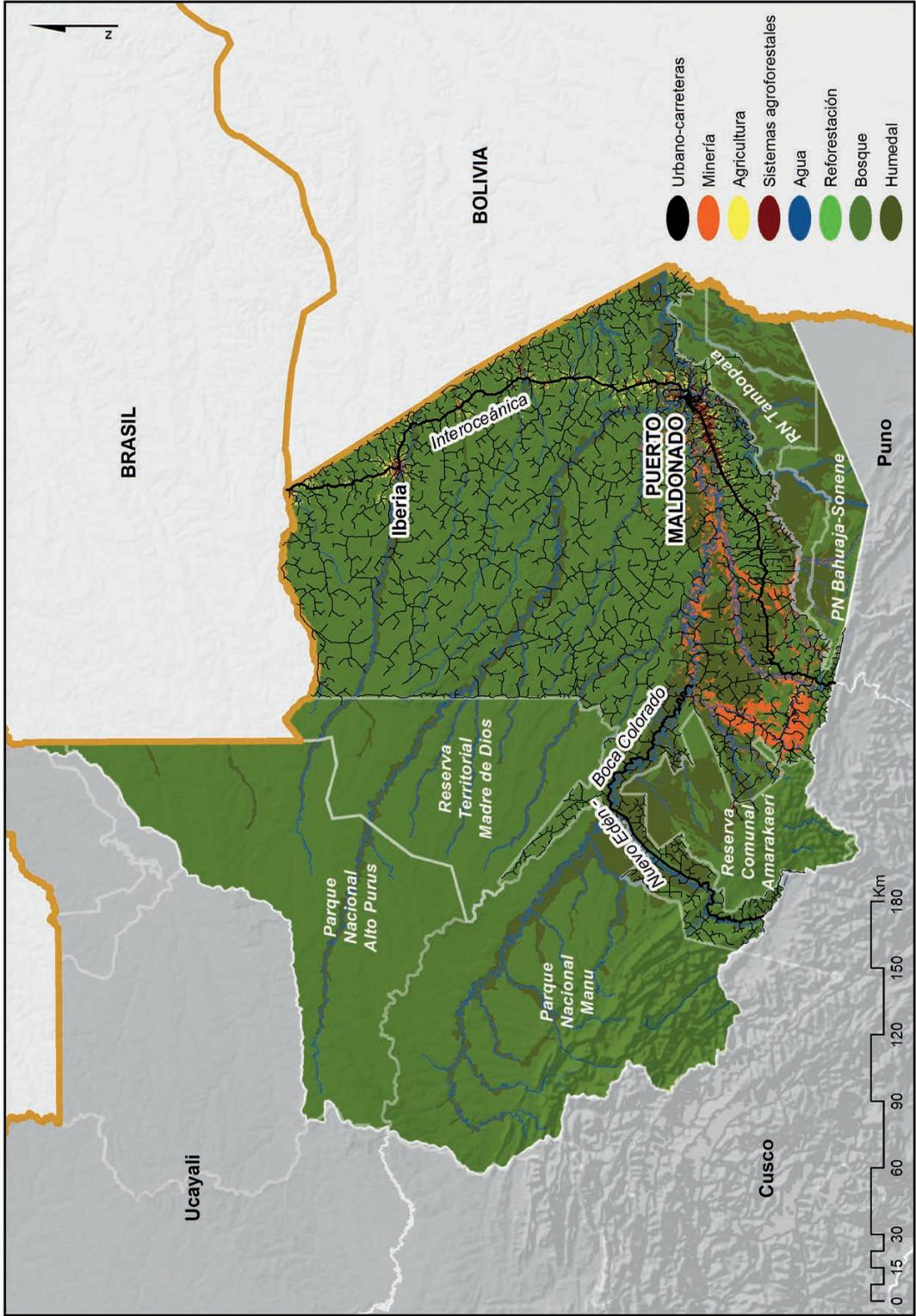
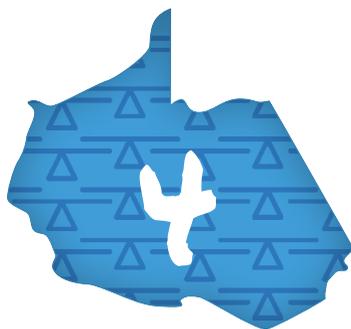


Figura 21. Paisaje de Madre de Dios en 2040 en el escenario de Conservación del Paisaje.



COMPARANDO LOS PAISAJES PRODUCTIVOS EN CADA ESCENARIO

El enfoque del Smithsonian para Madre de Dios ofrece visiones contrastantes del futuro basadas en datos cualitativos y cuantitativos reales y precisos. Además, el enfoque del Smithsonian tiene en cuenta una variedad de puntos de vista equilibrados de los actores claves locales, con el fin de proporcionar una visión holística del futuro de la región. Los cuatro escenarios muestran las oportunidades y los desafíos a los que se enfrentan los tomadores de decisiones a la hora de promover el desarrollo sostenible. Este estudio es el primero en modelar las consecuencias futuras del desarrollo humano sobre una serie de servicios ecosistémicos e indicadores socioeconómicos a nivel de paisaje en la Amazonía peruana. Los escenarios, así como sus indicadores de éxito, se elaboraron en colaboración con los actores claves mediante un proceso de consulta estructurado e innovador. El modelado se basó en cambios observables en el paisaje y en datos publicados sobre los principales factores de cambio. Combina métodos cuantitativos de última generación para incorporar un gran número de factores relevantes para el territorio. El proceso de evaluación de escenarios considera conjuntamente las tres dimensiones críticas para la sostenibilidad de un paisaje productivo: el desarrollo económico, el bienestar humano y el ambiente. (Adams 2006; Cuadro 5; Tabla 10).

En las siguientes secciones presentamos como cada escenario se compara en términos de:

- » La superficie de cambios en la cobertura de la tierra entre 2013 y 2040. En 2040, en todos los escenarios, más del 90% de la región no se ve afectada por el cambio en cobertura del suelo, quedando los bosques naturales,

humedales, ríos y bancos de arena visibles en 2013. Por esta razón, sólo mostramos el 10 % del paisaje en el que se espera que se produzcan cambios.

- » Proyección del paisaje en 2040 alrededor de la Carretera Interoceánica, donde la mayoría de los cambios se concentran en todos los escenarios.
- » Desempeño de los escenarios para cada indicador. Para ello, desarrollamos un índice de desempeño (Cuadro 5). Tiene una escala entre 0 y 1 (el mejor valor del indicador) y es mayor cuando el escenario evaluado es más exitoso para el indicador dado. Con este índice, el éxito de cada indicador o de cualquiera de las tres dimensiones de desarrollo sostenible (economía, bienestar y ambiente) puede compararse entre escenarios.

Para finalizar, proporcionamos una ilustración gráfica de cómo se vería cada escenario.

Cuadro 5. Cálculo de desempeño a partir de nuestros indicadores

Para calcular el desempeño de cada uno de los 15 indicadores utilizamos la siguiente fórmula:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_s}{I_{max}} , \text{ si el indicador aumenta con el desempeño (n=3)} \\ \frac{I_{min}}{I_s} , \text{ si el indicador disminuye con el desempeño (n=12)} \end{array} \right.$$

Siendo I_s : el valor del indicador del escenario s ; I_{min} : el valor mínimo del indicador en todos los escenarios; I_{max} : el valor máximo del indicador en todos los escenarios. Los valores de desempeño están entre 0 y 1 (el mejor valor del indicador). Los valores de desempeño se promedian entre las dimensiones económicas, de bienestar y ambientales y entre todos los indicadores.

Cambios de Cobertura del Terreno entre 2013 y 2040 en el 10% del Paisaje Impactado

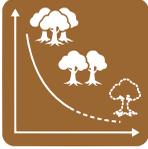


Figura 22. Escenario de Tendencias Actuales (escala en km²). En la zona afectada por los cambios (representada por el anillo exterior en la figura), 54,5 km² de bosque se convierten en tierras desarrolladas cada año entre 2013 y 2040. La agricultura es la cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (2,6% de la región en 2040 - sector amarillo del anillo exterior) y se expande aproximadamente 1350 km² entre 2013 y 2040 (extremo ancho de los eslabones amarillos en el anillo interior). La mayoría de las tierras agrícolas se expanden sobre bosques y humedales (extremos estrechos de los eslabones amarillos en el anillo interior). La minería es la segunda cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (1,3% de la región en 2040 - sector naranja del anillo exterior) y se expande principalmente sobre humedales (grandes extremos de los eslabones naranja en el anillo interior).

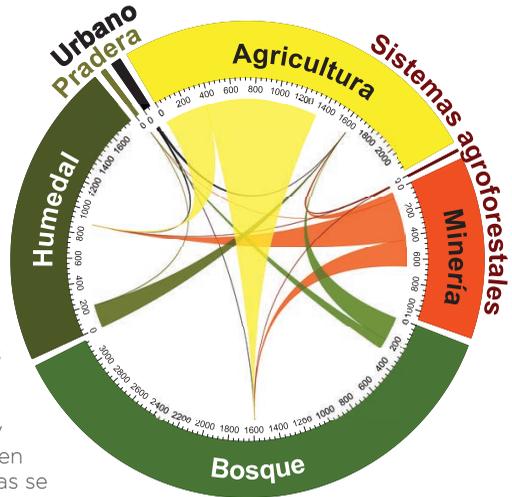


Figura 23. Escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial (escala en km²). En la zona afectada por los cambios (representada por el anillo exterior en la figura), 61,9 km² de bosque se convierten en tierras desarrolladas cada año entre 2013 y 2040. La agricultura es la cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (2,6% de la región en 2040 - sector amarillo del anillo exterior) y se expande aproximadamente 1350 km² entre 2013 y 2040 (extremo ancho de los eslabones amarillos en el anillo interior). La mayoría de las tierras agrícolas se expanden sobre bosques y humedales (extremos estrechos de los eslabones amarillos en el anillo interior). La minería es la segunda cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (1,5% de la región en 2040 - sector naranja del anillo exterior, +213 km² en comparación con el escenario de Tendencias Actuales) y se expande principalmente sobre humedales (enlaces naranja en el anillo interior).

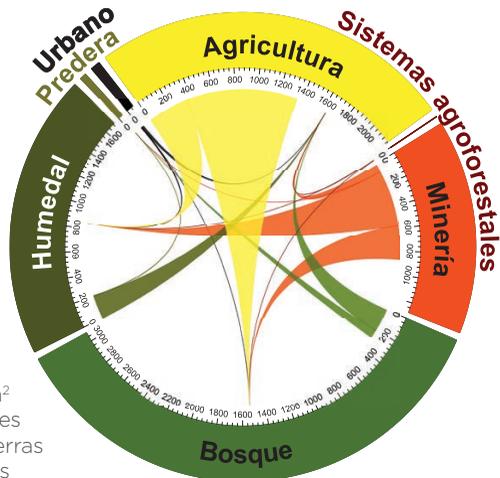




Figura 24. Escenario de Ordenamiento Territorial (escala en km²). En la zona afectada por los cambios (representada por el anillo exterior en la figura), 54,5 km² de bosque se convierten

en tierras desarrolladas cada año entre 2013 y 2040. La agricultura es la cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (2,4% de la región en 2040; -143 km² en comparación con el escenario de Tendencias Actuales - sector amarillo del anillo exterior), expandiéndose aproximadamente 1300 km² entre 2013 y 2040 (extremo ancho de los eslabones amarillos en el anillo interior). La mayoría de las tierras agrícolas se expanden sobre bosques y humedales (extremos estrechos de los eslabones amarillos en el anillo interior). Los sistemas agroforestales cubren 166 km², reemplazando en su mayoría las tierras agrícolas tradicionales formales (sector rojo profundo del anillo exterior). La minería es la segunda cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (1,1% de la región en 2040 - sector naranja del anillo exterior) y se expande principalmente sobre humedales (enlaces naranja en el anillo interior). La reducción de 131 km² de tierras mineras en comparación con el escenario Tendencias Actuales se debe principalmente a las iniciativas de reforestación que cubren 132 km² en 2040 (el sector verde más claro del anillo exterior).

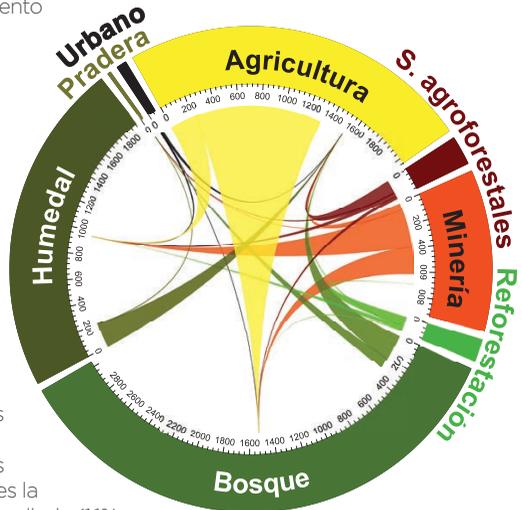
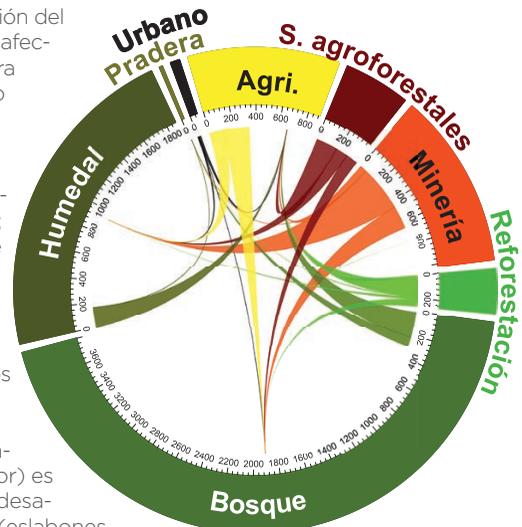
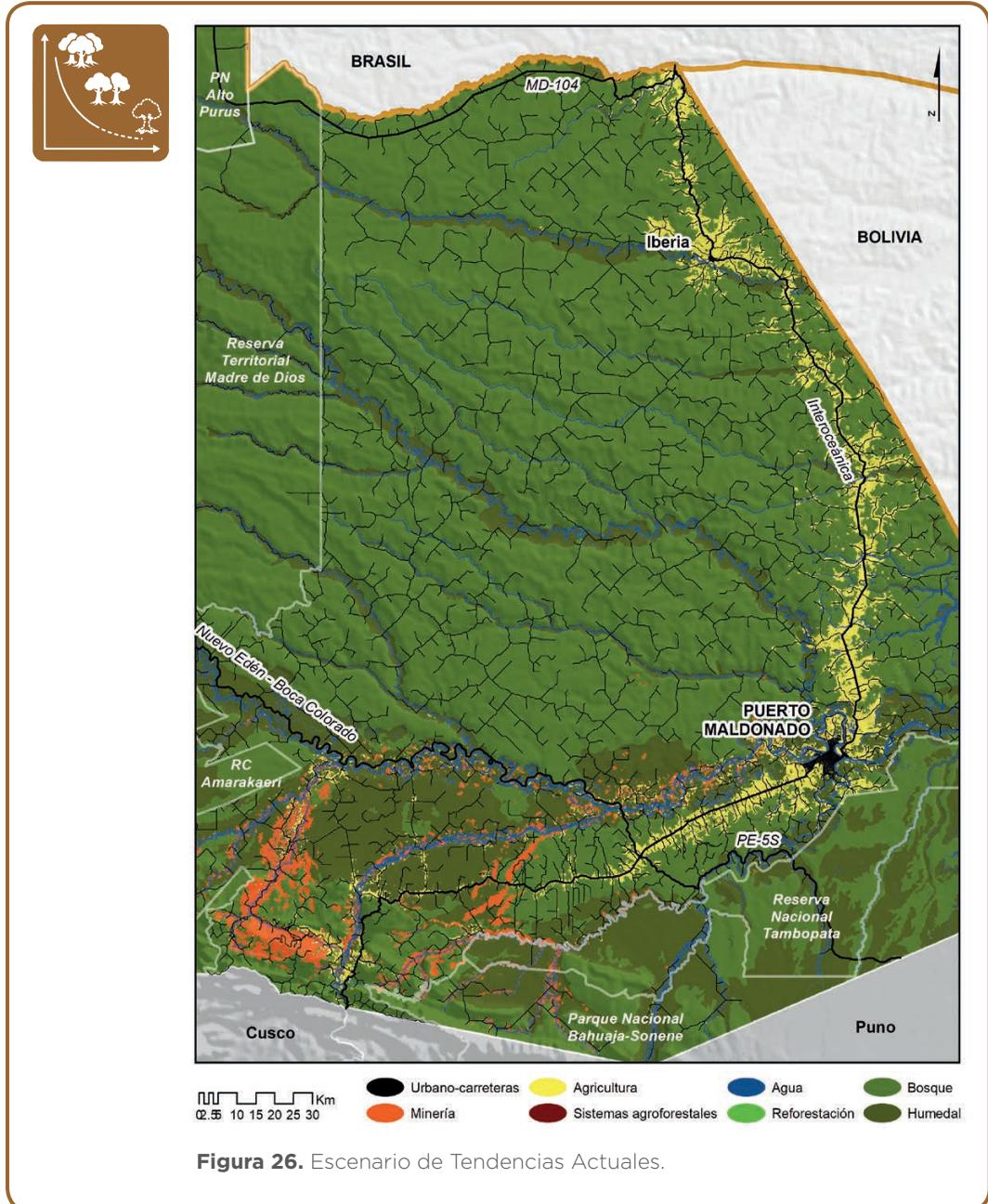


Figura 25. Escenario de Conservación del Paisaje (escala en km²). En la zona afectada por los cambios en la cobertura del suelo (representada por el anillo exterior en la figura), 28,1 km² de bosque se convierten en terrenos desarrollados cada año entre 2013

y 2040. La minería es la cobertura terrestre más comúnmente desarrollada (1,2% de la región en 2040; -43 km² en comparación con el escenario actual de Tendencias - sector naranja del anillo exterior) y se expande aproximadamente 650 km² entre 2013 y 2040 (extremo ancho de los eslabones naranjas en el anillo interior). La mayoría de las tierras mineras se expanden sobre humedales y bosques (extremos estrechos de los eslabones naranjas en el anillo interior). La agricultura (1,0% de la región en 2040; -1297 km² en comparación con el escenario de Tendencias Actuales - sector amarillo del anillo exterior) es la segunda cobertura terrestre más comúnmente desarrollada y se expande sobre todo hacia el bosque (eslabones amarillos en el anillo interior). Los sistemas agroforestales cubren 388 km², reemplazando en su mayoría a tierras agrícolas tradicionales formales (sector rojo profundo del anillo exterior). Las tierras agrícolas situadas fuera de la zonificación del plan de ordenamiento territorial se reforestan, contribuyendo en su mayor parte a los 260 km² de tierras reforestadas en la región en 2040 (el sector verde más claro del anillo exterior).



Proyección del Paisaje en 2040 alrededor de la Carretera Interoceánica



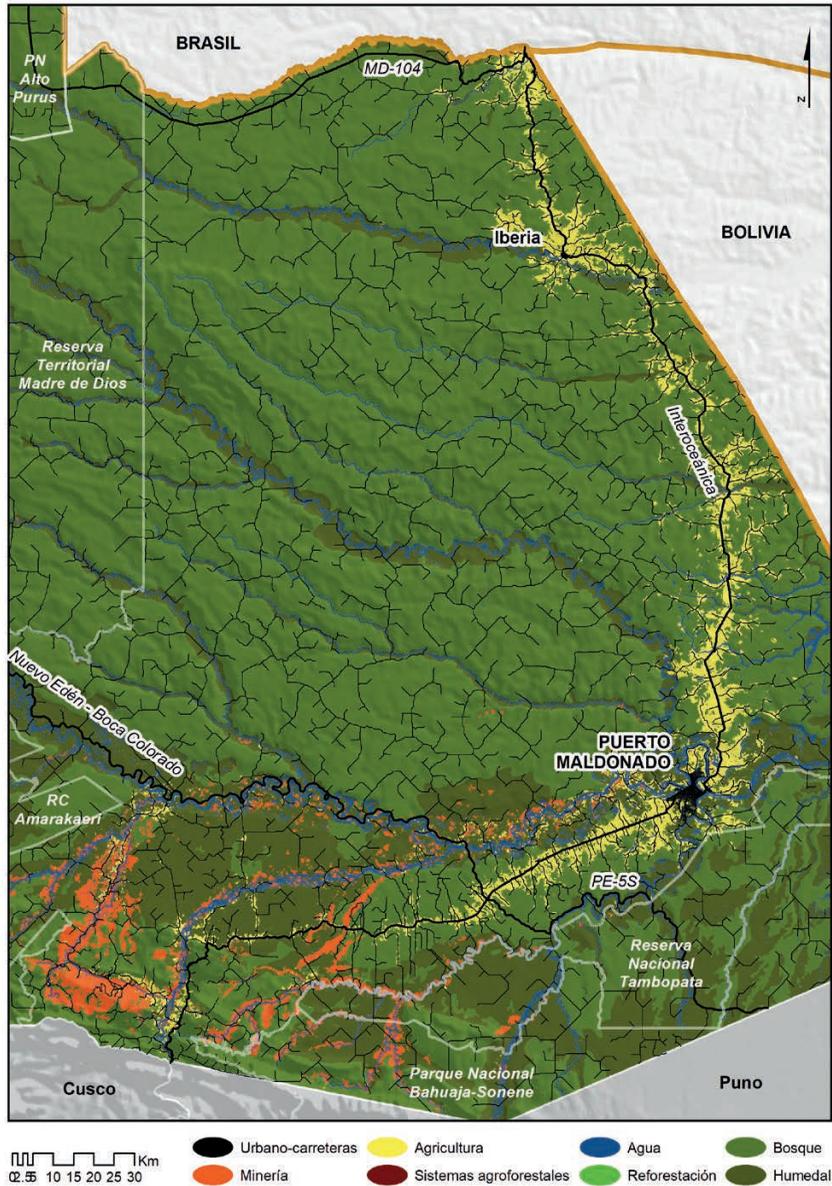
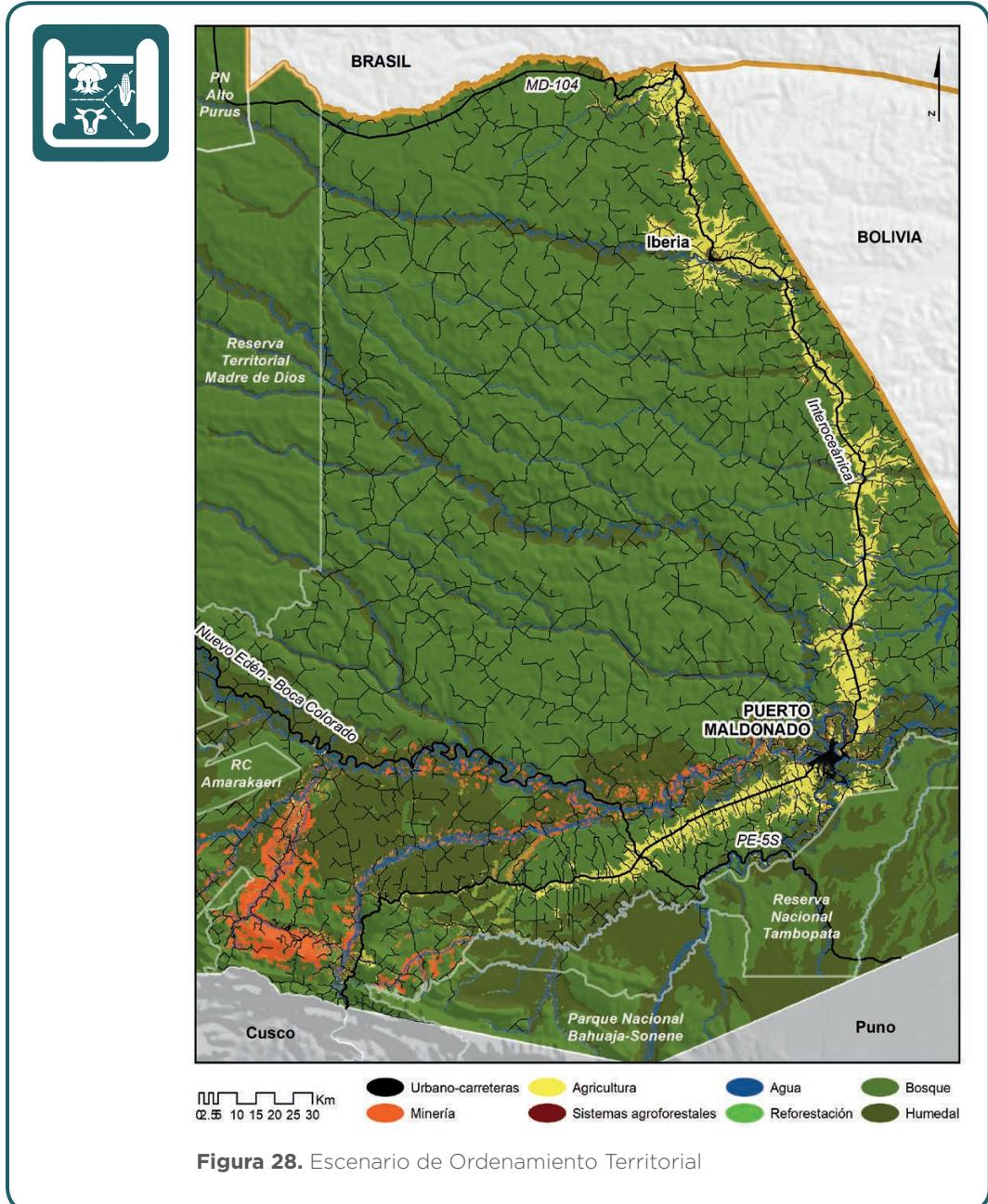


Figura 27. Escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial.

Proyección del Paisaje en 2040 alrededor de la Carretera Interoceánica



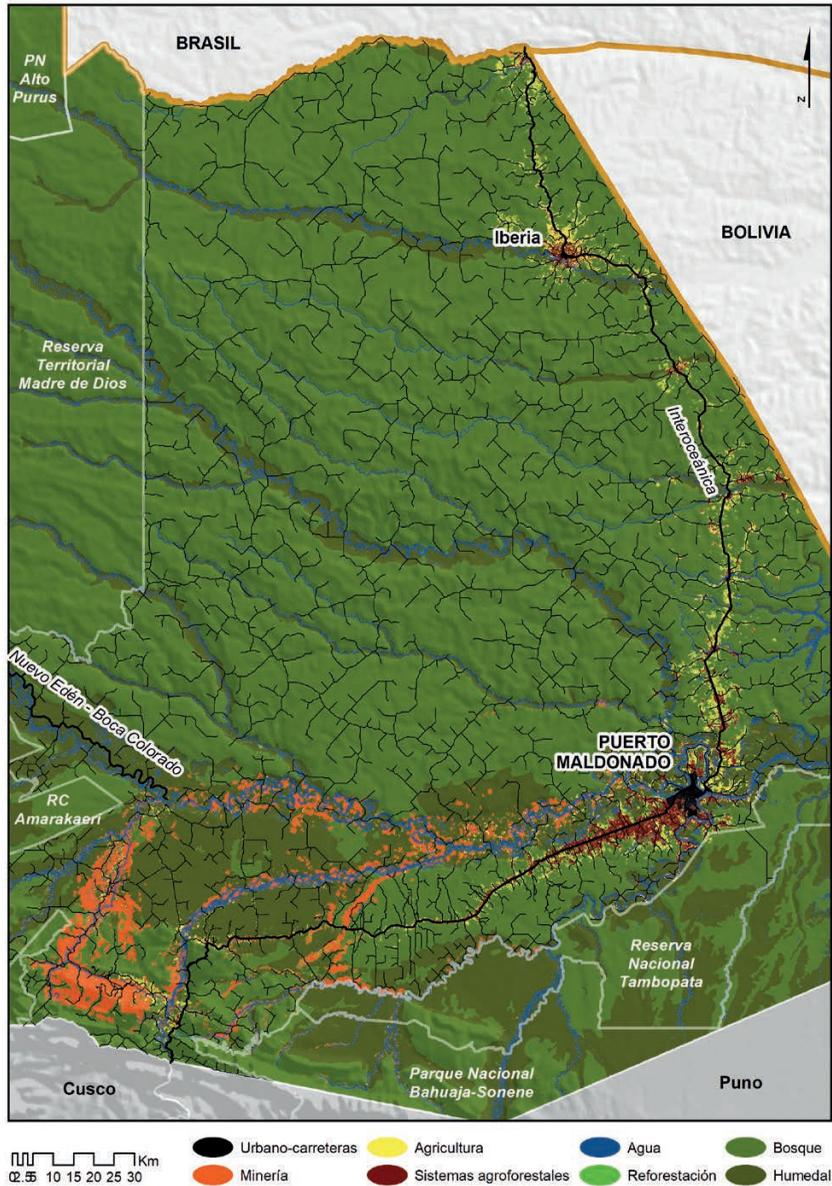


Figura 29. Escenario de Conservación del Paisaje.

Desempeño de los Escenarios para los Indicadores Económicos, de Bienestar y Ambientales

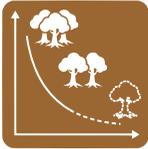


Figura 30. Escenario Tendencias Actuales. El escenario tiene un buen desempeño en la dimensión económica (desempeño promedio de 0,77 sobre 1) particularmente en el sector agrícola, aunque la deforestación masiva en este escenario afecta al sector de la castaña. El desempeño del bienestar humano también es bueno (0,74) debido principalmente al lento crecimiento de las poblaciones urbanas y mineras, pero con altos riesgos de conflictos sociales. El desempeño ambiental del escenario es bajo (0,60), con alta deforestación que afecta la biodiversidad de la región y produce fragmentación, liberación de carbono y erosión.

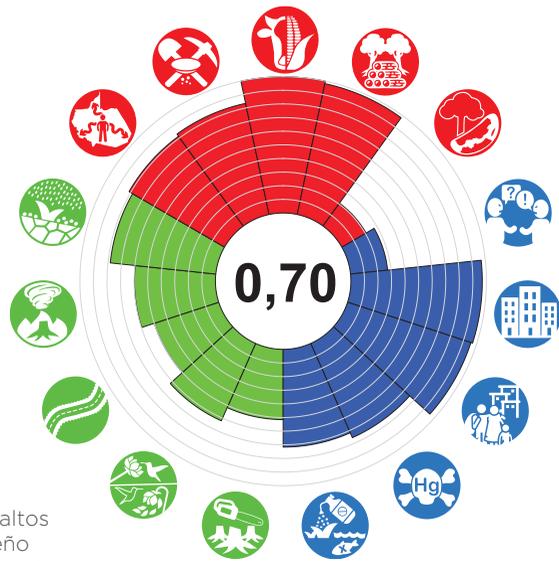
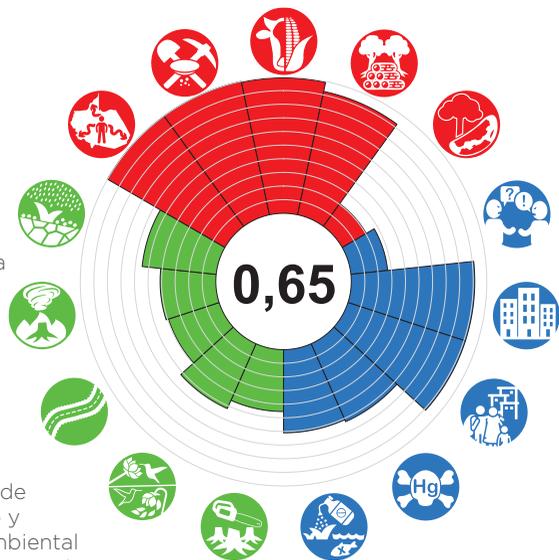


Figura 31. Escenario Expansión de Minería de Oro Aluvial. El escenario tiene un buen desempeño en la dimensión económica (desempeño promedio de 0,82 sobre 1) particularmente en los sectores minero y agrícola. Sin embargo, la deforestación masiva en este escenario impacta el sector de la castaña. El desempeño del bienestar humano es bajo (0,67) debido principalmente a los altos riesgos de conflictos sociales, exposición al mercurio y contaminación agrícola. El desempeño ambiental es el más bajo entre los escenarios (0,47), con altas tasas de deforestación que afectan la biodiversidad de la región y producen fragmentación, liberación de carbono y erosión.



Indicadores económicos

Acceso a recursos



Actividad minera



Actividad agrícola



Potencial maderero



Potencial de castaña

Indicadores de bienestar humano

Conflictos evitados



Planificación urbana



Contención del crecimiento de población minera



Exposición a mercurio evitada



Contaminación agrícola evitada

Indicadores ambientales

Deforestación evitada



Pérdida de biodiversidad evitada



Fragmentación del paisaje evitada



Emisiones de carbono evitadas



Erosión evitada

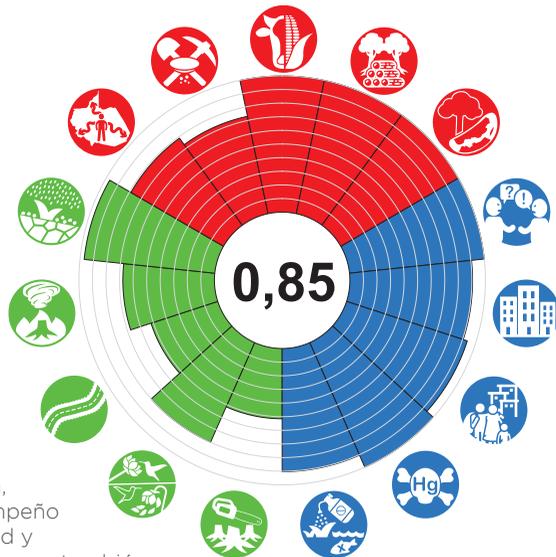


Figura 32. Escenario Ordenamiento Territorial. El escenario se desempeña mejor en la dimensión económica (desempeño promedio de 0,90 sobre 1) particularmente en los sectores agrícola, maderero y de la castaña, con un desempeño más bajo en los sectores de accesibilidad y minería. El desempeño del bienestar humano también es el mejor entre los escenarios (0,95), sin un puntaje de desempeño inferior a 0,90. El desempeño ambiental es bueno (0,70), particularmente en la reducción de la pérdida de biodiversidad y la erosión.

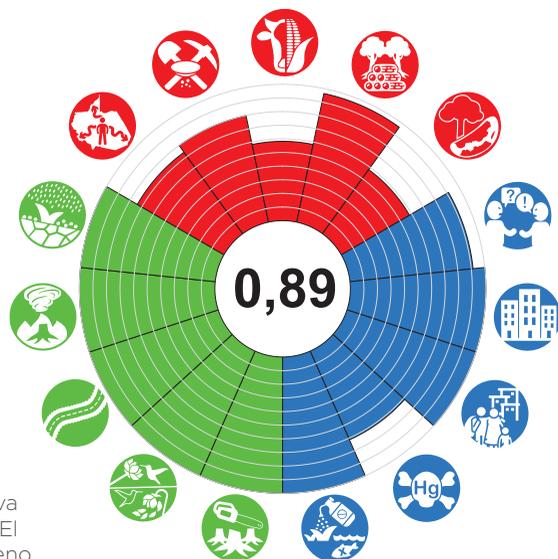


Figura 33. Escenario Conservación del Paisaje. Este escenario tiene el desempeño más bajo en la dimensión económica (desempeño promedio 0,73 sobre 1), particularmente en términos de accesibilidad y en el sector agrícola. Cuenta con un desempeño en el sector de la castaña mejor que el que se observa en el escenario de Tendencias Actuales. El desempeño de bienestar humano es bueno (0,93), con la excepción del indicador de exposición al mercurio. El desempeño ambiental es el mejor entre los escenarios (1,00) para todos los indicadores.

Visión Artística de los Escenarios

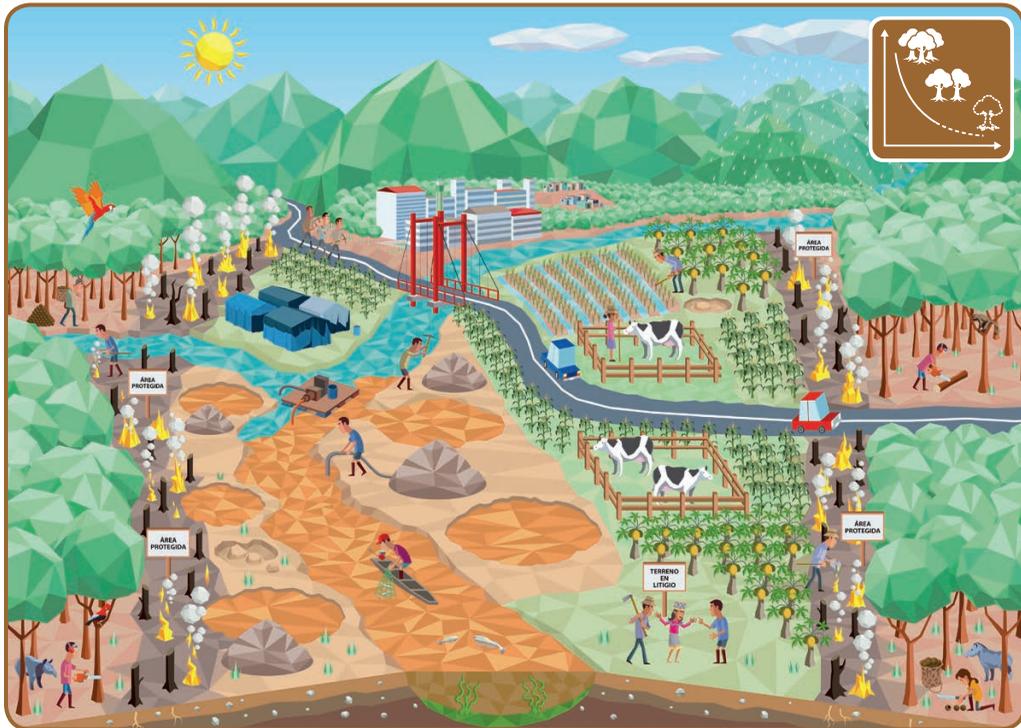


Figura 34. Escenario Tendencias Actuales.



Figura 35. Escenario Expansión de Minería de Oro Aluvial.

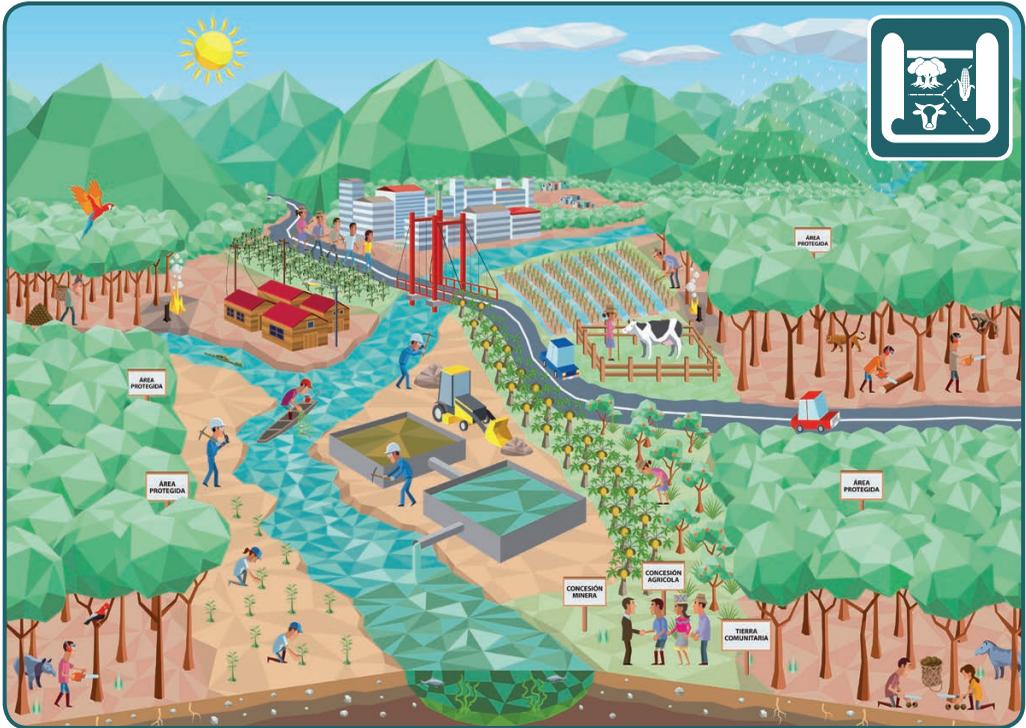


Figura 36. Escenario Ordenamiento Territorial.

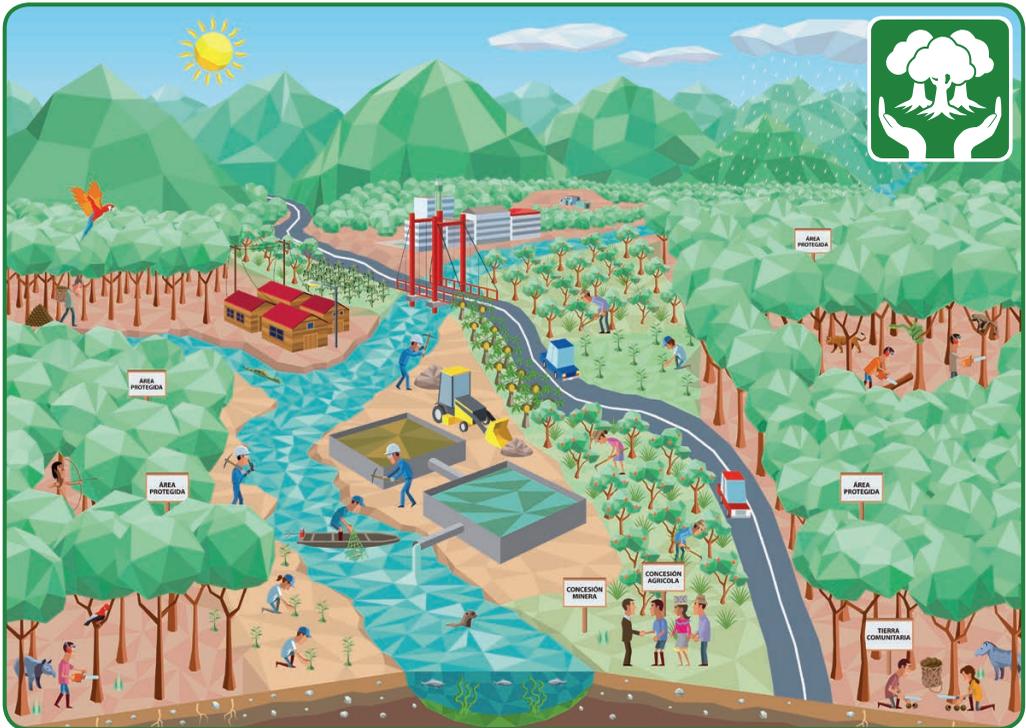


Figura 37. Escenario Conservación del Paisaje.

Lecciones Aprendidas con los Escenarios

Desarrollo Económico

El mayor desempeño económico en 2040 se espera para el escenario de Ordenamiento Territorial (Tabla 10), que equilibra de forma efectiva la accesibilidad, la minería, la agricultura, la tala y la explotación de castaña dentro de un plan de zonificación coordinado. Esto da como resultado una economía diversificada y fuerte que favorece a las industrias ambientalmente amigables. Con una estrategia opuesta basada en la explotación desregulada de los recursos naturales, el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial alcanza también un alto desempeño económico en todos los sectores, excepto en la explotación de castaña, la cual sufre el impacto ecológico de otros sectores de la economía. Debido a la reducción de la tasa de inmigración, el menor precio del oro y la concurrencia entre los objetivos de conservación y las actividades económicas desreguladas, el desempeño económico del escenario de Tendencias Actuales es similar pero ligeramente inferior al escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial. Finalmente, el escenario de Conser-

Tabla 10. Valores del índice de desempeño en todos los escenarios. Escala 0-1 (1 = más exitoso)

Indicadores	Tendencia Actual	Expansión de Minería de Oro	Ordenamiento Territorial	Conservación del Paisaje
Economía				
Acceso a recursos	0,81	1,00	0,79	0,74
Actividad minera	0,83	1,00	0,73	0,80
Actividad agrícola	1,00	0,99	1,00	0,58
Potencial maderero	0,98	0,93	1,00	0,96
Potencial de la castaña	0,21	0,20	1,00	0,58
Desempeño promedio:	0,77	0,82	0,90	0,73
Bienestar				
Conflictos evitados	0,28	0,27	1,00	0,91
Planificación urbana	0,97	0,91	0,91	1,00
Crecimiento contenido de la pob. minera	0,96	0,91	0,94	1,00
Exposición al mercurio evitada	0,76	0,63	1,00	0,71
Contaminación agrícola evitada	0,72	0,61	0,90	1,00
Desempeño promedio:	0,74	0,67	0,95	0,93
Ambiente				
Deforestación evitada	0,52	0,45	0,52	1,00
Biodiversidad	0,62	0,52	0,80	1,00
Conectividad del paisaje	0,50	0,39	0,52	1,00
Emisiones de carbono evitadas	0,60	0,41	0,68	1,00
Erosión evitada	0,78	0,55	0,97	1,00
Desempeño promedio:	0,60	0,47	0,70	1,00
Todos los indicadores:	0,70	0,65	0,85	0,89

vación del Paisaje se ubica en el nivel más bajo en términos de desempeño económico. Esto es el resultado de sus políticas económicas altamente reguladas que restringen la agricultura, la minería y la expansión de caminos a favor de la conservación de los ecosistemas. El bajo desempeño económico en el escenario de Conservación del Paisaje no necesariamente implicaría un progreso de la pobreza en la región, ya que las políticas restrictivas estarían también asociadas a esfuerzos para promover otras actividades económicas sostenibles, como el ecoturismo (Kirkby et al. 2010) y el desarrollo económico de servicios que no fueron considerados dentro de nuestros indicadores.

Bienestar Humano

Se espera que el mejor desempeño de bienestar se dé en el escenario de Ordenamiento Territorial (Tabla 10), el cual contiene de manera más efectiva los conflictos de uso de la tierra y limita la exposición al mercurio de las personas que se encuentran aguas abajo mediante la aplicación de un plan de ordenamiento territorial bien planificado. El escenario de Ordenamiento Territorial también se sitúa entre los mejores en cuanto a la regulación del crecimiento urbano y minero de las ciudades y en cuanto a la limitación de la contaminación agrícola de las aguas superficiales. El escenario de Conservación del Paisaje, es casi tan efectivo como el de Ordenamiento Territorial en cuanto a su desempeño en términos de bienestar, ocupando el segundo lugar. El escenario de Conservación del Paisaje es el mejor en cuanto a la regulación del crecimiento urbano y de las ciudades mineras, debido a su control estricto de la expansión minera. También ocupa el mejor lugar en la limitación de la contaminación agrícola debido a su restricción sistemática de la expansión agrícola. Sin embargo, el escenario de Conservación del Paisaje no logra reducir la exposición humana al mercurio, ya que, aunque la expansión de las concesiones mineras autorizadas es restringida, las concesiones aún se encuentran ubicadas en las cabeceras de los principales asentamientos humanos. Por el contrario, la zonificación ecológica y económica del escenario de Ordenamiento Territorial permite una mayor superficie dedicada a la minería, pero promueve la minería aguas abajo de los principales asentamientos humanos, lo que resulta en una menor exposición al mercurio. El escenario Tendencias Actuales se ubica en un nivel de bienestar significativamente inferior al de los dos escenarios anteriores, a pesar del buen desempeño en la regulación del crecimiento urbano y de las ciudades mineras. El desarrollo no planificado que ocurre en el escenario de Tendencias Actuales favorece las superposiciones entre usuarios de la tierra, generando conflictos sociales. La ausencia de planificación y control también aumenta la exposición al mercurio y la contaminación agrícola de las aguas superficiales. El escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial se ubica en el nivel más bajo de bienestar por las mismas razones que

el escenario de Tendencias Actuales, aunque estas razones se ven exacerbadas por el mayor nivel de desregularización, inmigración y expansión de la minería planteado para este escenario.

Ambiente

Se espera un mayor desempeño ambiental en el escenario de Conservación del Paisaje (Tabla 10), el cual es el más efectivo en evitar la deforestación, mantener la biodiversidad, preservar la conectividad del paisaje y evitar el aumento de las emisiones de carbono y la erosión. Dicho escenario logra estos resultados restringiendo severamente el desarrollo de todas las actividades económicas destructivas y adoptando buenas prácticas ambientales. Con un plan de ordenamiento territorial orientado a la producción, el escenario de Ordenamiento Territorial ocupa el segundo lugar en desempeño ambiental. Este escenario proyecta tasas de deforestación mucho más altas debido a la agricultura y la minería que el escenario de Conservación del Paisaje, lo que resulta en una menor puntuación en términos de fragmentación del paisaje y emisiones de carbono. El escenario de Ordenamiento Territorial logra contener la erosión a través del desarrollo de sistemas agroforestales y la preservación de altos niveles de biodiversidad. Con una tasa de deforestación comparable a la del escenario de Ordenamiento Territorial, el escenario de Tendencias Actuales muestra daños ambientales más severos, con una biodiversidad mucho menor, mayores niveles de emisión de carbono y mayores tasas de erosión. El escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial se ubica en el nivel más bajo de desempeño ambiental, con valores de indicadores reducidos a la mitad en comparación con los valores de indicadores obtenidos en el escenario de Conservación del Paisaje. Más allá de las consecuencias negativas para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de este desarrollo anárquico, cabría esperar que una degradación ambiental tan severa tuviera efectos más allá de los indicadores considerados, tales como brotes de plagas y enfermedades o una perturbación severa del clima local, como se observa en las áreas más deforestadas de la Amazonía brasileña. La opción de desarrollo elegida para Madre de Dios también contribuye al cumplimiento de los objetivos nacionales y acuerdos internacionales. Por ejemplo, la reducción de las emisiones de dióxido de carbono que esperamos obtener al pasar del escenario de Tendencia Actual al de Conservación del Paisaje representa el 2% del objetivo anual de reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Perú (República del Perú 2015). En contraste, elegir el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial alejaría al país del objetivo de reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un 2%, además de todos los otros impactos ambientales y sociales negativos encontrados en este escenario.

En todos los escenarios, las áreas protegidas son muy efectivas para frenar la agricultura, la minería y el avance de las carreteras. En el escenario de Tendencias Actuales, las áreas protegidas son significativamente menos impactadas que el resto de Madre de Dios para todos los indicadores ambientales en 2040. En este escenario, la mayor parte de los impactos adversos sobre las áreas protegidas ocurren en la Reserva Comunal Amaraeri y en la Reserva Nacional Tambopata, probablemente porque están muy cerca de la Carretera Interoceánica así como de las principales áreas mineras y de las ciudades, y por lo tanto están más expuestas y vulnerables al desarrollo que los parques más distantes como Manu, Bahuaja Sonene y Alto Purús. Sin embargo, sin un manejo adecuado de las áreas no protegidas a través de un plan regional de ordenamiento territorial, las áreas protegidas por sí solas no serán capaces de contener el rápido desarrollo que continuará ocurriendo en Madre de Dios en los próximos 20 años. La degradación de las áreas protegidas en 2040 podría llegar a tener consecuencias que se extenderían más allá de la región y por esto es necesario evitarlas (ver página 92).

Desarrollo Sostenible en Madre de Dios

Este estudio proporciona varias ideas sobre los mecanismos de desarrollo que existen en la región de Madre de Dios y la manera de lograr un desarrollo sostenible:

- » Ningún escenario ofrece el mejor desempeño en todos los indicadores y todos representan diferentes compromisos entre el desarrollo económico, el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental. Estas dimensiones de la sostenibilidad son interdependientes y una decisión respecto a una de ellas afecta el éxito de las demás, lo que exige un enfoque de gestión holístico que tenga en cuenta a las tres dimensiones de forma simultánea.
- » Madre de Dios necesita un camino hacia el desarrollo sostenible que logre el desarrollo económico, el bienestar de la población y la integridad del ambiente y de los servicios ecosistémicos.
- » No todas las decisiones económicas generan los mismos beneficios económicos, de bienestar y ambientales. Por ejemplo, la minería no regulada e informal tiene a corto plazo un gran costo para la sociedad y el medio ambiente y es una oportunidad perdida para el futuro de la región.
- » El desarrollo económico de una región no implica necesariamente un aumento en el bienestar humano o daños al ambiente. El escenario de Ordenamiento Territorial tiene valores agregados de indicadores económicos más altos que el escenario de Expansión de Minería de Oro Aluvial y también tiene mejores valores agregados de indicadores de bienestar y ambiental. Basado en los puntajes económicos agregados (0,77 y 0,73; Tabla 10), los escenarios de Tendencias Actuales y Conservación del Paisaje tienen desempeños económicos comparables, pero el bienestar y el desempeño ambiental son claramente superiores en el escenario de Conservación del Paisaje.

- » Los factores de cambios importantes como la inmigración, el cambio climático, la fluctuación de los precios internacionales del oro y el marco legal nacional se dan a escalas mayores que la región de Madre de Dios y necesitan ser manejados de forma adecuada.
- » Los impactos de las decisiones sobre el desarrollo del paisaje son a menudo a largo plazo y acumulativos; por lo tanto, el ordenamiento territorial debe ser también a largo plazo y holístico.
- » Los indicadores deben considerar no sólo la superficie deforestada sino también dónde se produce la deforestación, ya que este aspecto tiene consecuencias importantes para otros indicadores.
- » Los costos asociados al desarrollo económico se distribuyen de manera desigual entre los actores claves y es el rol de los tomadores de decisiones proteger a los más vulnerables de los efectos adversos del desarrollo.
- » La economía de la región se basa en un conjunto diversificado de sectores extractivos y no extractivos que compiten por el acceso a los recursos. Por lo tanto, es necesario encontrar soluciones de compromiso para mantener el desarrollo económico y la integridad de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad.
- » El ordenamiento territorial activo y la buena gobernanza de los paisajes productivos de la región ofrecen mejores resultados que el desarrollo no gestionado, lo que pone en evidencia la necesidad de un enfoque integrado de la zonificación de la tierra, que contemple los procesos económicos, de bienestar y ambientales. Una buena gobernanza tiene el potencial de hacer crecer la economía y aumentar el bienestar mucho más que cualquier otra opción de desarrollo y más allá de lo que podríamos captar en los índices utilizados en este estudio. En los casos en que prevalece una buena gobernanza, como en los escenarios de Ordenamiento Territorial y Conservación del Paisaje, la minería formalizada podría proporcionar ingresos fiscales a los gobiernos regionales y nacionales. Actualmente, el sector minero es en su mayoría informal e ilegal y contribuye sólo marginalmente a la economía formalizada. Si se llegara a formalizar, los ingresos fiscales frenarían la expansión no regulada de la minería, estimularían la profesionalización del sector y permitirían financiar proyectos sociales y ambientales que beneficiarían a la sociedad.



RECOMENDACIONES PARA OBTENER PAISAJES PRODUCTIVOS SOSTENIBLES

Principios

Ante todo, si se quiere superar los desafíos que enfrenta Madre de Dios, todos los actores claves deben compartir una visión común para el desarrollo de la región. Los principios comunes de acción deben incluir:

- » **Sostenibilidad** basada en el desarrollo económico, el bienestar humano y la conservación del ambiente.
- » **Equidad**, basada en consultas con los actores claves y en su participación en la estructuración del futuro de la región. Esto requiere la participación sistemática de los actores claves (Dourojeanni 2006, MINCETUR 2007, GOREMAD 2009, 2014c, 2014a, Zelli et al. 2014, Pacha 2015).
- » **Respeto cultural**, basado en el reconocimiento, respeto y valorización de la cultura y los derechos de los habitantes de la región (Valqui et al. 2015).
- » **Visión holística**, incluyendo todos los sectores económicos, la participación pública y privada, y las escalas nacional, regional y local (Redwood 2012, Little 2014).
- » **Transparencia y probidad** del estado, basada en agentes honestos que comuniquen la visión de Madre de Dios a nivel regional y nacional, facilitando el acceso a la información de gestión de la región.



"La política se debe
ver como servicio, no
negocio."

Responsabilidad del Ordenamiento Territorial

Las funciones y responsabilidades administrativas deben estar bien definidas para impulsar eficazmente el proceso de ordenamiento territorial. Esta responsabilidad es compartida entre varias administraciones en el Perú (Figura 38):

- » **Los Gobiernos Locales** (provincias y distritos) son responsables de la gestión de sus territorios, en particular en lo que respecta a la infraestructura y la planificación urbana (Ley Orgánica de Municipalidades #27972 2003).
- » **Los Gobiernos Regionales** (GORE) son responsables del ordenamiento territorial de los sectores agrícola, energético, minero e hidrocarburífero, así como de la propuesta de nuevas áreas protegidas y la construcción de carreteras. También son responsables de la aplicación de los planes nacionales ambientales y de la legislación en esos sectores (Ley Orgánica de Gobiernos Regionales #27867 2002).
- » **Viceministerio de Gobernanza Territorial** (VMINGT), creado en febrero de 2017, es un organismo dependiente directamente del Consejo de Ministros y (Decreto Supremo #022-2017-PCM), responsable del ordenamiento territorial, la descentralización, el diálogo y la concertación social y la delimitación territorial.
- » **Centro Nacional de Planeamiento Estratégico** (CEPLAN) es un organismo técnico dependiente del Consejo de Ministros encargado de la planificación estratégica nacional (Ley de Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico y de CEPLAN #28522 2005, Decreto Legislativo #1088-2008-PCM; Resolución Suprema #197-2016-PCM). Este organismo proporciona apoyo técnico a los gobiernos regionales, provinciales y de distrito.
- » **Infraestructura de Datos Espaciales del Perú** (IDEP) es una estructura virtual en línea dependiente del Consejo de Ministros creado para facilitar la producción, uso y acceso a la información geográfica del estado (Decretos Supremos #133-2013-PCM, #086-2012-PCM, y #069-2011-PCM).
- » **Ministerio del Ambiente** (MINAM), con su Dirección General de Ordenamiento Territorial (DIGOT), se encarga de promover el desarrollo equilibrado y competitivo del territorio mediante el apoyo a los gobiernos regionales en sus actividades de ordenamiento territorial. Los instrumentos técnicos de apoyo al ordenamiento territorial son la zonificación ecológica y económica (ZEE), los estudios especializados (EE), el diagnóstico integrado del territorio (DIT) y el plan de ordenamiento territorial (POT).
- » **Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado** (SERNANP) es un organismo técnico dependiente del MINAM, encargado de la gestión de las áreas protegidas nacionales (Decreto Legislativo #1013 2008).
- » **Ministerio de Agricultura y Riego** (MINAGRI), con su Dirección General de Saneamiento de la Propiedad Agraria y Catastro Rural (DIGSPACR), tiene a su cargo la elaboración de normas y lineamientos técnicos para la formalización de la propiedad agraria, incluyendo las tierras de las comunidades agrícolas y nativas, y la centralización del catastro rural (Ley 30048 2013, Decreto Supremo #008-2014-MINAGRI).

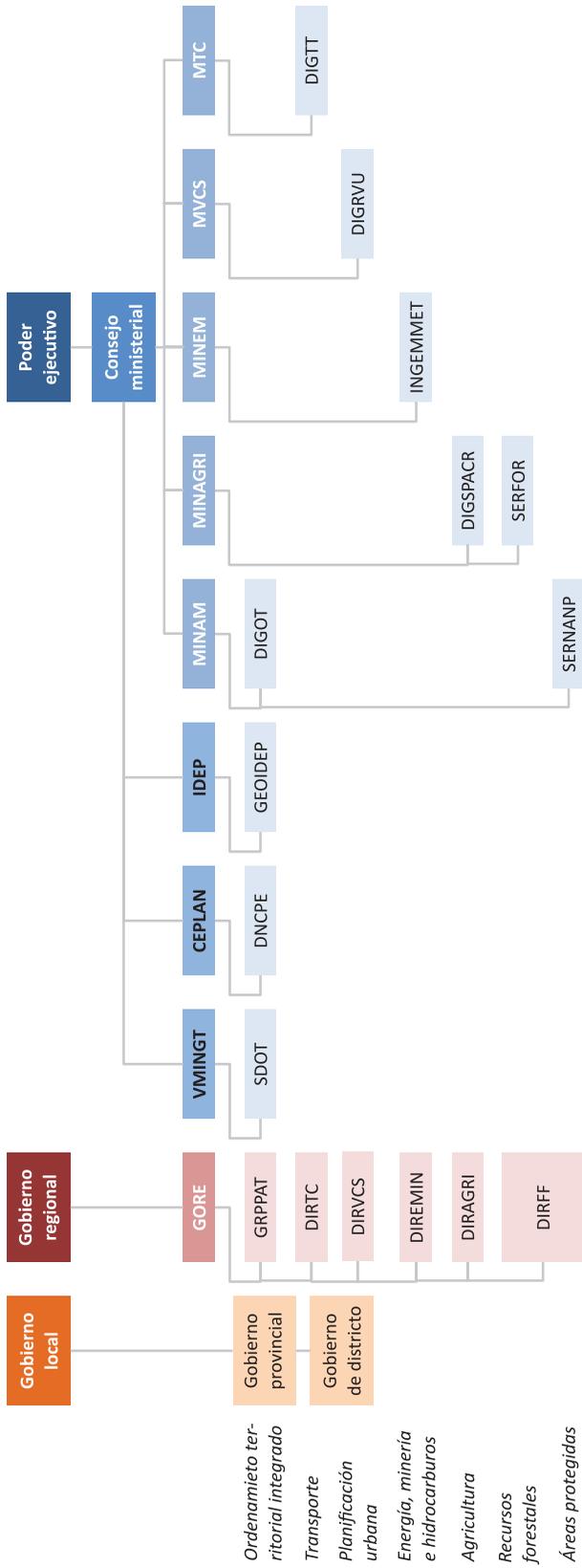


Figura 38. Principales instituciones a cargo del ordenamiento territorial integrado y sectorial en Perú. CEPLAN: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico; DIGOT: Dirección General de Ordenamiento Territorial; DIGRVU: Dirección General de Políticas y Regulación en Vivienda y Urbanismo; DIGSPACR: Dirección General de Saneamiento de la Propiedad Agraria y Catastro Rural; DIGTT: Dirección General de Transporte Terrestre; DIRAGRI: Dirección Regional de Agricultura; DIREMIN: Dirección Regional de Energía, Minas, e Hidrocarburos; DIRFF: Dirección Regional Forestal y de Fauna; DIRTC: Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones; DIRVCS: Dirección Regional de Vivienda, Construcción, y Saneamiento; DNCPE: Dirección Nacional de Coordinación y Planeamiento Estratégico; GEOIDEP: Portal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú; GORE: Gobierno Regionales; GRPPAT: Gerencia Regional de Planeamiento Participativo y Acondicionamiento Territorial; IDEP: Infraestructura de Datos Espaciales del Perú; INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico; MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego; MINAM: Ministerio del Ambiente; MINEM: Ministerio de Energía y Minas; MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones; MVCS: Ministerio Vivienda, Construcción y Saneamiento; SDOT: Secretaría de Demarcación y Organización Territorial; SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre; SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado; VMINGT: Viceministerio de Gobernanza Territorial.

- » **Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre** (SERFOR), dependiente del MINAGRI, es responsable de la gestión de los recursos forestales y de fauna en el Perú (Ley Forestal y de Fauna Silvestre #29763).
- » **Instituto Geológico Minero y Metalúrgico** (INGEMMET), dependiente del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), es responsable de los procedimientos ordinarios de explotación minera, incluyendo la autorización de concesiones mineras.
- » **Ministerio Vivienda, Construcción y Saneamiento** (MVCS), con su Dirección General de Políticas y Regulación en Vivienda y Urbanismo (DIGRVU), se encarga de elaborar y aplicar el Plan Nacional de Ordenamiento e Integración de Centros Poblados.
- » **Ministerio de Transportes y Comunicaciones** (MTC) está a cargo de la construcción de los sistemas de transporte en el Perú, incluyendo las carreteras.

“El ordenamiento territorial no engancha a nivel provincial y distrital.”

“Ahora se va a planear el futuro regional pero donde están los presupuestos de manejo a nivel distrital?”

El ordenamiento territorial en el Perú es llevado a cabo por los gobiernos locales y regionales, dentro de los límites que dictan las leyes, normas y reglamentos de los ministerios designados. En la práctica, surgen varios problemas:

- » Llevó muchos años la transición de la responsabilidad del ordenamiento territorial del gobierno nacional a las regiones, provincias y distritos, y es frecuente todavía que los gobiernos locales y regionales no dispongan de los conocimientos, los fondos y el interés necesarios para llevar a cabo esta actividad.
- » A menudo, ONGs han estado apoyando el ordenamiento territorial a escala local cuando el gobierno local no ha podido proporcionar asistencia. Desafortunadamente, en muchos casos estos esfuerzos se pierden una vez las ONGs terminan sus proyectos.
- » Numerosas funciones de las regiones, provincias y distritos se superponen y tienden a trabajar en paralelo, reduciendo la eficiencia institucional y económica de las acciones (GOREMAD 2014c).
- » Los ministerios siguen desarrollando y gestionando proyectos de ordenamiento territorial a nivel nacional con una participación en ocasiones incompleta de los gobiernos locales y regionales, lo que crea confusión.
- » Bajo la dirección del MINAM, se ha formalizado el ordenamiento territorial y existen reglas más estrictas que definen mejor el proceso. Desafortunadamente, este cambio en las reglas ha

“Las normas de MINAM del 2015 destruyeron los esfuerzos de ordenamiento territorial en Madre de Dios desde 2009.”

retrasado el proceso de ordenamiento territorial en Madre de Dios, el cual se inició en 2009. El Plan de Ordenamiento Territorial publicado en 2014 nunca fue aprobado debido a estas nuevas reglas.

- » Los proyectos de ordenamiento territorial nacional se elaboran generalmente por sectores, sin un enfoque integrado de desarrollo. Actualmente, tres entidades podrían asumir el papel de integrar los enfoques sectoriales en un plan nacional: MINAM, VMINGT y CEPLAN. La actual superposición de responsabilidades genera confusión en el proceso de ordenamiento territorial.
- » Para un correcto ordenamiento territorial, es imprescindible gestionar adecuadamente los datos catastrales. Los datos de las concesiones y los permisos a menudo se guardan en los ministerios correspondientes, donde son inaccesibles para el público y no están integrados entre sectores y a través de las distintas escalas.



“Perú tiene una abundancia de planes, uno para cada sector, pero falta una visión integrada para el país.”

El gobierno peruano ha iniciado una serie de ambiciosas reformas en su estructura, entre las que se incluyen la descentralización de responsabilidades y un mayor énfasis en la necesidad de un ordenamiento territorial integrado. La ejecución de cuatro actividades contribuiría a estos esfuerzos.

- 1. Designar una agencia única encargada de integrar los esfuerzos sectoriales de ordenamiento territorial** en un plan nacional (Dourojeanni 2006, Dourojeanni et al. 2009, GOREMAD 2009, Cárdenas Panduro 2010, Chavez et al. 2012, GOREMAD 2014c, Valencia et al. 2015). Este organismo debe contar con representantes de otros organismos y de la sociedad civil para facilitar la comunicación y los procesos, y para garantizar que la gobernanza, el ordenamiento territorial, la creación de redes, la educación, la investigación y otros aspectos del ordenamiento territorial sean implementados de manera adecuada en todos los sectores y a todas las escalas. El MINAM, el VMINGT y el CEPLAN podrían asumir esta función, pero todas las responsabilidades que se solapen deben ser aclaradas.
- 2. Centralizar toda la información geográfica generada por el proceso de ordenamiento territorial** en tiempo real y hacerla accesible al público (ver página 90). El portal del GEOIDEP podría ser la estructura para ello.
- 3. Reformar las estructuras de gobierno regional y local** para facilitar los procesos de ordenamiento territorial mediante la integración de los tres niveles de gobierno, la diferenciación de sus funciones y responsabilidades y la centralización de la información que éstos generen (GOREMAD 2014c).
- 4. Proporcionar incentivos, así como capacitación, apoyo técnico y financiero a los gobiernos regionales y locales** para completar el proceso de ordenamiento territorial transectorial de acuerdo con las normas y los planes nacionales vigentes. El incentivo podría incluir la provisión de financiación basada en la realización de tareas medidas con indicadores fiables.

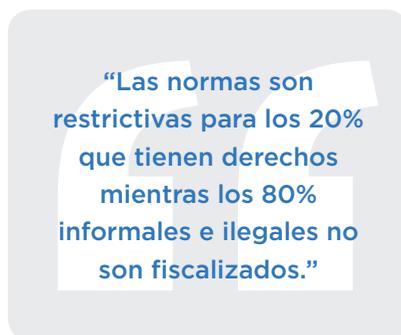
Revisión del Marco Legal

Según los actores claves consultados, el marco legal actual está limitando la capacidad de los gobiernos para implementar el ordenamiento territorial en Madre de Dios. En algunos casos, las leyes y regulaciones tienen efectos perversos, y terminan promoviendo las invasiones y la deforestación. Muy a menudo, la superposición institucional de responsabilidades y la falta de claridad de las normas promueven la informalidad y dificultan mucho el camino hacia la explotación legal. Existe una gran necesidad de revisar el marco jurídico actual y de proponer políticas actualizadas que faciliten la aplicación de la visión del desarrollo sostenible regional. Sugerimos la creación de **grupos de expertos técnicos multidisciplinarios** (abogados, planificadores, sociólogos, economistas, ingenieros, biólogos, ecólogos) **que examinen la ley y formulen propuestas a los ministerios interesados** (Mateo y Cornejo Arana 2006).



Las propuestas pueden incluir, entre otras cosas, lo siguiente:

- 1. Promover una nueva ley** que incentive a los gobiernos a llevar a cabo planes validados por las administraciones anteriores para asegurar la continuidad y eficiencia de las acciones. Cualquier cambio o desuso de un plan debe estar respaldado por un sólido estudio técnico que demuestre su ineficiencia y debe ir acompañado de un plan de reemplazo que cumpla con las normas y reglamentos vigentes.
- 2. Estandarizar y simplificar** los requisitos y datos necesarios para la validación de los planes de ordenamiento territorial.
- 3. Crear una ley de ordenamiento territorial de la Amazonía peruana** que respalde el desarrollo sostenible de Madre de Dios mediante la planificación y los recursos financieros (Dourojeanni et al. 2009, GOREMAD 2014c).
- 4. Reconocer que la minería de oro aluvial no es compatible con bosques sostenibles** ni con la gestión para la conservación y que se necesita una nueva zonificación (Mosquera et al. 2009, Valencia et al. 2015).

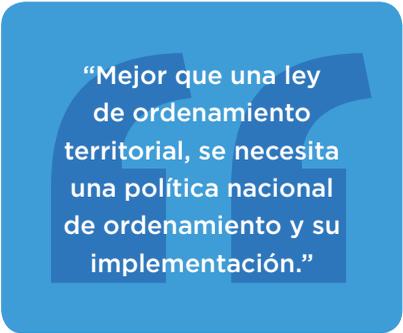


5. **Cerrar las lagunas legales** (leyes perversas) que se utilizan para facilitar la deforestación de áreas de bosque primario altamente biodiversas para la minería, la tala y las plantaciones de palma aceitera (Valqui et al. 2015).
6. **Crear un programa interregional** para reducir la pobreza en las regiones andinas alrededor de Madre de Dios (Zelli et al. 2014).
7. **Crear alianzas con las administraciones brasileñas y bolivianas** con el fin de intercambiar información y capacidades y coordinar el desarrollo (GOREMAD 2014c).
8. Expandir los requisitos para cualquier proyecto de desarrollo incorporando estudios de factibilidad e impacto aplicando la jerarquía de mitigación (Dourojeanni 2006, Pilla 2014). Esto requiere que las Evaluaciones de Impacto Ambiental y Social (EIAS) incluyan externalidades ambientales y sociales acumulativas y a gran escala (Dourojeanni et al. 2009, Redwood 2012, Hardner et al. 2015) y que sean combinadas con evaluaciones de los servicios ecosistémicos (Landsberg et al. 2013). La ley también debe promover la realización de la Evaluación Ambiental y Social Estratégica en lugar de la EIAS cuando sea factible (Redwood 2012, Little 2014).

Ordenamiento Territorial

El manejo sostenible de un paisaje productivo con múltiples usos del suelo y de sus recursos requiere una planificación activa y efectiva y la participación de los actores claves en el cumplimiento de un plan de ordenamiento territorial. En la actualidad, varios factores hacen que el manejo sostenible de los paisajes productivos en Madre de Dios sea ineficiente:

- » No hay consenso sobre los objetivos de desarrollo de la región, los cuales podrían orientar a las inversiones públicas y privadas;
- » Muchos usos de la tierra son informales o se encuentran en diversas etapas de formalización;
- » No se dispone de una georeferenciación adecuada de las concesiones formalizadas existentes;
- » Existen concesiones de usos de la tierra incompatibles que se superponen;
- » El potencial productivo de la tierra no se tiene en cuenta en el ordenamiento territorial; y
- » La legalidad de las prácticas de los dueños de las concesiones rara vez se hace cumplir.



“Mejor que una ley de ordenamiento territorial, se necesita una política nacional de ordenamiento y su implementación.”

Según los actores claves consultados, cinco actividades contribuirían a resolver estos problemas:

1. Unificar los objetivos de desarrollo. Un plan de ordenamiento territorial de Madre de Dios necesita objetivos de desarrollo unificados y alineados con las aspiraciones de los actores claves de la región y las prioridades nacionales. Para definir estos objetivos se necesitan tanto enfoques de abajo hacia arriba como de arriba hacia abajo, con la participación sistemática de los actores claves de todos los sectores económicos a nivel de distrito, regional y nacional. Los dos procesos convergerán en objetivos, acciones e indicadores manejables y mensurables. La huella territorial que permite la agricultura, la minería formalizada, la conservación, la urbanización y otros usos debe definirse claramente y alinearse con los objetivos de desarrollo. Grandes proyectos de infraestructura, como carreteras, telecomunicaciones, electricidad y agua corriente, podrían entonces planificarse como un enfoque integrado con las instituciones financieras y el sector de desarrollo (MINCETUR 2007, Redwood 2012).

“Nos dicen que no se puede desarrollar agricultura aunque falta para cumplir la demanda.”

“Los políticos tienen que ensuciarse los zapatos para entender los problemas en la región.”

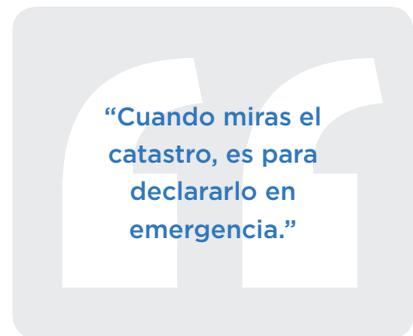
“La Zonificación Ecológica y Económica ha demostrado su utilidad en los escenarios.”

2. Buscar la zonificación del uso de la tierra para la sostenibilidad.

La zonificación del uso de la tierra y su aplicación son esenciales para un desarrollo sostenible óptimo de la región. Por ejemplo, alrededor de la Carretera Interoceánica, grandes extensiones de tierras agrícolas son abandonadas debido a que se establecieron en tierras que no eran apropiadas para usos agrícolas (Dourojeanni 1976, Róssi et al. 1983, Dourojeanni 2013). El decreto supremo peruano #087-2004-PCM requiere que esta zonificación se ejecute a tres escalas, desde la mayor (macro) hasta la menor (micro). Madre de Dios ya completó su macrozonificación (ordenanza regional #032-2011-GRM-DD-CR) y nuestros resultados demostraron su efectividad para mitigar el impacto ecológico del desarrollo de la región. La microzonificación ya ha comenzado en la provincia de Tambopata, pero aún no está integrada en las prácticas de manejo regional. Los estudios técnicos requeridos para el proceso de zonificación deben estandarizarse de mejor manera utilizando las reglas existentes (por ejemplo, MINAM 2013) para acelerar su aprobación.

3. Establecer un catastro único. Las concesiones y las propiedades se superponen con usos de la tierra a veces incompatibles creando conflictos entre los propietarios y paralizando la planificación y la gestión del territorio. Por lo tanto, el gobierno

regional de Madre de Dios creó el *Catastro Único Regional* (CUR; ordenanza regional #002-2009-GRMDDD-CR), que desafortunadamente no ha sido implementada hasta la fecha. Se definieron concesiones de varias edades utilizando diferentes métodos, desde levantamientos topográficos e interpretación de imágenes aéreas para los más antiguos (típicamente comunidades nativas), hasta áreas georeferenciadas para los más recientes (típicamente nuevos inmigrantes). Las concesiones más antiguas se definían típicamente utilizando puntos de referencia, como los ríos que cambian de curso con el tiempo. En consecuencia, es esencial estandarizar los métodos de delineación catastral con los recomendados por el Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial (SNCP: www.sncp.gob.pe). Usando la norma del SNCP, el CUR necesita inventariar todos los derechos sobre la tierra que fueron otorgados en la región para identificar los conflictos de usos sobre la misma. En estas áreas de conflicto, el gobierno podría facilitar la mediación entre los propietarios de títulos, de manera que sólo permanezca uno de los usos de la tierra incompatibles. La participación de las organizaciones locales (municipios, asociaciones de mineros, agricultores y federaciones indígenas) en esta mediación es esencial (MINAGRI 2005, Dourojeanni 2006, Meza et al. 2006, GOREMAD 2014c, Peña Alegría 2014, Valencia et al. 2015). Para otorgar el derecho a operar a uno de los propietarios de las tierras en competencia, el CUR podría tener en cuenta en cada caso varios criterios: la permanencia de la actividad, la sostenibilidad del uso propuesto (Chávez et al. 2012, Zelli et al. 2014), la compatibilidad con el plan regional y la zonificación, si se formalizó la titularidad de la concesión, y cuál es el título de concesión que se ha establecido en primera instancia. En algunos casos, también podría proponerse formalizar los acuerdos existentes o una división equitativa entre los propietarios.



4. Suspender temporalmente y actualizar el proceso de otorgamiento de nuevas concesiones. A pesar de los problemas existentes en Madre de Dios con respecto a la definición de las metas de desarrollo de la región, el proceso de zonificación incompleto y la ausencia de un catastro único en funcionamiento, cada año se otorgan nuevos títulos y concesiones. Esta situación agrava los problemas y aboga fuertemente por el establecimiento de una moratoria que suspenda el otorgamiento de nuevos derechos a la espera de su resolución (Valencia et al. 2015). Durante esta moratoria, las entidades encargadas de atribuir las concesiones deben revisar sus procesos para asegurar que las nuevas concesiones no se superpongan a otros usos incompatibles del suelo (ver página 90), cumplan con la zonificación regional y local, y sean revisadas por todas las instituciones y actores claves pertinentes. El proceso de revisión también sería una buena ocasión para armonizar



y simplificar los procedimientos entre las instituciones (MINAGRI 2005, MINCETUR 2007), continuando los esfuerzos iniciados por el gobierno nacional.

5. Control y seguimiento del plan territorial.

Incluso con una planificación adecuada y fondos suficientes, el desarrollo sostenible puede fracasar si no se lleva a cabo un seguimiento adecuado de los proyectos y las prácticas. En particular, es esencial que los proyectos de desarrollo público se sometan regularmente a una auditoría financiera durante su ejecución para controlar la correcta asignación de los fondos. Al final de un proyecto, la agencia gubernamental que solicitó el trabajo podría llevar a cabo una liquidación formal que incluyera un informe que indicara cómo se gastaron los fondos, las actividades realizadas y el porcentaje de trabajo completado. De igual manera, se podrían realizar controles regulares a los propietarios de las concesiones, para monitorear hasta qué punto las prácticas de uso de la tierra se ajustan a la ley y al ordenamiento territorial regional (Dourojeanni 2006, Dourojeanni et al. 2009), y solicitar o aplicar sanciones cuando sea necesario, tal como lo está haciendo el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de la Fauna Silvestre (OSINFOR) en el caso de las empresas madereras y de los productores de castaña. Se debe priorizar el monitoreo constante de invasiones de usos de la tierra incompatibles en concesiones formales a fin de evitar daños irreversibles a los ecosistemas utilizados por propietarios legales. Los propietarios de las concesiones y los administradores de los territorios podrían ayudar al gobierno con esta tarea, por ejemplo, empoderando a las comunidades nativas para que monitoreen sus territorios.



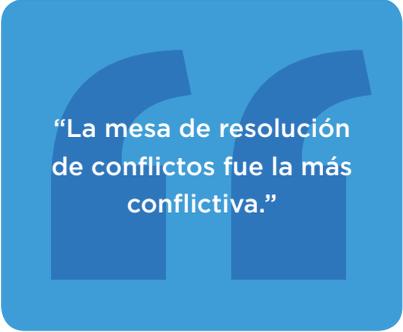
“Los propietarios no pueden hacer lo que quieren son su propia tierra.”

Buenas Prácticas Trans-Sectoriales

La mayor parte de la actividad económica en Madre de Dios es informal y artesanal. Esta realidad deja un gran margen para mejorar las prácticas con el fin de aumentar la rentabilidad y reducir el impacto social y ambiental. Un plan coordinado entre sectores debería implementar las siguientes actividades:

1. Organizar mesas de diálogo sectoriales para intercambiar ideas sobre propuestas acerca de buenas prácticas y mejoras desde una perspectiva de abajo hacia arriba. Por lo tanto, las propuestas deben integrarse en los planes de desarrollo a un nivel superior y transformarse en acciones.

2. Brindar apoyo técnico a los operadores económicos a pequeña escala (mineros, agricultores, madereros, operadores de ecoturismo, administradores de áreas protegidas) para sus operaciones, formalización y certificaciones (Kuramoto 2002,



“La mesa de resolución de conflictos fue la más conflictiva.”

MINAGRI 2005, Meza et al. 2006, MINCETUR 2007, Mosquera et al. 2009, Hugo Pachas 2013, Zelli et al. 2014, Valencia et al. 2015). Los mineros y los productores de castaña, en particular, suelen carecer de los conocimientos técnicos y los fondos necesarios para cumplir con los requisitos asociados a sus concesiones, como por ejemplo, el muestreo del suelo y los planes de reforestación. Se podría prestar apoyo en forma de cooperativas sectoriales que compartan materiales y ejemplos de buenas prácticas.

3. Implementar programas de restauración y reforestación en tierras degradadas, en conformidad con el Plan Nacional de Reforestación (MINAGRI 2005, MINCETUR 2007, GOREMAD 2015), particularmente en áreas de minería de oro ilegal y en las cabeceras de los ríos (Mateo y Cornejo Arana 2006, MINAM 2009a, Vargas 2009, MINAM 2010a, 2010b, Goremad 2014b). Un proceso de regeneración eficaz también requiere poblaciones saludables de plantas y dispersores de animales en las cercanías de los bosques degradados (Gorchov et al. 1993), lo que depende de la implementación de buenas prácticas en todos los sectores (ver el punto 5 más abajo).

4. Integrar las cadenas productivas de la madera, la castaña y otros productos derivados de la biodiversidad nativa y el uso sostenible; y facilitar sus certificaciones, transformación local y exportaciones (MINAGRI 2005, Mateo y Cornejo Arana 2006, MINCETUR 2007, Goremad 2014b, 2014a, 2015). La lógica de la cadena de producción también podría abrir la posibilidad al desarrollo de nuevos productos.



5. Desarrollar, experimentar y promover buenas prácticas e innovaciones sectoriales, incluyendo las siguientes:

- Sistemas agroforestales sostenibles (Meza et al. 2006, MINCETUR 2007);
- Limitaciones de la extracción de biodiversidad mediante el establecimiento y aplicación de temporadas de recolección y cuotas para la recolección de productos forestales, la pesca y la caza;
- Mejores tecnologías que restrinjan la contaminación del aire y el agua con mercurio proveniente de la minería (Mosquera et al. 2009, Valencia et al. 2015); y
- Técnicas económicas para restaurar tierras degradadas.

Adaptación al Cambio

Los resultados de este estudio muestran que cualquiera que sea la decisión que se tome para Madre de Dios, el estilo de vida de la persona promedio en la región será diferente en 2040. Se espera que la población aumente a más del doble en todos los escenarios, con una concentración de personas en las zonas urbanas. El sistema productivo de la región que sustenta a esta población también se expandirá en todos los escenarios, haciendo que el bosque se aleje

más de los grandes centros poblados. El clima también se verá afectado, con un aumento en las temperaturas medias y las precipitaciones y un mayor riesgo de desastres naturales (Obregón et al. 2009). Todos estos cambios tendrán consecuencias sociales, con mayores riesgos de conflictos y consecuencias ambientales para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Esos son los desafíos que requieren una gestión proactiva y mecanismos de adaptación integrados.

1. Planificar las zonas urbanas y los servicios sociales. El aumento previsto de la población en las zonas urbanas exige la elaboración de planes de zonificación y desarrollo urbano, en particular para Puerto Maldonado (Mateo y Cornejo Arana 2006, Goremad 2014b). El acceso a los servicios básicos, como el agua corriente, la electricidad, la atención de la salud y la educación, debe seguir siendo una prioridad, anticipando dónde es más probable que aumente la población en función de las decisiones de desarrollo que se tomen. Las áreas urbanas deben planificarse de manera que se preserven las áreas naturales que son esenciales para la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos para los habitantes de Madre de Dios.

2. Prepararse para el cambio climático. Madre de Dios está en proceso de validación de su plan regional de adaptación al cambio climático, siguiendo la estrategia nacional (MINAM 2010b). Las actividades clave de este plan podrían incluir:

- » Preservar el capital natural de la región en la medida de lo posible, ya que es la forma más eficaz de reducir el cambio climático a nivel local y global.
- » Incorporar las amenazas y los riesgos de las inundaciones y los deslizamientos de tierra en los planes de ordenamiento territorial (MINAM 2010a, Goremad 2014b).
- » Aplicar las normas para limitar las emisiones de carbono en los procesos industriales (MINAM 2009a, 2010a, 2010b).
- » Fomentar el uso de vehículos menos contaminantes mediante la aplicación de controles técnicos obligatorios y la promoción de vehículos alternativos menos contaminantes, así como el transporte público (MINAM 2009a, 2010a).
- » Hacer cumplir las políticas de eficiencia energética en todos los sectores, incluyendo la energía desperdiciada en la red eléctrica (MINAM 2009a), utilizando como posible fuente de financiamiento el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MINAM 2009a, Vargas 2009, Ometto et al. 2013).
- » Diversificar las fuentes de energía utilizando tecnologías más limpias, tales como mini-represas, biogás, energía geotérmica, turbinas eólicas (MINAM 2009a, Vargas 2009).
- » Implementar tratamientos de agua y residuos sólidos y utilizar estos procesos para producir energía (Vargas 2009, MINAM 2010a, Goremad 2014b).
- » Aprovechar nuevos métodos de financiamiento relacionados con el cambio climático, como el pago por servicios ecosistémicos (MINAGRI 2005, GOREMAD 2014a, Peña Alegría 2014), proyectos de generación de Reducciones Certificadas de Emisiones a través de REDD+ (MINAM 2009a, Vargas 2009, MINAM 2010a, 2010b, Entenmann 2012, Goremad 2014b), e Inversión en Capital Natural (Ometto et al. 2013).

3. Adoptar el manejo adaptativo. Hasta la fecha, el plan regional de ordenamiento territorial de Madre de Dios iniciado en 2009 no ha sido validado. La complejidad de la preparación y validación de este plan puede ser contraproducente en el contexto de los rápidos cambios socioecológicos. Nuestro estudio muestra cambios significativos en la cobertura de la tierra desde 1993, y se esperan más cambios para 2040 que afectarán la economía, el bienestar humano y el ambiente en la región. En el contexto de cambio climático global, se espera que estas alteraciones del paisaje sean aún más impredecibles y requieran flexibilidad en el manejo. La implementación de un enfoque de manejo adaptativo (Figura 39), en el que la visión y el plan de manejo regional resultante se actualizan regularmente en un proceso administrativo simplificado, es una forma comprobada de ajustar las políticas inadecuadas frente a un futuro incierto (Valqui et al. 2015).

“Las políticas de manejo se enfocan en el pasado a lo mejor, sin considerar el futuro y sin adaptarse a los cambios sociales y ambientales que vienen.”

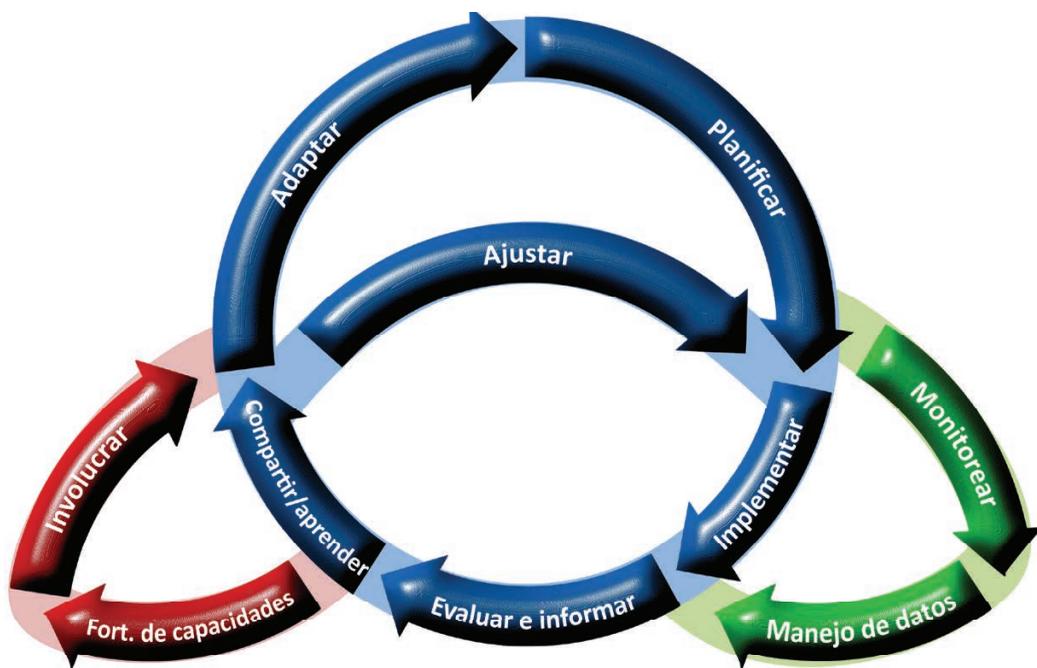


Figura 39. Ciclo de manejo adaptativo, adaptado de Vugteveen et al. (2015). El primer paso en el manejo adaptativo es hacer un plan que incluya objetivos claros, resultados clave deseados, indicadores de desempeño, estrategias y acciones. Luego se implementa el plan. Durante la ejecución, se recopilan datos sobre las actividades e indicadores para supervisar los progresos realizados. Luego se evalúan y se informan los resultados. Los informes y las lecciones se comparten y se utilizan para aprender. Esto deberá impulsar un esfuerzo para fortalecer las capacidades e involucrar a los actores claves adecuados en el proyecto. Sobre la base de lo que se aprende, algunos componentes del plan y de la implementación pueden ser ajustados para mejorar la eficacia. Finalmente, todo el proyecto se revisa periódicamente, para adaptarlo a las condiciones cambiantes y el ciclo se inicia de nuevo.

Investigación

Madre de Dios ha sido objeto de numerosos estudios académicos debido a su ubicación en el corazón de una de las regiones más ricas en biodiversidad del mundo y a que está experimentando rápidos cambios con graves consecuencias ambientales y sociales. Sin embargo, los datos esenciales necesarios para los modelos de este estudio a menudo fueron insuficientes. Existe una necesidad urgente de **apoyar la investigación aplicada y la capacitación en la región**, en particular para estudiantes de maestría y doctorado asociados a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (MINAGRI 2005, MINCETUR 2007, GOREMAD 2014c). Estos estudiantes de postgrado son necesarios para ayudar a comprender mejor las consecuencias ambientales y sociales del desarrollo e idear nuevas soluciones para aumentar la productividad económica al tiempo que se limitan los efectos perjudiciales. Los temas de interés para la investigación son los presentados en otras recomendaciones, al igual que los siguientes:

1. Adaptar tecnologías innovadoras y asequibles que reduzcan los daños ambientales de la minería (Mateo and Cornejo Arana 2006).
2. Comprender el impacto del uso de la tierra y los cambios climáticos en la productividad de los árboles de castaña.
3. Llevar a cabo investigación aplicada sobre botánica, zoología y manejo comunitario de recursos naturales para aumentar el conocimiento de la naturaleza y la cultura de Madre de Dios y para apoyar la protección de los derechos intelectuales relacionados con el conocimiento tradicional (Mateo y Cornejo Arana 2006, Goremad 2014b, 2015).
4. Crear una red de estaciones hidrológicas y meteorológicas y apoyar las pruebas sostenidas del agua y los inventarios biológicos para comprender la hidrología de la región y el impacto del uso de la tierra y los cambios climáticos en la contaminación del agua dulce y la biodiversidad (Mateo y Cornejo Arana 2006, Obregón et al. 2009, Cárdenas Panduro 2010, Ometto et al. 2013).
5. Apoyar el desarrollo en la región de laboratorios capaces de realizar análisis cuantitativos de alimentos y agua para monitoreo y certificación (MINCETUR 2007), siguiendo el ejemplo del laboratorio de mercurio del Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA).

Divulgación y Comunicación

El ordenamiento territorial es una preocupación de todos los actores claves de la región, ya que es probable que afecte sus vidas y las de sus hijos. Para que se produzca un proceso democrático de toma de decisiones, todas las decisiones y la información que las respalda deben estar a disposición del

público. Por lo tanto, las autoridades deben **hacer que la información relacionada con el ordenamiento territorial sea libre y fácilmente accesible.**

Una opción sería la creación de bases de datos georreferenciadas actualizadas en línea siguiendo el modelo GEOIDEP (ver página 83). Las políticas podrían incluso requerir el uso del sistema para mejorar la eficiencia del ordenamiento territorial. Los niveles de datos presentados podrían incluir los siguientes:

- » Cobertura del terreno, deforestación y degradación del bosque (Mateo y Cornejo Arana 2006, MINAM 2009b, Ometto et al. 2013, Goremad 2014b, 2015, Vargas González et al. 2015);
- » Concesiones y grandes proyectos de infraestructura, incluidas las superposiciones en el uso de la tierra (Dourojeanni et al. 2009, Hugo Pachas 2013, GOREMAD 2014c, Valencia et al. 2015);
- » Áreas de actividad de los proyectos de desarrollo actuales y pasados, para reducir el riesgo de duplicación de esfuerzos y alinear las acciones del proyecto con el plan de ordenamiento territorial;
- » Biodiversidad regional, permitiendo la investigación de especies y lugares (Mateo y Cornejo Arana 2006, GOREMAD 2015);
- » Vulnerabilidad a los desastres naturales y otros riesgos (Goremad 2014b).

Otro tipo de información que necesita ser diseminada ampliamente incluye los manuales de buenas prácticas para sistemas agroforestales, forestación, minería aluvial, ecoturismo, reforestación y restauración de tierras degradadas (Meza et al. 2006). Se deben implementar programas de educación ambiental en las escuelas (Mateo y Cornejo Arana 2006, GOREMAD 2014a), con énfasis en las consecuencias de la degradación ambiental sobre la salud y la economía (Mateo y Cornejo Arana 2006, Cárdenas Panduro 2010, GOREMAD 2015). Además, se deben desarrollar campañas de información sobre todos los temas mencionados (Dourojeanni 2006, GOREMAD 2009, 2014c, 2014a), utilizando los canales de comunicación más populares, como la radio y la televisión, pero también conferencias presenciales en comunidades aisladas y medios de comunicación en línea. El contenido de estas campañas debe ser cuidadosamente controlado para reducir el riesgo de difundir información errónea y asegurar así un mayor impacto.



Gestionando la Infraestructura Verde de Madre de Dios: El Camino a Seguir

Las recomendaciones de los actores claves incluyen cambios institucionales y legales, la actualización y validación del plan de ordenamiento territorial, la difusión de buenas prácticas sectoriales y la investigación. La mayoría de estas recomendaciones requieren cambios significativos en los procesos actuales de toma de decisiones y de gestión, y su aplicación llevará tiempo. Mientras se llevan a cabo estas acciones, sugerimos que se realicen experimentos piloto de nuevas políticas en la infraestructura verde de la región. Estos experimentos podrían ayudar a probar soluciones sostenibles innovadoras para preservar los lugares importantes, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos amenazados por el desarrollo no planificado. El manejo efectivo de la infraestructura verde es la pieza que falta para lograr el manejo a largo plazo de Madre de Dios como un paisaje productivo sostenible y unificado.

Las áreas centrales de infraestructura verde de Madre de Dios incluyen las áreas protegidas de la región, que preservan parte de la biodiversidad más rica del mundo y proporcionan importantes servicios ecosistémicos. En los últimos años, la integridad de estas áreas protegidas se ha visto amenazada por la invasión de mineros en la Reserva Nacional Tambopata (Finer et al. 2016b) y la Reserva Comunal Amaraakaeri (Finer y Novoa 2015), así como por la construcción de una nueva carretera en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Manu (Finer et al. 2016a). Sin embargo, las áreas protegidas permanecen en excelentes condiciones en comparación con las áreas ubicadas a los lados de la Carretera Interoceánica, considerado el frente de desarrollo de la región. Las áreas protegidas también tienen bajas densidades humanas y son territorios gestionados activamente, con el SERNANP implementando planes de manejo participativos y actualizados regularmente. En contraste, los ecosistemas ubicados fuera de las áreas protegidas están mucho más expuestos al riesgo de desarrollo no sostenible, ya que se proyecta que entre el 71% y el 87% de la región será accesible por carretera para el año 2040. En el escenario de Tendencias Actuales, las áreas deforestadas para minería, agricultura, caminos y zonas urbanas se concentran principalmente cerca de la Carretera Interoceánica, creando una matriz modificada por el ser humano que rodea y aísla las áreas protegidas, amenazando así la conectividad de todo el corredor Vilcabamba–Amoró. Por lo tanto, nuestras recomendaciones de infraestructura verde se centran en los territorios que se encuentran fuera de las áreas protegidas, que promueven la conectividad y sustentan funciones ecosistémicas de mayor escala.

Con base en los datos producidos en el estudio, se evaluó cuáles son las áreas de Madre de Dios con mayor probabilidad de mantener la conectividad paisajística entre las áreas protegidas del corredor Vilcabamba–Amboró. El análisis (Cuadro 6) identificó cuatro áreas (Figura 40) esenciales para mantener la conectividad del paisaje entre las áreas protegidas del corredor Vilcabamba–Amboró en Madre de Dios.

Cuadro 6. Modelado de corredores

Usamos un modelo de flujo actual (McRae et al. 2008) implementado en el *Connectivity Analysis Toolkit* (Carroll et al. 2012) para determinar qué áreas del mapa regional serían visitadas con mayor probabilidad por animales que caminan aleatoriamente entre los centros de todas las áreas protegidas en o adyacentes a Madre de Dios. La idoneidad para el establecimiento de un corredor se calculó a nivel de píxeles como el promedio ponderado de:

- » La biodiversidad en 2017 en el escenario de Tendencias Actuales (ponderada $\frac{1}{4}$);
- » La biodiversidad en 2040 en cada repetición de cada escenario (ponderada $\frac{1}{160}$ cada una, $n=40$);
- » Un índice de protección que evalúa la eficiencia de las diferentes concesiones en la protección de la biodiversidad (ponderado $\frac{1}{2}$). El índice de protección de un píxel en una concesión dada se basó en el valor medio de la biodiversidad en 2017 en todas las concesiones del mismo tipo, escalado entre los tipos de concesión entre 0 y 1. Supusimos que las concesiones con un valor medio de biodiversidad más alto son más eficaces en la protección de la biodiversidad.

Los conectores propuestos pueden ser extensiones de áreas protegidas (Higgins et al. 2009, Goremad 2014b, a) o recibir otro estatus, y deberán servir como laboratorios para probar la implementación práctica del desarrollo sostenible. Estas áreas deben ser priorizadas para la realización de la microzonificación ecológica y económica y la curación del catastro regional, y además los acuerdos locales deben formalizar el ordenamiento territorial dentro de sus límites antes de la validación del plan regional. Los usos sostenibles de los recursos, como el ecoturismo, los sistemas agroforestales, la tala certificada, la piscicultura y la extracción de castaña y otros productos forestales no maderables, deben promoverse en estas áreas. La minería y la agricultura tradicionales deben ser objeto de pruebas de nuevas tecnologías y debe cumplirse una estricta restricción de su expansión. La restauración de tierras degradadas y abandonadas debe ser una prioridad, con pruebas de diferentes protocolos que podrían beneficiar los esfuerzos regionales de reforestación. Además, el monitoreo biológico debe evaluar la efectividad de las áreas para mantener la conectividad entre las áreas protegidas circundantes.

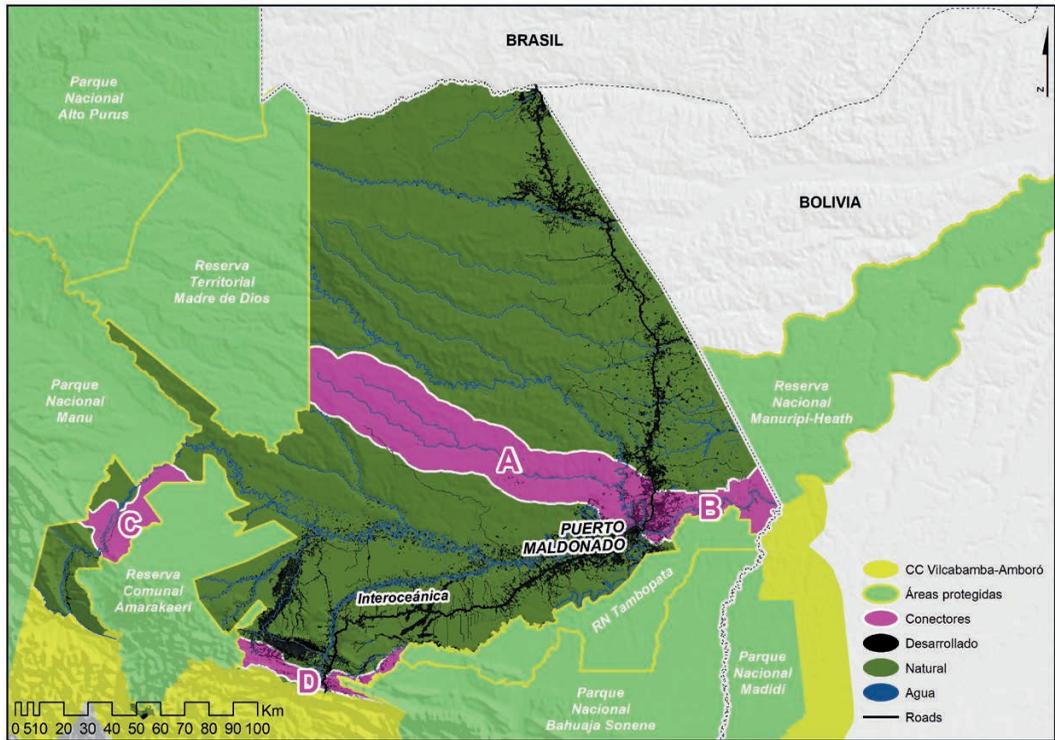


Figura 40. Conectores de Madre de Dios para mantener la conectividad del corredor Vilcabamba-Amboró. A: Conector Pariamanu; B: Conector Bajo Madre de Dios; C: Conector Alto Madre de Dios; D: Conector Huepetuhe Sur.

A. Conector Pariamanu

Centrada en el río Pariamanu, esta área conecta el conector Bajo Madre de Dios con la Reserva Territorial Madre de Dios de comunidades no contactadas. La zona está amenazada por la expansión de la minería ilegal e informal a lo largo de los ríos locales y por el desarrollo de una red de carreteras secundarias. El establecimiento de un conector en esta área frenará y contendrá la degradación de los ecosistemas y la invasión por mineros y agricultores a la Reserva Territorial y además beneficiará a las concesiones de castaña que operan en el área.

B. Conector Bajo Madre de Dios

Centrada en la parte baja del Río Madre de Dios, esta área conecta la Reserva Nacional Manuripi-Heath en Bolivia con la Reserva Nacional Tambopata y el conector Pariamanu en Perú. El área está amenazada por el desarrollo agrícola y la expansión urbana y vial alrededor de la parte occidental de Puerto Maldonado. El establecimiento de un conector en esta área frenará la degradación de los ecosistemas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata y beneficiará a las concesiones turísticas y de nuez de Brasil que ya están operando en el área.

C. Conector Alto Madre de Dios

Centrada en la parte alta del río Madre de Dios en la región, esta área conecta la Reserva Comunal Amarakaeri con el Parque Nacional del Manu. La zona está amenazada por varios proyectos de carreteras a nivel nacional y regional, y ya se ha iniciado la construcción de una carretera secundaria para conectar Shintuya con Boca Manu. El establecimiento de un conector en esta área contendrá la degradación de los ecosistemas en la zona de amortiguamiento del parque y la Reserva de la Biosfera y beneficiará a las concesiones turísticas que ya operan en el área.

D. Conector Huetupe Sur

Ubicado en el piedemonte de los Andes, en la frontera de las regiones de Madre de Dios, Cusco y Puno, esta área conecta el Parque Nacional Buhaja Sonene y la Reserva Nacional Tambopata con la Reserva Comunal Amarakaeri. El área está amenazada por la expansión de la zona minera de Huetupe y por actividades ilegales como la caza. La expansión urbana y vial alrededor de la ciudad minera de Masuko también es una preocupación para el futuro del conector. Establecer un conector en esta área es crítico para mantener la conectividad del corredor Vilcabamba-Amboró a pesar del efecto de fragmentación de la Carretera Interoceánica. Para facilitar el movimiento de los animales a través de la carretera, se pueden planificar estructuras de cruce de vida silvestre en el conector como parte de la infraestructura sostenible de la región.

Numerosos proyectos en la Amazonía peruana han promovido el desarrollo sostenible durante años y los participantes han acumulado gran experiencia de campo. El desarrollo de un paisaje productivo sostenible en Madre de Dios ofrece una gran oportunidad para que los administradores enfoquen esta experiencia en la preservación de una de las áreas de mayor biodiversidad del mundo y en la protección de los servicios ecosistémicos que benefician a la gente de Madre de Dios y a los 4 millones de personas que viven río abajo en Bolivia y Brasil. A partir de la experiencia adquirida en los conectores, los actores claves de Madre de Dios podrían desarrollar su propio escenario futuro para la región, un compromiso equilibrado entre la preservación de los servicios ecosistémicos y el manejo de la extracción de los recursos naturales. En este escenario, la infraestructura tradicional es planificada junto con la infraestructura verde. Este escenario de “Infraestructura Sostenible” incorpora infraestructura verde para evitar, minimizar, restaurar y compensar (BBOP 2009) los impactos potenciales de todos los proyectos de desarrollo en la región y para contribuir a un impacto positivo neto para la conservación y el desarrollo sostenible. La infraestructura verde también proporciona sinergias entre la economía y el ambiente y contribuye a la diversificación de la economía hacia el biocomercio, un sector económico de rápido crecimiento en todo el mundo (Jaramillo Castro et al. 2017). Esperamos que el Simulador de Paisajes Productivos del Smithsonian y este estudio contribuyan a definir un mejor futuro de conservación y desarrollo sostenible para Madre de Dios.

LITERATURA CITADA

- Adams, W. M. 2006. The future of sustainability: Re-thinking environment and development in the twenty-first century. *En Reporte de la Reunión de UICN Renowned Thinkers*, p. 31. UICN, Zurich, Germany.
- Alvarez, C., E. Ochoa, J. C. Riveros y V. Cornejo. 2013. Taller regional "Mapeo de Servicios Ecosistémicos con InVEST para el proceso de toma de decisiones: Un abordaje a partir de estudios de caso en la Amazonia." WWF, Lima, Peru.
- Álvarez, J., V. Sotero, A. Brack Egg y C. A. Ipenza Peralta. 2011. Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio—Una bomba de tiempo. Instituto de la Amazonia Peruana (IIAP), Lima, Peru.
- Ashe, K. 2012. Elevated mercury concentrations in humans of Madre de Dios, Peru. *Plos ONE* 7:e33305.
- Asner, G. P. 2013. Elevated Rates of Gold Mining in the Amazon Revealed through High-Resolution Monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110:18454-18459.
- Asner, G. P., J. Mascaro, C. Anderson, D. E. Knapp, R. E. Martin, T. Kennedy-Bowdoin, M. van Breugel, S. Davies, J. S. Hall, H. C. Muller-Landau, C. Potvin, W. Sousa, J. Wright y E. Bermingham. 2013. High-fidelity national carbon mapping for resource management and REDD+. *Carbon Balance and Management* 8:7.
- Asner, G. P. y R. J. E. R. L. Tupayachi. 2017. Accelerated losses of protected forests from gold mining in the Peruvian Amazon. *Environmental Research Letters* 12:094004.
- Banco Mundial. 2017. Gaining Momentum in Peruvian Agriculture: Opportunities to Increase Productivity and Enhance Competitiveness. Banco Mundial, Washington, DC.
- Banks-Leite, C., R. Pardini, L. R. Tambosi, W. D. Pearse, A. A. Bueno, R. T. Bruscagin, T. H. Condez, M. Dixo, A. T. Igari y A. C. Martensen. 2014. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. *Science* 345:1041-1045.
- Bass, M. S., M. Finer, C. N. Jenkins, H. Kreft, D. F. Cisneros-Heredia, S. F. McCracken, N. C. Pitman, P. H. English, K. Swing y G. Villa. 2010. Global conservation significance of Ecuador's Yasuní National Park. *Plos ONE* 5:e8767.
- BBOP. 2009. Biodiversity Offset Design Handbook. Programa de Compensaciones de Negocios y Biodiversidad, Washington, D.C.
- Bell, S. y S. Morse. 2013. Measuring sustainability: Learning from doing. Routledge, London.
- Benedict, M. A. y E. T. McMahon. 2012. Green infrastructure: Linking landscapes and communities. Island Press, Washington, DC.
- Berger, G. 1966. Phénoménologie du temps et du prospective. Presses universitaires de France, Paris.
- Bonham-Carter, G. F., F. P. Agterberg y D. F. Wright. 1989. Weights of evidence modelling: A new approach to mapping mineral potential. *Statistical Applications in the Earth Sciences* 89:171-183.
- Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine Learning* 45:5-32.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. Da Fonseca, A. B. Rylands, W. R. Konstant, P. Flick, J. Pilgrim, S. Oldfield y G. Magin. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16:909-923.
- Brundtland, G. H., K. Mansour, S. Agnelli, S. A. Al-Athel, B. Chidzero, L. M. Fadika, V. Hauff, I. Lung, M. Shijun, M. Marino do Botero, N. Singh, P. Nogueira-Neto, S. Okita, S. S. Ramphal, W. D. Ruckelshaus, M. Sahnoun, E. Salim, B. Shaib, V. Sokolov, J. Stanovnik y M. Strong. 1987. Our common future. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, Oxford, UK.
- Caballero, J., M. Pillaca, M. Messinger, F. Roman, M. R. Silman y L. E. Fernandez. 2018. Tres décadas de deforestación por minería aurífera en la Amazonia Suroriental Peruana. CINCIA, Wake Forest University, Lima, Peru.
- Cannavò, P. F. 2007. The working landscape: Founding, preservation, and the politics of place. MIT Press Cambridge, MA.
- Cárdenas Panduro, A. I. 2010. Estudio diagnóstico hidrológico de la cuenca Madre de Dios. MINAM, Lima, Peru.
- Cardinale, B. J., J. E. Duffy, A. Gonzalez, D. U. Hooper, C. Perrings, P. Venail, A. Narwani, G. M. Mace, D. Tilman y D. A. Wardle. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486:59-67.
- Carroll, C., B. McRae y A. Brookes. 2012. Use of linkage mapping and centrality analysis across habitat gradients to conserve connectivity of gray wolf populations in western North America. *Conservation Biology* 26:78-87.

- Ceballos, G. y P. R. Ehrlich. 2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103:19374-19379.
- Ceballos, G., P. R. Ehrlich, J. Soberón, I. Salazar y J. P. Fay. 2005. Global mammal conservation: What must we manage? *Science* 309:603-607.
- CEPF y Banco Mundial. 2005. Tropical Andes Hotspot: Vilcabamba-Amboró Conservation Corridor Peru and Bolivia Briefing Book. CEPF y Banco Mundial, Washington, DC.
- Chasar, L. C., B. C. Scudder, A. R. Stewart, A. H. Bell y G. R. Aiken. 2009. Mercury cycling in stream ecosystems. 3. Trophic dynamics and methylmercury bioaccumulation. *Environmental Science & Technology* 43:2733-2739.
- Chavez, A., M. R. Guariguata, P. Cronkleton, M. Menton, J. L. Capella, J. P. Araujo y J. Quaedvlieg. 2012. Superposición espacial en la zonificación de bosques en Madre de Dios: Implicaciones para la sostenibilidad del recurso castañero. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Chávez Michaelsen, A., L. Huamani Briceño, R. Fernandez Menis, N. Bejar Chura, F. Valera Tito, S. Perz, I. F. Brown, S. Domínguez Del Aguila, R. Pinedo Mora y G. Alarcón Aguirre. 2013. Regional deforestation trends within local realities: Land-cover change in south-eastern Peru 1996-2011. *Land* 2:131-157.
- Chermack, T. J. 2004. Improving decision-making with scenario planning. *Futures* 36:295-309.
- del Pilar Bustamante, M. y E. Ochoa. 2014. Guía práctica para la valoración de servicios ecosistémicos en Madre de Dios. WWF, Lima, Perú.
- Delgado, C. I. 2008. Is the Interoceanic Highway Exporting Deforestation? A comparison of the intensity of regional Amazonian deforestation drivers within Brazil, Bolivia and Peru. Duke University, Durham, NC.
- DeLong, D. C. J. W. S. B. 1996. Defining Biodiversity. *Wildlife Society Bulletin* 24:738-749.
- Diringer, S. E., B. J. Feingold, E. J. Ortiz, J. A. Gallis, J. M. Araujo-Flores, A. Berky, W. K. Pan y H. Hsu-Kim. 2015. River transport of mercury from artisanal and small-scale gold mining and risks for dietary mercury exposure in Madre de Dios, Peru. *Environmental Science: Processes & Impacts* 17:478-487.
- Dourojeanni, M., A. Barandiarán y D. Dourojeanni. 2009. Amazonía Peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras: ¿Qué está pasando? ¿Qué es lo que significan para el futuro? ProNaturaleza, Lima, Peru.
- Dourojeanni, M. J. 1976. Una nueva estrategia para el desarrollo de la Amazonía Peruana. *Revista Forestal del Perú* 6:1-22.
- Dourojeanni, M. J. 2006. Estudio de caso sobre la carretera Interoceánica en la amazonía sur del Perú. Centro de Información Bancaria, Lima, Peru.
- Dourojeanni, M. J. 2013. Desperdicio de tierras en la Amazonía del Perú. Debate Abierto. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Lima, Perú.
- Dupont, V., D. Jordhis-Lier, C. Sutherland y E. Braathen (eds.). 2015. The politics of slums in the global south: Urban informality in Brazil, India, South Africa and Peru. Routledge, London.
- Durán Zuazo, V. H. y C. R. Rodríguez Pleguezuelo. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28:65-86.
- Durham, E., H. Baker, M. Smith, E. Moore y V. Morgan. 2014. Stakeholder engagement handbook. BiodivErsA, Paris.
- Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick. 2013. Restoring tropical forests: A practical guide. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Entenmann, S. 2012. Actividades REDD+ en el Perú: Análisis de proyectos piloto de REDD+ en los departamentos de Madre de Dios y San Martín, con especial enfoque en sus implicancias sobre la biodiversidad. PROFO-NANPE, Lima, Peru.
- Ernst & Young. 2017. Peru's oil & gas investment guide 2017/2018. Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú, PeruPetro, ProInversion, Lima, Perú.
- Erwin, T. L., M. C. Pimenta, O. E. Murillo y V. Aschero. 2005. Mapping Patterns of Diversity for Beetles Across the Western Amazon Basin: A Preliminary Case for Improving Inventory Methods and Conservation Strategies. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 56:72-85.
- Esley Huatangare, C., J. L. Sánchez Espinoza y R. Navarro Pérez. 2014. Ocupación espacial del territorio del departamento Madre de Dios: Problemática y alternativa de solución al uso superficial de la tierra. Gobierno Regional Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.
- ESRI. 2012. ArcGIS Desktop: Release 10.1. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA.
- Fearnside, P. M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. *Conservation Biology* 19:680-688.
- Finer, M. y C. N. Jenkins. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. *Plos ONE* 7:e35126.
- Finer, M. y S. Novoa. 2015. La deforestación generada por la minería aurífera se expande desde Huetuhe hacia la Reserva Comunal Amarakaeri (Madre de Dios, Perú). Proyecto Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP), Washington, DC.

- Finer, M., S. Novoa y T. Olexy. 2016a. Construcción de una Nueva Carretera entre Parque Nacional Manu y Reserva Comunal Amarakaeri (Madre de Dios), 2016. Proyecto Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP), Washington, DC.
- Finer, M., T. Olexy y S. Novoa. 2016b. La Minería ilegal adentro la Reserva Nacional Tambopata Supera 450 Hectareas. Proyecto Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP), Washington, DC.
- Foley, J. A., G. P. Asner, M. H. Costa, M. T. Coe, R. DeFries, H. K. Gibbs, E. A. Howard, S. Olson, J. Patz y N. Ramankutty. 2007. Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:25-32.
- Freeman, R. E. 2010. Strategic management: A stakeholder approach. Cambridge University Press, New York.
- Gast, L. B. 2014. Urbanization and land-use change in Puerto Maldonado, Peru: Categorizing the landscape using high-resolution satellite imagery for potential use in public health research. The University of Alabama at Birmingham.
- GBIF. 2018. GBIF Occurrence Download, accessed October 31, 2018.
- Geist, H. J. y E. F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52:143-150.
- Giudice, R., B. S. Soares-Filho, F. Merry, H. O. Rodrigues y M. Bowman. 2012. Timber concessions in Madre de Dios: Are they a good deal? *Ecological Economics* 77:158-165.
- Global Forest Watch. 2014. GFW interactive map. World Resources Institute, Washington, DC.
- Golder, B. y M. Gawler. 2005. Cross-cutting tool: Stakeholder analysis. WWF, Washington DC.
- Gómez Agurto, C. F. 2012. Evaluación de escenarios alternativos en sistemas social ecológicos afectados por la minería aluvial en Madre de Dios. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru.
- Goodacre, A., G. Bonham-Carter, F. Agterberg y D. Wright. 1993. A statistical analysis of the spatial association of seismicity with drainage patterns and magnetic anomalies in western Quebec. *Tectonophysics* 217:285-305.
- Google Earth Engine Team. 2015. Google Earth Engine: A planetary-scale geospatial analysis platform.
- Gorchov, D. L., F. Cornejo, C. Ascorra y M. J. V. Jaramillo. 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio* 107:339-349.
- GOREMAD. 2006. Estrategia Regional de Diversidad Biológica de Madre de Dios. GOREMAD, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2008. Plan Estratégico Regional del Sector Agrario Madre de Dios. Gobierno Regional Madre de Dios, Dirección Regional de Agricultura, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2009. Macro Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios: Documento de Síntesis Escala 1:250,000. Gobierno Regional Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2014a. Estudio de Servicios Ecosistémicos del Departamento de Madre de Dios. GOREMAD, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2014b. Plan de Desarrollo Regional Concertado de Madre de Dios 2014-2021. GOREMAD, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2014c. Plan de Ordenamiento Territorial al 2030. Gobierno Regional Madre de Dios; Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2015. Estrategia Regional de Diversidad Biológica de Madre de Dios al 2021: Plan de Acción 2014-2021. GOREMAD, Puerto Maldonado, Perú.
- GOREMAD. 2017. Estrategia Regional ante el Cambio Climático de Madre de Dios: Documento propuesta. Gobierno Regional de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.
- Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. Stehman, S. Goetz y T. Loveland. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342:850-853.
- Hardner, J. J., T. Gullison, S. Anstee y M. Meyer. 2015. Good Practices for Biodiversity Inclusive Impact Assessment and Management Planning. Grupo de Trabajo sobre Biodiversidad para Instituciones Financieras Multilaterales, Washington, DC.
- Hassan, R., R. J. Scholes y N. Ash (eds.). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. Island Press, Washington, DC.
- Higgins, M., E. Perez Walter y N. Elespuru Urro. 2009. Vegetation mapping and conservation recommendations for Block 39, Peru. Instituto Smithsonian de Biología de la Conservación, Washington, DC.
- Hooper, D. U., F. Chapin, J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J. Lawton, D. Lodge, M. Loreau y S. Naeem. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75:3-35.
- Hugo Pachas, V. 2013. Conflictos sociales en Madre de Dios: El caso de la minería en pequeña escala de oro y la ilegalidad. USAID, CRS, CEAS, Lima, Peru.
- IBGE. 2017. Banco de dados nacional do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brazil.
- IIRSA. 2017. Cartera de proyectos 2017. UNASUR, COSIPLAN, Buenos Aires, Argentina.
- INE. 2017. Base de datos nacional de Bolivia. Instituto Nacional de Estadística, La Paz, Bolivia.

- INEI. 1994. Sistema de Consulta Estadísticas de Centros Poblados 1993 – Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú.
- INEI. 2008. Sistema de consulta de la base de datos del censo de población y vivienda a nivel de centro poblado 2007. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú.
- INEI. 2010a. Perú: Análisis Etnosociodemográfico de las Comunidades Nativas de la Amazonía, 1993 y 2007. INEI, Lima, Perú.
- INEI. 2010b. Perú: Estimaciones y proyecciones de población departamental, por años calendario y edades simples 1995–2025. INEI, Lima, Perú.
- INEI. 2011. Perú: Migración Interna reciente y el Sistema de Ciudades, 2002–2007. INEI, Lima, Perú.
- INEI. 2017. Base de datos nacional de Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú.
- IPCC. 2007. 2007: Summary for Policymakers. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, pp. 1–18. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Geneva, Switzerland.
- Izquierdo, A. E. y M. L. Clark. 2012. Spatial analysis of conservation priorities based on ecosystem services in the Atlantic forest region of Misiones, Argentina. *Forests* 3:764–786.
- Jacobs, G. y N. J. H. C. Asokan. 1999. Towards a comprehensive theory of social development. In *Human Choice: The Genetic Code of Social Development*, ed. H. Cleveland, G. Jacobs, R. Macfarlane, A. Natarajan, and R. van Harten. Minneapolis, MN.
- Jaramillo Castro, L., B. Onguglo, N. Rosa, L. Lleander, D. Vivas y L. Assunção. 2017. 20 years of BioTrade: Connecting people, the planet and markets. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, Geneva, Switzerland.
- Kahn, H. y A. J. Wiener. 1967. Year 2000: A framework for speculation on the next thirty-three years. Macmillan, New York.
- Kates, R. W., T. M. Parris y A. A. Leiserowitz. 2005. What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 47:8–21.
- Kennon, N., P. Howden y M. Hartley. 2009. Who Really Matters?: A Stakeholder Analysis Tool. *Extension Farming Systems Journal* 5:9.
- Kirby, K. R., W. F. Laurance, A. K. Albernaz, G. Schroth, P. M. Fearnside, S. Bergen, E. M. Venticinque y C. Da Costa. 2006. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. *Futures* 38:432–453.
- Kirkby, C. A., R. Giudice-Granados, B. Day, K. Turner, L. M. Velarde-Andrade, A. Dueñas-Dueñas, J. C. Lara-Rivas y W. Y. J. P. O. Douglas. 2010. The market triumph of ecotourism: An economic investigation of the private and social benefits of competing land uses in the Peruvian Amazon. *PLoS ONE* 5 (9):e13015.
- Kuramoto, J. R. 2002. La Minería Artesanal e Informal en el Perú. Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE), London.
- Landsberg, F., J. Treweek, M. M. Stickler, N. Henninger y O. Venn. 2013. Weaving Ecosystem Services Into Impact Assessment. World Resources Institute, Washington, DC.
- Lashof, D. A. y D. R. Ahuja. 1990. Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature* 344 (6266):529–531.
- Laurance, W. F., M. A. Cochrane, S. Bergen, P. M. Fearnside, P. Delamônica, C. Barber, S. D'angelo y T. Fernandes. 2001. The future of the Brazilian Amazon. *Science* 291:438–439.
- Leemans, R., E. Lambin, A. McCalla, G. Nelson, P. Pingali, H. Simons, R. Watson y M. Zurek. 2003. Drivers of change in ecosystems and their services. In *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*, pp. 85–106. Island Press, Washington, DC.
- Liaw, A. y M. Wiener. 2002. Classification and regression by random Forest. *R News* 2:18–22.
- Lindenmayer, D. B. y J. Fischer. 2013. Habitat fragmentation and landscape change: An ecological and conservation synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Little, P. 2014. Mega-Development Projects in Amazonia: A Geopolitical and Socioenvironmental Primer. RAMA, ARA, DAR, Lima, Perú.
- Luyet, V., R. Schlaepfer, M. B. Parlange y A. Buttler. 2012. A framework to implement stakeholder participation in environmental projects. *Journal of Environmental Management* 111:213–219.
- Mahmoud, M., Y. Liu, H. Hartmann, S. Stewart, T. Wagener, D. Semmens, R. Stewart, H. Gupta, D. Dominguez y F. Dominguez. 2009. A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making. *Environmental Modelling & Software* 24:798–808.
- Malhi, Y., J. T. Roberts, R. A. Betts, T. J. Killeen, W. Li y C. A. Nobre. 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* 319:169–172.
- Margoluis, R., C. Stem, N. Salafsky y M. Brown. 2009. Using conceptual models as a planning and evaluation tool in conservation. *Evaluation and Program Planning* 32:138–147.

- Mateo, S. y C. Cornejo Arana. 2006. Estrategia Regional de Diversidad Biológica de Madre de Dios. GOREMAD - Comisión Ambiental Regional de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.
- McRae, B. H., B. G. Dickson, T. H. Keitt y V. B. Shah. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology* 89:2712-2724.
- Meza, A., C. Sabogal y W. de Jong. 2006. Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- MINAGRI. 2005. Plan Nacional de Reforestación. MINAG, INRENA, PRONAMACHCS, FONDEBOSQUE, BSD, IIAP, Lima, Perú.
- MINAM. 2009a. Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. MINAM, PNUD, GEF, Lima, Perú.
- MINAM. 2009b. Mapa de deforestación de la Amazonia peruana - 2000. Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.
- MINAM. 2010a. El Perú y el Cambio Climático: Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2010. MINAM, Lima, Perú.
- MINAM. 2010b. Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático. MINAM, Lima, Perú.
- MINAM. 2013. Guía Metodológica para la Elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. MINAM, Lima, Perú.
- MINAM. 2015. Estrategia Nacional Ante el Cambio Climático. MINAM, Lima, Perú.
- MINCETUR. 2007. Plan Estratégico Regional de Exportación Región Madre de Dios. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Lima, Perú.
- Mosquera, C., M. L. Chávez, V. H. Pachas y P. Moschella. 2009. Estudio diagnóstico de la actividad minera artesanal en Madre de Dios. CooperAcción, Caritas, Conservación Internacional Perú, Puerto Maldonado, Perú.
- Müller, R., P. Pacheco y J. C. Montero. 2014. The context of deforestation and forest degradation in Bolivia: Drivers, agents and institutions. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- NatureServe y EcoDecisión. 2015. Tropical Andes Biodiversity Hotspot. Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF), Arlington, VA.
- Naughton-Treves, L. 2004. Deforestation and carbon emissions at tropical frontiers: A case study from the Peruvian Amazon. *World Development* 32:173-190.
- Nunes, F., B. Soares-Filho, R. Giudice, H. Rodrigues, M. Bowman, R. Silvestrini y E. Mendoza. 2012. Economic benefits of forest conservation: Assessing the potential rents from Brazil nut concessions in Madre de Dios, Peru, to channel REDD+ investments. *Environmental Conservation* 39:132-143.
- Obregón, G., A. Díaz, G. Rosas, G. Avalos, D. Acuña, C. Oria, A. Llacza y R. Miguel. 2009. Climate Scenarios for Peru to 2030. SE-NAMHI, Lima, Perú.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao y K. R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* 51:933-938.
- Ometto, J. P., G. Sampaio, J. Marengo, T. Assis, G. Tejada y A. P. Aguiar. 2013. Climate Change and Land Use Change in Amazonia: A report for the Amazonia Security Agenda Project. Amazonia Security Agenda project, São Paulo, Brazil.
- Ortiz, E. G. 2002. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). In *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-Timber Forest Products*, ed. P. Shanley, A. R. Pierce, S. A. Laird, and A. Guillén, pp. 61-74. Earthscan, London.
- Pacha, M. J. 2015. Ecosystem services valuation as a decision-making tool: Conceptual bases and lessons learned in the Amazon region. Iniciativa Amazonía Viva, Brasília, Brazil.
- Passet, R. 1979. L'économique et le vivant. Payot, Paris.
- Peña Alegría, P. 2014. Guía para negociar mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos con comunidades nativas. SPDA, Lima, Perú.
- Peres, C. A. y J. W. Terborgh. 1995. Amazonian nature reserves: An analysis of the defensibility status of existing conservation units and design criteria for the future. *Conservation Biology* 9:34-46.
- Pilla, E. 2014. Towards the Development of Metrics for No Net Loss of Biodiversity in Peru. BID, Washington, DC.
- Pimm, S. L. y C. Jenkins. 2005. Sustaining the variety of life. *Scientific American* 293:66-73.
- Pina-Costa, A. d., P. Brasil, S. M. D. Santi, M. P. d. Araujo, M. C. Suárez-Mutis, J. Oliveira-Ferreira, R. Lourenço-de-Oliveira y C. T. Daniel-Ribeiro. 2014. Malaria in Brazil: What happens outside the Amazonian endemic region. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 109:618-633.
- PNUD. 2013. Cambio climático y territorio: Desafíos y respuestas para un futuro sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Lima, Perú.
- PNUD. 2016. El nuevo rostro de Bolivia. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La Paz, Bolivia.
- PNUD. 2017. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Brasília Brazil.

- PRODES. 2017. Monitoramento da floresta Amazonica Brasileira por satellite. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, São Paulo, Brazil.
- PROTEGER. 2017. Dams in Amazonia. Fundación Proteger, International Rivers, and ECOA, Oakland CA.
- Queiroz, C. y S. Gautam. 1992. Road infrastructure and economic development: Some diagnostic indicators. World Bank Publications, Washington, DC.
- R Development Core Team. 2013. R. Page A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raskin, P., F. Monks, T. Ribeiro, D. v. Vuuren y M. Zurek. 2005. Scenarios in Historical Perspective. Millenium Assessment Ecosystems and Human Well-Being: Scenarios Findings of the Scenarios Working Group. Island Press, Washington, DC.
- Redwood, J. 2012. The Environmental and Social Impacts of Major IDB-Financed Road Improvement Projects: The Interoceanica IIRSA Sur and IIRSA Norte Highways in Peru. BID, Washington, DC.
- Reed, M. S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141:2417-2431.
- Reed, M. S., J. Kenter, A. Bonn, K. Broad, T. Burt, I. Fazey, E. Fraser, K. Hubacek, D. Nainggolan y C. Quinn. 2013. Participatory scenario development for environmental management: A methodological framework illustrated with experience from the UK uplands. *Journal of Environmental Management* 128:345-362.
- Reid, W. V., H. A. Mooney, A. Cropper, D. Capistrano, S. R. Carpenter, K. Chopra, P. Dasgupta, T. Dietz, A. K. Duraipappah, R. Hassan, R. Kasperperson, R. Leemans, R. M. May, T. A. J. McMichael, P. Pingali, C. Samper, R. Scholes, R. T. Watson, A. H. Zakri, Z. Shidong, N. J. Ash, E. Bennett, P. Kumar, M. J. Lee, C. Raudsepp-Hearne, H. Simons, J. Thonell y M. B. Zurek. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Republic of Peru. 2015. Inteded nationally determined contribution (iNDC) from the Republic of Peru. Lima, Perú
- Resnikowski, H. 2010. Monitoreo de deforestación y fuego en Pando hasta 2009. Programa Amazónico Trinacional, La Paz, Bolivia.
- Ribeiro, M. C., A. C. Martensen, J. P. Metzger, M. Tabarelli, F. Scarano y M.-J. Fortin. 2011. The Brazilian Atlantic Forest: A shrinking biodiversity hotspot. In *Biodiversity Hotspots*, ed. Zachos F., Habel J., pp. 405-434. Springer, Berlin, Germany.
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni y M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1141-1153.
- Róssi, E. L., M. R. Gonzáles y A. S. Tovar. 1983. Influencia del bosque en la actividad agropecuaria. *Revista Forestal del Perú* 11:1-14.
- Roy, D. P., M. Wulder, T. Loveland, C. Woodcock, R. Allen, M. Anderson, D. Helder, J. Irons, D. Johnson y R. Kennedy. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment* 145:154-172.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Schoemaker, P. J. 1995. Scenario planning: A tool for strategic thinking. *Sloan Management Review* 36:25.
- Schoumans, O., W. Chardon, M. Bechmann, C. Gascuel-Oudou, G. Hofman, B. Kronvang, G. H. Rubæk, B. Ulén y J.-M. Dorioz. 2014. Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. *Science of the Total Environment* 468-469:1255-1266.
- Scullion, J. J., K. A. Vogt, A. Sienkiewicz, S. J. Gmur y C. Trujillo. 2014. Assessing the influence of land-cover change and conflicting land-use authorizations on ecosystem conversion on the forest frontier of Madre de Dios, Peru. *Biological Conservation* 171:247-258.
- Seppelt, R., C. F. Dormann, F. V. Eppink, S. Lautenbach y S. Schmidt. 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: Approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology* 48:630-636.
- Sharp, R., H. T. Tallis, T. Ricketts, A. D. Guerry, S. A. Wood, R. Chaplin-Kramer, E. Nelson, D. Ennaanay, S. Wolny, N. Olwero, K. Vigerstol, D. Pennington, G. Mendoza, J. Aukema, J. Foster, J. Forrest, D. Cameron, K. Arkema, E. Lonsdorf, C. Kennedy, G. Verutes, C. K. Kim, G. Guannel, M. Papenfus, J. Toft, M. Marsik, J. Bernhardt, R. Griffin, K. Glowinski, N. Chaumont, A. Perelman, M. Lacayo, L. Mandle, P. Hamel, A. L. Vogl, L. Rogers y W. Bierbower. 2015. InVEST 3.3.0 User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy y Fondo Mundial para la Naturaleza, Stanford, CA.
- Smith, P., M. R. Ashmore, H. I. Black, P. J. Burgess, C. D. Evans, T. A. Quine, A. M. Thomson, K. Hicks y H. G. Orr. 2013. REVIEW: The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. *Journal of Applied Ecology* 50:812-829.
- Soares-Filho, B. S., G. C. Cerqueira y C. L. Pennachin. 2002. DINAMICA—a stochastic

- cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling* 154:217–235.
- Soares-Filho, B. S., D. C. Nepstad, L. M. Curran, G. C. Cerqueira, R. A. Garcia, C. A. Ramos, E. Voll, A. McDonald, P. Lefebvre y P. Schlesinger. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440:520–523.
- Soares-Filho, B., A. Alencar, D. Nepstad, G. Cerqueira, V. Diaz, M. del Carmen, S. Rivero, L. Solorzano y E. Voll. 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* 10:745–764.
- Southworth, J., M. Marsik, Y. Qiu, S. Perz, G. Cumming, F. Stevens, K. Rocha, A. Duchelle y G. Barnes. 2011. Roads as Drivers of Change: Trajectories across the Tri-National Frontier in MAP, the Southwestern Amazon. *Remote Sensing* 3:1047–1066.
- SPDA. 2014a. Diferencias entre minero ilegal y minero informal. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Lima, Perú. https://spda.org.pe/?wpfb_dl=661
- SPDA. 2014b. La realidad de la minería ilegal en los países amazónicos. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Lima, Perú. https://spda.org.pe/?wpfb_dl=414
- Stotz, D. F. 1996. Neotropical birds: Ecology and conservation. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Swenson, J. J., C. E. Carter, J.-C. Domec y C. I. Delgado. 2011. Gold mining in the Peruvian Amazon: global prices, deforestation, and mercury imports. *Plos ONE* 6:e18875.
- Tamayo, J., J. Salvador, A. Vásquez y R. De la Cruz. 2015. La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país. Osinergmin, Lima, Perú.
- Ter Steege, H., N. Pitman, D. Sabatier, H. Castellanos, P. Van Der Hout, D. C. Daly, M. Silveira, O. Phillips, R. Vasquez y T. Van Andel. 2003. A spatial model of tree α -diversity and tree density for the Amazon. *Biodiversity and Conservation* 12:2255–2277.
- Ter Steege, H., N. C. Pitman, D. Sabatier, C. Baraloto, R. P. Salomão, J. E. Guevara, O. L. Phillips, C. V. Castilho, W. E. Magnusson y J.-F. Molino. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science* 342:1243092.
- Timmons, J. R. 2013. Trouble in paradise: Globalization and environmental crises in Latin America. Routledge, London.
- Valencia, L., O. Camparini Gonzales, M. A. Gandarillas Gonzáles, D. Vallin, A. Laina, R. Botero, C. Fierro y C. Benavides. 2015. Las Rutas del Oro Ilegal: Estudio de Caso en Cinco Países. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Lima, Perú.
- Valiente-Banuet, A., M. A. Aizen, J. M. Alcántara, J. Arroyo, A. Cocucci, M. Galetti, M. B. García, D. García, J. M. Gómez y P. J. F. E. Jordano. 2015. Beyond species loss: The extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology* 29 (3):299–307.
- Valqui, M., C. Feather y R. Espinosa Llanos. 2015. Revealing the hidden: Indigenous perspectives on deforestation in the Peruvian Amazon. Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana (AIDESEP), Forest Peoples Programme (FPP), Lima, Perú.
- Vance-Borland, K. y J. Holley. 2011. Conservation stakeholder network mapping, analysis, and weaving. *Conservation Letters* 4:278–288.
- Vargas Gonzáles, C., E. Rojas Báez, D. Castillo Soto, V. Espinoza Mendoza, A. C. Urquiza Carbonel, R. Giudice Granados y N. Málaga Durán. 2015. Memoria Descriptiva del Mapa de Bosque/No Bosque año 2000 y Mapa de pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos del Perú 2000–2011. Ministerio de Agricultura y Riego, Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.
- Vargas, P. 2009. El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú, Lima, Perú.
- Vugteveen, P., M. van Katwijk, E. Rouwette, H. Lenders y L. Hanssen. 2015. Developing an effective adaptive monitoring network to support integrated coastal management in a multiuser nature reserve. *Ecology and Society* 20 (1): 59–70.
- Wade, R. H. 2011. Boulevard of broken dreams: The inside story of the World Bank's Polonoroeste Road Project in Brazil's Amazon. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper 55:1–43.
- Young, B. E., S. N. Stuart, J. S. Chanson, N. A. Cox y T. M. Boucher. 2004. Disappearing jewels: The status of new world amphibians. Nature Serve, Arlington, VA.
- Young, J. C., A. Jordan, K. R. Searle, A. Butler, D. S. Chapman, P. Simmons y A. D. Watt. 2013. Does stakeholder involvement really benefit biodiversity conservation? *Biological Conservation* 158:359–370.
- Zelli, F., D. Erler, S. Frank, J.-I. Hein, H. Hotz y A.-M. Santa Cruz Melgarejo. 2014. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) in Peru: A challenge to social inclusion and multi-level governance. GIZ, Bonn, Alemania.

APÉNDICE: ORGANIZACIONES Y ACTORES CLAVES CONSULTADOS

Actores Claves					Ronda de Consulta		
Tipo*	Nombre de la Organización	Organización, Oficina, Proyecto	Participante	Posición	I (2015)	II (2015)	III (2017)
OC	Asociación Alto Mercedes	Asociación Alto Mercedes	Luz Marina Amasifuen	Presidente	No	No	Yes
OC	Asociación de Castañeros de la Reserva del Tambopata	ASCART	Vilma Zegarra	Vice Presidente	Yes	Yes	No
OC	Asociación de Castañeros de Paríamanu y tributarios	Asociación de Castañeros de Paríamanu y Tributarios	Nelson Belluna	Delegado	No	No	Yes
OC	Asociación de Concesionarios Forestales de Manu, Tambopata y Tahuamanu	ACOMAT	Felix Vera	Secretario	No	No	Yes
OC	Asociación de Concesionarios Forestales de Manu, Tambopata y Tahuamanu	ACOMAT	Gregorio Tamayo Tuya	Socio	No	No	Yes
OC	Asociación de Concesionarios Forestales de Manu, Tambopata y Tahuamanu	ACOMAT	Gilberto Vela Cárdenas	Socio	No	No	Yes
OC	Asociación Paríamarca	Asociación Paríamarca	Abigail Sanz Salinas	Vice Presidente	No	No	Yes
OC	Comité de Gestión de la Reserva Nacional de Tambopata	CG-RNT	Víctor Zambrano	Presidente	Yes	Yes	No
OC	Comité de Gestión del Bosque Río Tahuamanu	CG-BRT	Gilmer Gibaja	Presidente	Yes	No	No

* OC: Organización Comunitaria; GL: Gobierno Local; GR: Gobierno Regional; GN: Gobierno Nacional; SL: Sin fines de Lucro; SP: Sector Privado; IA: Institución Autónoma; I: Independiente.

Actores Claves					Ronda de Consulta		
Tipo*	Nombre de la Organización	Organización, Oficina, Proyecto	Participante	Posición	I (2015)	II (2015)	III (2017)
OC	Ejecutor de Contrato de Administración de la Reserva Comunal AmaraKaeri	ECA-RCA	Fermín Chimatani	Presidente	Yes	Yes	No
OC	Empresa Comunal Jebe Natural del MPA Tahuamanu	ECOMUSA	Edmundo Cuadros Cruz	Socio	No	No	Yes
OC	Federación de Agricultores de Madre de Dios	FADEMAD	Vidal Salazar	Presidente	Yes	Yes	No
OC	Federación Nativa del Río Madre de Dios y Afluentes	FENAMAD	Klaus Quicque	Presidente	Yes	No	No
OC	Federación de Productores de Castaña de Madre de Dios	FEPROCAMD	David Asturima Huamantica	Presidente	No	No	Yes
OC	Federación de Productores de Castaña de Madre de Dios	FEPROCAMD	Walter Flores Casanova	Coordinador	No	No	Yes
OC	Federación de Productores de Castaña de Madre de Dios	FEPROCAMD	Santiago Taipe Chuima	Vice Presidente	No	No	Yes
GL	Municipalidad Distrital de Iberia	MD-Iberia	Wilson Lancha	Responsable de la Oficina de Gestión Ambiental	Yes	No	No
GL	Municipalidad Provincial de Tahuamanu	MP-Tahuamanu	Wilfredo Meza	Teniente alcalde Provincial de Tahuamanu	Yes	No	No
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD CR	Octavio Caballero Jara	Consejero Regional por Manu	Yes	Yes	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GRDE	Federico Rengifo	Sub Gerente - Sub Gerencia de Desarrollo Productivo	Yes	Yes	No
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GPPAT-SP-PP144	Edith Pipa Cruz	Responsable técnico del Programa Presupuestal 144	No	No	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GPPAT-SAT	Luis Sanchez	Especialista Acondicionamiento Territorial	Yes	Yes	No

* OC: Organización Comunitaria; GL: Gobierno Local; GR: Gobierno Regional; GN: Gobierno Nacional; SL: Sin fines de Lucro; SP: Sector Privado; IA: Institución Autónoma; I: Independiente.

Actores Claves					Ronda de Consulta		
Tipo*	Nombre de la Organización	Organización, Oficina, Proyecto	Participante	Posición	I (2015)	II (2015)	III (2017)
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GPPAT-SAT	Javier Quispe	Sub Gerente – Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial	No	No	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GPPAT-SAT	Aldo Sadi Ramirez Reyes	Supervisor de Acondicionamiento Territorial	No	No	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GRRNGA-SMPE	Williams Miche	Sub Gerente- Sub Gerencia de Manejo Productivo de Ecosistemas de la Gerencia de Recursos Naturales	Yes	Yes	No
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GRDE-DRP	Jimmy Layche	Director Regional de la Producción	No	No	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GRDE-DRA-AAT	Wilson Arévalo Toren	Técnico Agencia Agraria Tambopata	No	No	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GRDE-DSFLPR	Amed Suren Paredes Moreno	Responsable de Catastro	No	No	Yes
GR	Gobierno Regional de Madre de Dios	GOREMAD GRDE-DSFLPR	Walter Richard Lopez Souza	Catastro, Titulación y Registro de Tierras Rurales	No	No	Yes
GN	Ministerio del Ambiente	MINAM PNB	Melinda Panduro	Especialista en Negocios Forestales y Agroforestales	Yes	No	No
GN	Ministerio del Ambiente	MINAM PNB	Javier David Loza Herrera	Jefe de la Unidad de Incentivos para la Conservación de Bosques	No	No	Yes
GN	Ministerio del Ambiente	MINAM Madre de Dios	Humberto Cordero	Coordinador de la Oficina Técnica en Madre de Dios	Yes	No	Yes
GN	Ministerio del Ambiente	MINAM DGEVFPN-ASBYSE	Salvador Morales Brown	Responsable del Proyecto ASBYSE	No	No	Yes
GN	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA Madre de Dios	María Jesús Jeri Nieves	Jefa de la Oficina Desconcentrada d Madre de Dios	No	No	Yes
GN	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA Madre de Dios	Hubert Vera Mendoza	Especialista Ambiental	No	No	Yes

* OC: Organización Comunitaria; GL: Gobierno Local; GR: Gobierno Regional; GN: Gobierno Nacional; SL: Sin fines de Lucro; SP: Sector Privado; IA: Institución Autónoma; I: Independiente.

Actores Claves					Ronda de Consulta		
Tipo*	Nombre de la Organización	Organización, Oficina, Proyecto	Participante	Posición	I (2015)	II (2015)	III (2017)
GN	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA Madre de Dios	Wilfredo Cahuana Aroni	Especialista Ambiental	No	No	Yes
GN	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA Madre de Dios	Jhon Medina Vargas	Especialista Legal	No	No	Yes
GN	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA Madre de Dios	Katherine Quispe Romero	Interno	No	No	Yes
GN	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado	SERNANP Amarakaeri	Ernesto Escalante	Jefe de la Reserva Comunal Amarakaeri	Yes	Yes	No
GN	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado	SERNANP Amarakaeri	Daniel Asvín Florez Gil	Jefe de la Reserva Comunal Amarakaeri	No	No	Yes
GN	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado	SERNANP Amarakaeri	Johana Salazar Castillo	Especialista de la Reserva Comunal Amarakaeri	No	No	Yes
SL	Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica	ACCA Madre de Dios	Piero Rengifo	Especialista en SIG	Yes	Yes	Yes
SL	Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica	ACCA CCLA	Carlos Castañeda	Coordinador CCLA	No	No	Yes
SL	Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral	AIDER Madre de Dios	Claudia Lebel	Responsable del Área de Servicios Ecosistémicos	Yes	No	Yes
SL	Cáritas	Cáritas Madre de Dios	César Ascorra	Coordinador del Proyecto en Madre de Dios	Yes	No	No
SL	Asociación Inkaterra	ITA	José Purisaca	Gerente General	No	No	Yes
SL	Asociación Inkaterra	ITA	Ruth Torres	Coordinador	No	No	Yes
SL	Pronaturaleza	Pronaturaleza Madre de Dios	Julio Magán Roeder	Coordinador Regional en Madre de Dios	Yes	No	No

* OC: Organización Comunitaria; GL: Gobierno Local; GR: Gobierno Regional; GN: Gobierno Nacional; SL: Sin fines de Lucro; SP: Sector Privado; IA: Institución Autónoma; I: Independiente.

Actores Claves					Ronda de Consulta		
Tipo*	Nombre de la Organización	Organización, Oficina, Proyecto	Participante	Posición	I (2015)	II (2015)	III (2017)
SL	Red de Conservación de Biodiversidad de Madre de Dios	RCBMDD	Manuel Rubio Bermudez	Presidente	No	No	Yes
SL	Sociedad Peruana de Derecho Ambiental	SPDA Madre de Dios	Pablo Peña	Abogado del Programa de Forestación	Yes	No	No
SL	Universidad de Florida	UFL Consortio Madre de Dios	Bruno Sanguinetti	Asesor	Yes	No	Yes
SL	Universidad de Florida	UFL Consortio Madre de Dios	Jhon Farfán	Director del Consortio Madre de Dios	No	No	Yes
SL	Naval Medical Research Unit-6	NAMRU-6	Claudia Guezala	Investigadora de la Unidad de Ecología de Enfermedades, Departamento de Enfermedades Emergentes	Yes	No	No
SL	Universidad de Wake Forest	WFU CINCIA	Francisco Román	Director Científico	No	No	Yes
SL	Universidad de Wake Forest	WFU CINCIA	Jorge Martín Pillaca	Especialista SIG	No	No	Yes
SL	WWF Perú	WWF Perú Madre de Dios	Luis Ramirez	Especialista Social	Yes	Yes	No
SL	WWF Perú	WWF Perú Madre de Dios	Nelson Gutierrez	Especialista Carbono Forestal	Yes	Yes	Yes
SL	WWF Perú	WWF Perú Madre de Dios	Rudy Navarro	Oficial Asociado GIS	No	No	Yes
SL	Agencia Alemana de Cooperación Internacional	GIZ Perú	Hannes Hotz	Asesor Principal	No	No	Yes
SL	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Perú	PNUD Perú EBA Amazonía	Pablo Dourojeanni	Coordinador de Gestión del Conocimiento	Yes	Yes	Yes
SL	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Perú	PNUD Perú EBA Amazonía	Juan Carlos Vera Blass	Analista Espacial	No	No	Yes

* OC: Organización Comunitaria; GL: Gobierno Local; GR: Gobierno Regional; GN: Gobierno Nacional; SL: Sin fines de Lucro; SP: Sector Privado; IA: Institución Autónoma; I: Independiente.

Actores Claves					Ronda de Consulta		
Tipo*	Nombre de la Organización	Organización, Oficina, Proyecto	Participante	Posición	I (2015)	II (2015)	III (2017)
SL	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Perú	USAID Perú	Mónica Romo	Especialista Regional en Amazonía	No	No	Yes
SP	Candela Perú	CANDELA PERÚ	Guadalupe Lanao	Gerente General	Yes	No	No
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Romulo Corisepa Dreve	Relacionista Comunitario de HOEP	No	No	Yes
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Manuel Ormachea	Responsable de Asuntos Socio-ambientales en Madre de Dios	Yes	No	No
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Erica Dholoo	Gerente de Biodiversidad	Yes	No	No
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Maritza Benites	Empleada de HOEP	No	No	Yes
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Carlos Ponce de León	Empleado de HOEP	No	No	Yes
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Jorge Paulino	Empleado de HOEP	No	No	Yes
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Karen Cordova	Empleada de HOEP	No	No	Yes
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	Iván Garayac	Empleado de HOEP	No	No	Yes
SP	Hunt Oil Exploration and Production Company of Peru	HOEP Perú	José Chirif	Empleado de HOEP	No	No	Yes
IA	Colegio de Biólogos del Perú	CBP	Alejandro Bernilla Roque	Vice decano	No	No	Yes
I	Independiente	Independiente	Esley Huatangare	Miembro del equipo que elaboró el Plan de Ordenamiento Territorial (POT)	No	No	Yes

* OC: Organización Comunitaria; GL: Gobierno Local; GR: Gobierno Regional; GN: Gobierno Nacional; SL: Sin fines de Lucro; SP: Sector Privado; IA: Institución Autónoma; I: Independiente.

