



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMERICA

**Iniciativa para la Conservación
en la Amazonía Andina - ICAA**

INTEGRANDO COSTOS ECONÓMICOS EN LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN EN LA AMAZONÍA OCCIDENTAL

Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA No. 33 | abril de 2015



Janeth Lessmann
Aaron Bruner

ENGILITY • IRG



Programa de Investigaciones Económicas Aplicadas para la Conservación en la Amazonía Andina

Integrando costos económicos en la identificación de áreas prioritarias para la conservación en la Amazonía occidental

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo los términos del contrato N°AID-EPP-I-00-04-00024-00.

Las opiniones aquí expresadas son las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de USAID ni del Gobierno de los Estados Unidos.

Esta investigación ha sido producida por encargo de la Unidad de Apoyo de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA), liderada por International Resources Group (IRG) y sus socios: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Corporación de Gestión y Derecho Ambiental (ECOLEX), Social Impact (SI), Patrimonio Natural (PN) y Conservation Strategy Fund (CSF).

Autores:**Janeth Lessmann**

Estudiante de doctorado en Ecología
Pontificia Universidad Católica de Chile
janeth.lessmann@gmail.com

Aaron Bruner

Senior Economist
Conservación Estratégica, CSF
aaron@conservation-strategy.org

Revisora externa: Rocío Ponce Reyes

Edición: Juana Rosa Iglesias López. Jr. Aguarico 654- 202 Breña, Lima

Foto de portada y contraportada: Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Ecuador.
Fotos de Javier Fajardo Nolla

Diagramación: Calambur SAC

Imprenta: Billy Víctor Odiaga Franco. Av. Arequipa 4558, Miraflores

Tiraje: 500 ejemplares

Conservation Strategy Fund

Oficina en Perú
Calle Víctor Larco Herrera No. 215 - Lima
Teléfono: (+51-1) 6020775
andes@conservation-strategy.org

International Resources Group LTD

Sucursal Perú
Av. Primavera 543 OF. 302 - Lima
Teléfono: (+51-1) 6378153 / 6378154

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-07270

ISBN 978-612-46952-2-3

Este documento puede ser descargado de las páginas web:

<http://www.amazonia-andina.org/amazonia-activa/biblioteca/publicaciones>

<http://conservation-strategy.org/es/reports>

Impreso en Perú

Todos los derechos reservados de acuerdo con el D. Leg 822 (Ley sobre Derechos de Autor).
Prohibida su reproducción sin autorización previa de los autores.



Agradecimientos

Agradecemos a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) por financiar esta investigación a través de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA). A Conservación Estratégica (CSF) y a su equipo de trabajo por el gran apoyo brindado: Alfonso Malky, Rocío Moreno y Natalia Sanín.

Expreso igualmente mi gratitud a la Universidad Tecnológica Indoamérica y a los investigadores del Centro en Biodiversidad y Cambio Climático por permitirme llevar a cabo este estudio en sus laboratorios de computación.

Finalmente, quiero agradecer a Mariela Palacios, Elisa Bonaccorso, Juan Guayasamín y sobre todo a Javier Fajardo, por su apoyo logístico y sugerencias a lo largo del proyecto; también a Rocío Ponce Reyes por su revisión y comentarios al documento.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	12
RESUMEN / SUMMARY	13
INTRODUCCIÓN	21
Objetivo general	25
Objetivos específicos	26
MÉTODOS	27
Área de estudio	28
Especies como objetos de conservación	31
Estimación de la distribución geográfica de las especies	31
Metas de conservación para las especies	33
Vacíos de conservación en la red actual de áreas protegidas	34
Estimación de costos de manejo	35
Estimación de costos de oportunidad	40
Algoritmo para la identificación de áreas prioritarias	41
Escenarios para la identificación de áreas prioritarias	43
Propuesta final de áreas prioritarias y eficiencia en conservación	45
RESULTADOS	47
Diversidad de especies y vacíos de conservación en las áreas protegidas	48
Mapas de costos de manejo y de oportunidad	50
Escenarios para la identificación de áreas prioritarias	55
Propuesta final de áreas prioritarias y eficiencia en conservación	60

DISCUSIÓN	63
La variabilidad de costos de conservación de áreas en la Amazonía occidental	64
Vacíos actuales de conservación en las áreas protegidas de la Amazonía occidental	68
Escenarios para la identificación de áreas prioritarias	70
Propuesta de áreas prioritarias para la Amazonía occidental	72
Consideraciones finales	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Amazonía occidental en Colombia, Ecuador y Perú.	29
FIGURA 2. Metas de conservación de especies	34
FIGURA 3. Riqueza de especies para la Amazonía occidental	49
FIGURA 4. Relación entre el costo de manejo y el tamaño de las áreas protegidas ...	51
FIGURA 5. Mapas de costos de manejo potencial en la Amazonía occidental ...	53
FIGURA 6. Mapa de costos de oportunidad para la agricultura y ganadería en la Amazonía occidental	54
FIGURA 7. Áreas prioritarias identificadas en distintos escenarios de conservación	56
FIGURA 8. Comparación del costo y tamaño entre las áreas prioritarias identificadas en diferentes escenarios de conservación	57
FIGURA 9. Curva de acumulación de especies en la búsqueda de áreas prioritarias	59
FIGURA 10. Eficiencia en conservación de las áreas prioritarias	62

ÍNDICE DETABLAS

TABLA 1. Extensión y porcentajes que ocupan las áreas protegidas actuales y las áreas prioritarias identificadas en cada una de las regiones y países que conforman a la Amazonía occidental	30
TABLA 2. Variables independientes empleadas para analizar la variación de costos de manejo básico y óptimo de las áreas protegidas de la Amazonía occidental	37
TABLA 3. Escenarios planteados para la búsqueda de áreas prioritarias en la Amazonía occidental	44
TABLA 4. Cumplimiento de las metas de conservación fijadas para las especies en el sistema actual de áreas protegidas de la Amazonía occidental	48
TABLA 5. Modelos de regresión lineal predictivos del costo de manejo básico y óptimo por unidad de área, para las áreas protegidas de la Amazonía occidental .	52
TABLA 6. Costos de conservación de las áreas prioritarias identificadas para la Amazonía occidental	61



Resumen
Summary

Actualmente, la gran biodiversidad de la Amazonía occidental se encuentra amenazada por un incremento de las actividades y presiones humanas, y no posee un sistema de áreas protegidas representativo de esta biodiversidad que permita asegurar su persistencia a largo plazo. Por lo tanto, es necesario promover la creación de nuevas áreas protegidas para esta región, pero teniendo en cuenta que los fondos destinados a ese propósito son muy limitados. En este contexto, el objetivo de este estudio fue identificar áreas prioritarias para la conservación en la Amazonía de Colombia, Ecuador y Perú, que incrementen la diversidad de especies protegidas y que a la vez impliquen los menores costos económicos posibles.

Para este estudio se clasificó a la Amazonía occidental en las subregiones de Amazonía Baja (< 250 metros), Piedemonte Amazónico (250-800 metros) y Amazonía Andina (> 800 metros). Por otra parte, se generó y compiló información espacial sobre aspectos económicos y biológicos en la región. Con esta información se construyeron mapas que representan la variabilidad de dos tipos de costos económicos relacionados con la creación de áreas protegidas: costos de manejo y costos de oportunidad. Con respecto a los costos de manejo, se desarrollaron modelos que explican su variación en áreas protegidas actuales en función de las características espaciales en las que estas se ubican; estos modelos se emplearon para proyectar los costos de manejo de áreas protegidas potenciales en el área de estudio. Para estimar los costos de oportunidad se tomó en cuenta la probabilidad de deforestación de la Amazonía con el fin de adaptar las ganancias potenciales por agricultura y ganadería evaluadas para la región. Como resultado, se obtuvo que los costos de manejo por unidad de área son más elevados en las zonas más accesibles y fuera de territorios indígenas, principalmente en la subregión de la Amazonía Andina, así como en reservas de menor tamaño. Finalmente, los costos de oportunidad resultaron mayores nuevamente en la Amazonía Andina, donde hay más potencialidad agrícola y una alta accesibilidad que incrementan la rentabilidad de las actividades agrícolas.

Con respecto a las especies como objeto de conservación, se generaron mapas de distribución para 2.428 especies de aves, anfibios, reptiles, mamíferos y plantas, y se establecieron metas de conservación para cada una de ellas de acuerdo a su grado de amenaza y extensión geográfica. Se obtuvo que las áreas protegidas actuales no cumplen las metas fijadas para el 27% de las especies evaluadas, siendo necesario complementar el actual sistema de reservas, en especial en la Amazonía Andina donde se concentran los mayores vacíos de conservación.

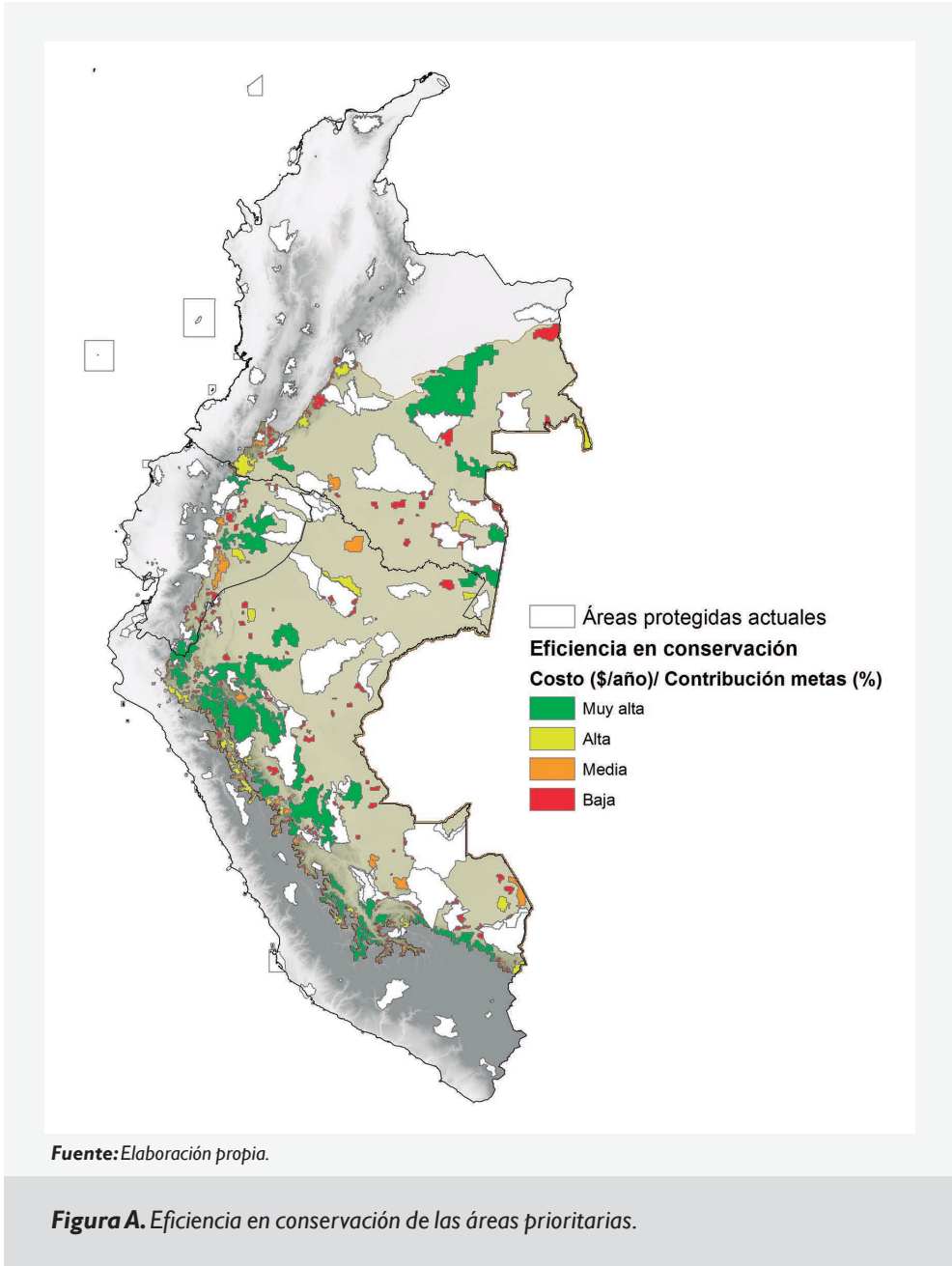
Para identificar áreas prioritarias que disminuyan tales vacíos de conservación, se utilizó el software Marxan, el cual selecciona un conjunto de sitios o áreas que cumplen con las metas de conservación de especies al menor costo de manejo y costo de oportunidad posible. Esta identificación de áreas se realizó en cinco escenarios distintos, con los cuales se determinó que: (i) no considerar la variabilidad espacial de costos genera una red de áreas prioritarias 78% más costosa, (ii) excluir a los territorios indígenas de dicha red incrementa los costos en 32%, y (iii) una ausencia de colaboración internacional entre los países para cumplir las metas de conservación genera un incremento en los costos de hasta 105%. También se obtuvo que la protección de las especies con distribución geográfica restringida y la de las especies amenazadas es más costosa en comparación con la protección de las especies de amplia distribución, debido a las necesidades específicas espaciales para su conservación y a su ubicación frecuente en zonas de alto costo.

La red de áreas prioritarias identificada como la más eficiente logra las metas de conservación para el 98% de las especies insuficientemente protegidas. Esta red ocupa el 15% de la Amazonía occidental, adicional al 20% actualmente protegido. A su vez, estas áreas prioritarias cubren 34% de la superficie de la Amazonía Andina, 14% del Piedemonte Amazónico y 11% de la Amazonía Baja. Teniendo en cuenta el tamaño de las áreas prioritarias, se determinó que esta red tendría un costo de manejo de aproximadamente U\$ 73 millones anuales. Por otra parte, los costos de oportunidad corresponderían a U\$ 28 millones anuales, resultando en un costo total de US\$ 101 millones anuales para toda

la red de áreas prioritarias identificadas. De este total, US\$ 23 millones corresponderían a los costos en Colombia, US\$ 9 millones a los de Ecuador y US\$ 69 millones a los de Perú.

Adicionalmente fue estimada la eficiencia de conservación de cada una de las áreas prioritarias identificadas, como una relación entre su costo anual y la contribución al alcance de las metas de conservación. En general se obtuvo que las áreas prioritarias más grandes son las más eficientes, y podrían considerarse como la opción prioritaria de protección.

De esta forma, nuestro estudio presenta una propuesta de áreas protegidas que contribuye a mejorar la representatividad de la diversidad de especies, complementa la red actual de reservas y presenta una alta relación costo-efectividad, con la finalidad de orientar de manera objetiva la toma de decisiones sobre qué proteger en esta importante región (Figura A).



At present, the extraordinary biodiversity of the western Amazon is threatened by increased human activity and the region's lack of a protected area system that adequately represents its array of ecosystems and species. New protected areas are needed but funds to create and maintain them are limited. This study was aimed at identifying priority conservation areas in the Colombian, Ecuadorian, and Peruvian Amazon regions, which increase the diversity of protected species while simultaneously minimizing costs.

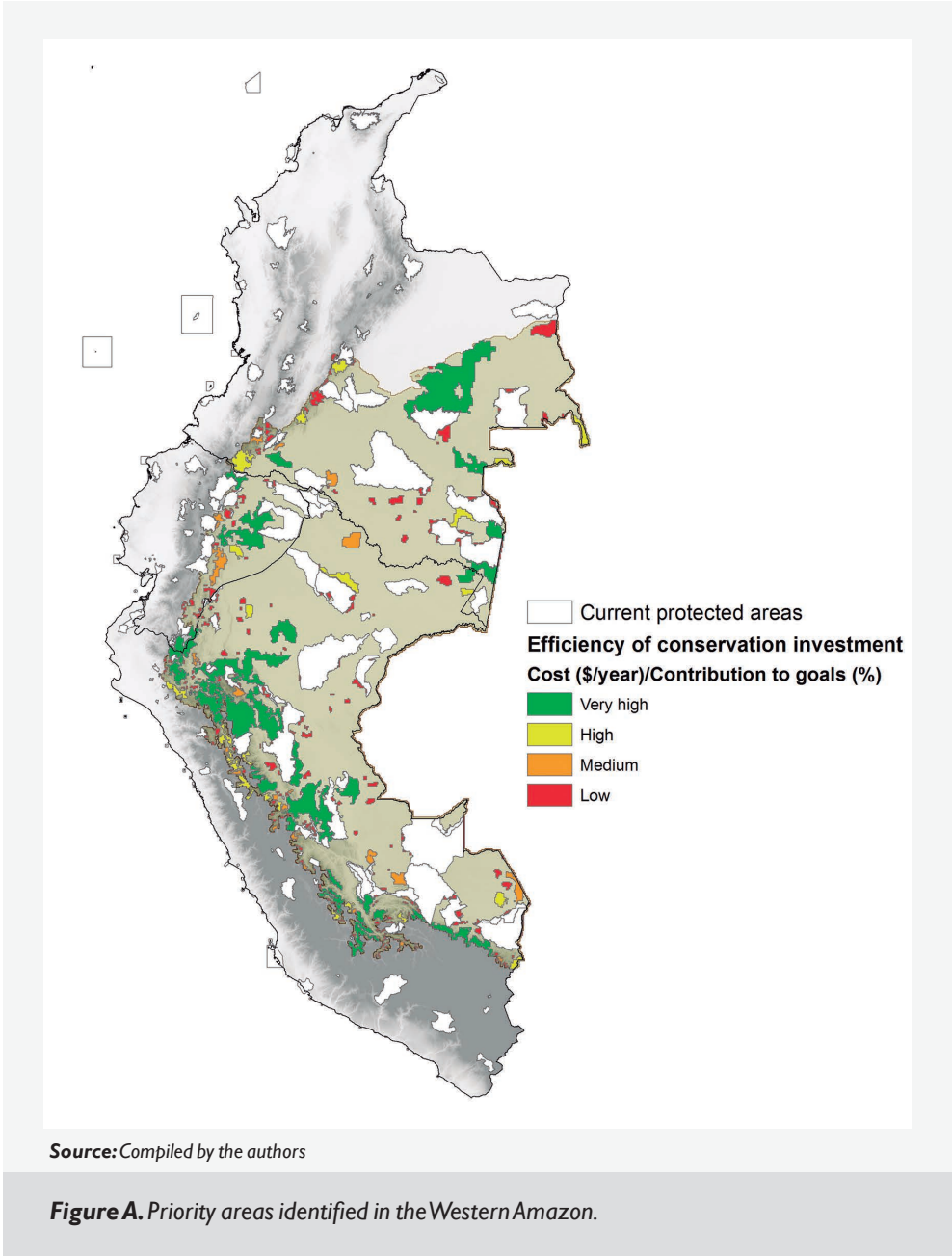
The study combines spatial information on economic and biological characteristics of the region. To start, we classified the western Amazon in three sub-regions: Lower Amazon (< 250 meters), Amazonian Foothills or piedmont (250-800 meters), and Andean Amazon (> 800 meters). Then, we created maps that show the variability of two types of economic costs related to protected areas: management costs and opportunity costs. Management cost variation in potential new protected areas was modeled based on the relationship between geographic features and costs in existing protected areas. Opportunity cost estimates were based on potential agriculture- and cattle-raising-related profits assessed for the region. The results show that per-area management costs are higher in the most accessible zones and outside indigenous territories, mainly the Andean Amazon areas, as well as in smaller-sized reserves. Opportunity costs also turn out to be higher in the Andean zones, which have more agricultural potential and better access to markets than other parts of the western Amazon.

To establish conservation targets, distribution maps were generated for 2,428 species, including birds, amphibians, reptiles, mammals, and plants, with conservation goals set for each species based on its threat level and geographical distribution. Results show that for 27 percent of the species assessed, current protected areas are inadequate to meet the goals established, with the greatest conservation gaps in the Andean Amazon region.

We used the Marxan conservation planning software to combine the economic and biological datasets to identify priority conservation areas. The tool selects a set of sites or areas that satisfy species conservation goals at the lowest possible management and opportunity cost. This process was performed under five different scenarios, which revealed that: (i) not considering spatial cost variability generates a priority area network 78 percent more expensive than the least-cost option; (ii) excluding indigenous territories from the network increases costs by 32 percent; and (iii) in the absence of international cooperation to fulfill conservation goals, costs are 105 percent higher than necessary. As expected, protecting species that are threatened and/or have restricted geographic distributions is more costly than protecting widely distributed species, because of the lack of flexibility in site selection and frequent occurrence of the threatened species in high-cost areas.

The priority protected area expansion identified as most efficient meets conservation goals for 98% of inadequately protected species, and covers 15 percent of the western Amazon region, in addition to the 20 percent currently protected. In particular, the priority areas cover 34 percent of the Andean Amazon, 14 percent of the Amazon Foothills, and 11 percent of the Lower Amazon. This entire network would cost about USD 101 million per year, of which 73 million is management costs and 28 million is opportunity costs. Of the total cost, USD 23 million corresponds to Colombia, USD 9 million to Ecuador, and USD 69 million to Peru.

To further facilitate decision-making, we present the ratio of cost to achievement of conservation goals for each area (Figure A). In combination with the overall network scenarios, we hope this information will enable governments to accomplish biodiversity conservation goals within their future protected area systems at a cost that is affordable, given the economic context of each country.





Introducción

La Amazonía occidental comprende una de las áreas con mayor diversidad de especies en el planeta, a la vez que mantiene grandes extensiones intactas de bosque húmedo tropical (Bass *et al.*, 2010; Mittermeier *et al.*, 2003; Myers *et al.*, 2000). Sin embargo, el equilibrio ecológico de esta región enfrenta varias amenazas, tales como proyectos petroleros y mineros, tala ilegal, plantaciones de palma, desarrollo de infraestructura vial a gran escala, entre otras (Finer *et al.*, 2008; Killeen, 2007). Por otra parte, estudios han detectado que muchas especies y ecosistemas de la Amazonía occidental no tienen la adecuada protección o están totalmente ausentes del sistema de áreas para la conservación (Cuesta-Camacho *et al.*, 2006; Fajardo *et al.*, 2014; Lessmann *et al.*, 2014). En otras palabras, la gran biodiversidad de esta región se encuentra amenazada por actividades humanas y no posee un sistema de protección eficiente que permita asegurar su persistencia a largo plazo.

Dado el contexto descrito, para conservar la mayor diversidad de especies posible es necesario promover la creación de nuevas áreas protegidas en la Amazonía occidental: es decir, incrementar la representatividad de la biodiversidad en el sistema de reservas (Margules & Pressey, 2000). Para ello hay que enfocar la protección hacia áreas prioritarias adecuadamente seleccionadas, teniendo en cuenta que los fondos económicos destinados a la conservación suelen ser muy limitados y que deben invertirse con la mayor eficiencia posible (Ban & Klein, 2009). Esto significa que las áreas que se identifiquen como prioritarias deben alcanzar los objetivos de conservación planteados, pero en sitios donde se minimicen los costos que implicaría su implementación como áreas protegidas (Naidoo *et al.*, 2006).

En este sentido, se han desarrollado programas informáticos como soporte técnico en la búsqueda de áreas prioritarias. Estos programas identifican un conjunto de sitios que cumplen con las metas de conservación preestablecidas al menor costo posible (Margules & Pressey, 2000). Para alcanzar este objetivo, los programas necesitan contar

con información espacial explícita y de alta resolución sobre aspectos biológicos (por ejemplo, dónde se encuentran las especies y/o ecosistemas que se quiere conservar) y económicos (por ejemplo, precios de tierra, costos de manejo de reservas, ingresos potenciales por otras actividades económicas, etc.) (Ban & Klein, 2009; Richardson *et al.*, 2006). El desafío radica en que comúnmente este tipo de información solo se genera y está accesible en países desarrollados, especialmente la referente a costos (Ban *et al.*, 2009; Naidoo & Adamowicz, 2006). En regiones tropicales en vías de desarrollo es usual que durante la búsqueda de nuevas reservas los costos económicos no sean incorporados o reciban menos atención en comparación con los aspectos biológicos, lo que compromete la factibilidad y eficiencia de la propuesta (Carwardine *et al.*, 2008). Casualmente, es en estas regiones donde es más urgente buscar áreas prioritarias eficientes en términos económicos, ya que en ellas existe una gran biodiversidad por proteger, fuerte presión humana por los recursos naturales y pocos fondos destinados a la conservación (Ban *et al.*, 2009).

Diferentes tipos de costos pueden ser estimados en relación a la conservación de áreas. Los costos de manejo hacen referencia a los gastos necesarios para establecer y mantener un área protegida (Naidoo *et al.*, 2006), como por ejemplo gastos de personal (salarios, entrenamiento) o costos operativos (gasolina, mantenimiento de infraestructura, equipamiento, entre otros) (Balmford *et al.*, 2004; Bruner *et al.*, 2004). De igual manera, es importante considerar los ingresos o beneficios que se obtendrían por actividades económicas alternativas si no se estableciera una reserva, lo que se conoce como costos de oportunidad (Klein *et al.*, 2008; Naidoo *et al.*, 2006).

Estudios previos que han llenado vacíos de información sobre estos tipos de costos pueden constituir puntos de partida para incluir aspectos económicos en la búsqueda de áreas prioritarias en la Amazonía occidental. Por ejemplo, los costos de manejo de áreas protegidas a nivel global han sido modelados en función del tamaño de las reservas,

del nivel de intervención humana y de indicadores económicos para los países, entre otras variables (Balmford *et al.*, 2003; Balmford *et al.*, 2004; Ban *et al.*, 2011; Bruner *et al.*, 2004; Frazee *et al.*, 2003; Moore *et al.*, 2004). Estudios similares podrían llevarse a cabo para la Amazonía occidental, con información pormenorizada sobre características espaciales y de ubicación de las reservas, para luego proyectar estos costos al resto del área de interés. Por otra parte, datos sobre los costos de oportunidad para agricultura y ganadería generados a nivel mundial (Naidoo & Iwamura, 2007) podrían adaptarse con información sobre cambios recientes en la accesibilidad de la región, un aspecto que suele influir en la rentabilidad económica de los sitios (Josse *et al.*, 2013).

Con información disponible de este tipo sobre costos económicos es posible diseñar una propuesta de áreas protegidas de una alta relación costo-efectividad, en la que se incluya una elevada representatividad de las especies al menor costo posible. Para generar esta propuesta de manera objetiva sería necesario aplicar una serie de pasos establecidos en la planificación sistemática de la conservación (Groves *et al.*, 2002; Margules & Pressey, 2000): 1) selección y recopilación de información espacial sobre las especies de interés para la conservación, 2) construcción de mapas de la distribución geográfica de cada una de ellas, 3) establecimiento de metas cuantitativas de conservación para cada especie, 4) evaluación del cumplimiento de dichas metas en la red de áreas protegidas actuales, 5) estimación de la variabilidad de costos económicos de conservación en la región, 6) identificación de áreas prioritarias que cumplan con las metas de conservación al menor costo posible, y 7) priorización de las áreas identificadas.

Sin embargo, a pesar del establecimiento de estos pasos que guían la identificación objetiva de áreas prioritarias, decidir qué proteger en la Amazonía continúa siendo una tarea compleja. En esta región existe una gran diversidad de especies, las cuales pueden presentar diferentes retos y necesidades de conservación. También concurren distintas figuras como territorios indígenas y bloques petroleros, cuyas ventajas y desventajas

de inclusión en áreas protegidas son comúnmente discutidas. Por otra parte, cada país que forma parte de la Amazonía occidental suele gestionar sus reservas de manera independiente, aunque estudios han determinado que una coordinación internacional en los objetivos de conservación y manejo de las reservas sería mucho más eficiente en términos económicos (Kark, Levin, Grantham & Possingham, 2009). Dadas estas complejidades, es importante comparar el costo-efectividad de diferentes escenarios de áreas prioritarias, en los que se varíen las especies por proteger, la inclusión de territorios especiales y la existencia de colaboración internacional.

Una propuesta de áreas prioritarias generada bajo los pasos y escenarios descritos será un insumo valioso para promover la conservación de áreas en la Amazonía occidental. Aunque ya existen diversos estudios a nivel mundial sobre prioridades de conservación (Myers *et al.*, 2000; Olson & Dinerstein, 1998; Rodrigues, Akçakaya, *et al.*, 2004), estas aproximaciones globales difícilmente brindan información detallada y puntual para guiar el establecimiento de nuevas áreas protegidas a nivel regional. Por otra parte, existen estudios a menor escala (Meng *et al.*, 2011; Soares-Filho *et al.*, 2006) pero que no ofrecen una comparación general sobre las oportunidades de conservación teniendo en cuenta los costos económicos. Por lo tanto, el presente trabajo constituye un enfoque integral, biológico y económico para la búsqueda de áreas prioritarias en una de las regiones más biodiversas del mundo, y que puede servir de guía para la conservación de áreas en otras regiones en vías de desarrollo.

Objetivo general

Identificar áreas prioritarias para la conservación que impliquen los menores costos económicos posibles y que permitan incrementar la diversidad de especies protegidas en la Amazonía de Colombia, Ecuador y Perú.

Objetivos específicos

- Estimar la variabilidad de costos económicos relacionados con la conservación de áreas en la Amazonía occidental, aplicando una metodología que pueda ser replicada en otras regiones altamente biodiversas y en vías de desarrollo.
- Evaluar la relevancia de distintos aspectos como: especies indicadoras (tipo y cantidad), inclusión de territorios especiales y escala de trabajo (regional o nacional), en el proceso de diseño de áreas protegidas y de sus costos de conservación.



Métodos

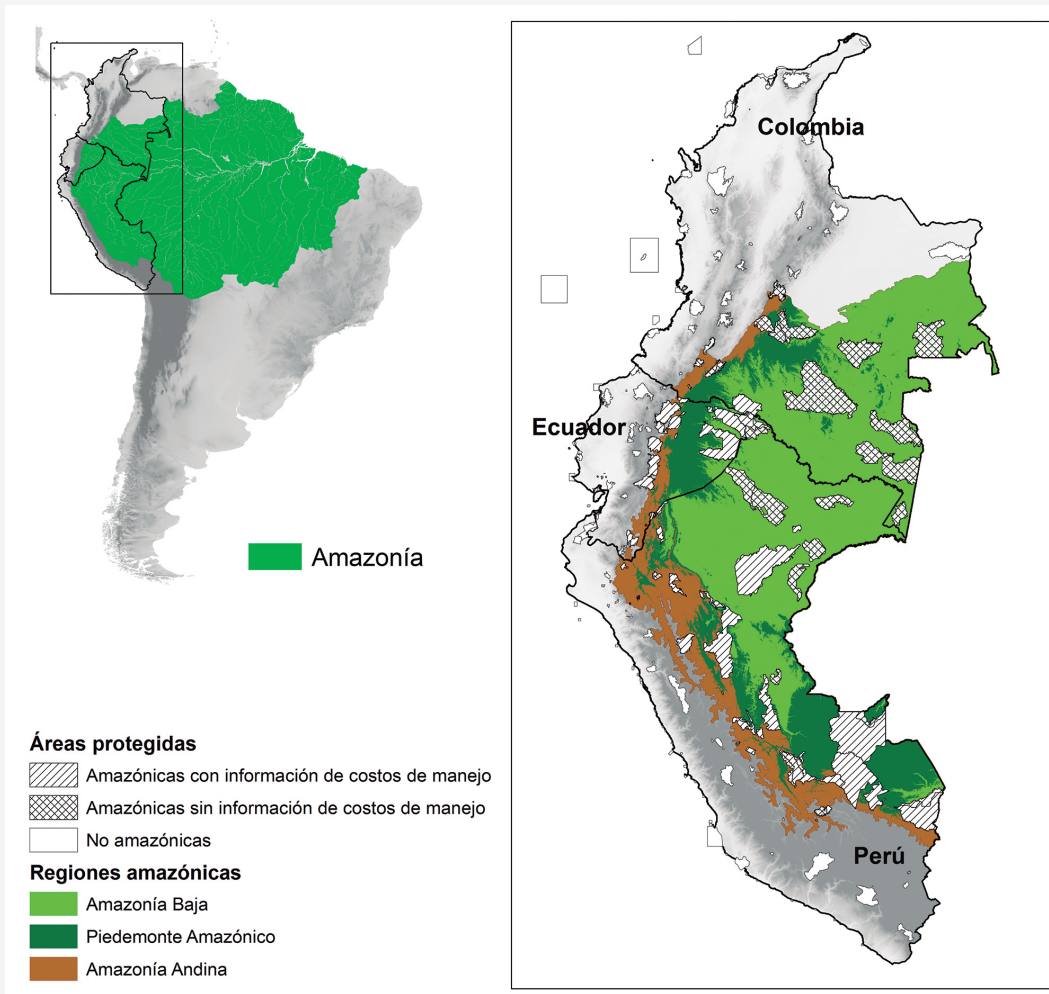
ÁREA DE ESTUDIO

La Amazonía occidental estudiada en este proyecto incluye a los países de Colombia, Ecuador y Perú (Figura 1), cuyos límites geográficos fueron definidos usando los siguientes criterios biogeográficos oficiales, no comunes entre los tres países:

- **Amazonía colombiana:** extensión de la cuenca hidrográfica amazónica y los bosques que limitan al norte con las sabanas de la Orinoquía (SIAT-AC, 2014).
- **Amazonía ecuatoriana:** por debajo de los 1.300 metros de elevación en las estribaciones orientales de los Andes (Sierra, 1999).
- **Amazonía peruana:** por debajo de los 3.600 metros de elevación dentro de la cuenca hidrográfica del Amazonas (RAISG, 2012).

Sobre la base de esta limitación, la Amazonía occidental posee 1.414.641 km² y ocupa un 43% de la superficie de Colombia, 38% de Ecuador y 63% de Perú. Esta región puede ser clasificada en tres subregiones de acuerdo a la elevación (Hoekstra *et al.*, 2010): Amazonía Baja (< 250 metros), Piedemonte Amazónico (250-800 metros) y Amazonía Andina (> 800 metros).

Actualmente existen 67 áreas protegidas estatales y regionales amazónicas, las cuales tienen parte o la totalidad de su extensión en la Amazonía occidental: 18 en Colombia, 13 en Ecuador y 36 en Perú (Figura 1). Estas áreas protegidas ocupan 20% (287.412 km²) de la región y, a su vez, cada uno de los tres países tiene una proporción de su extensión protegida similar al 20% (Tabla 1). En cuanto a las subregiones, el Piedemonte Amazónico presenta un 24% de su extensión protegida, la Amazonía Andina un 20% y la Amazonía Baja un 19% (Tabla 1).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Amazonía occidental en Colombia, Ecuador y Perú. Se presentan las áreas protegidas actuales nacionales y regionales, haciendo distinción entre aquellas que tienen información disponible sobre estimaciones de costos de manejo.

Tabla 1. Extensión y porcentajes que ocupan las áreas protegidas actuales y las áreas prioritarias identificadas en cada una de las regiones y países que conforman la Amazonía occidental.

Zona de estudio	Extensión	Extensión actualmente protegida	Extensión de áreas prioritarias	Extensión actualmente protegida y áreas prioritarias
Amazonia Baja	838.720 km ²	155.546 km ² (19%)	88.486 km ² (11%)	244.032 (29%)
Piedemonte Amazónico	343.156 km ²	82.364 km ² (24%)	47.055 km ² (14%)	129.419 (38%)
Amazonía Andina	232.855 km ²	49.501 km ² (20%)	78.081 km ² (34%)	127.582 (54%)
Colombia	496.461 km ²	92.864 km ² (19%)	70.381 km ² (14%)	163.245 (33%)
Ecuador	101.988 km ²	19.822 km ² (19%)	23.083 km ² (23%)	42.905 (42%)
Perú	816.281 km ²	174.726 km ² (21%)	120.159 km ² (15%)	294.885 (36%)
Amazonía occidental (Total)	1.414.731 km ²	287.412 km ² (20%)	213.622 km ² (15%)	501.034 (35%)

ESPECIES COMO OBJETOS DE CONSERVACIÓN

El propósito de la búsqueda de áreas prioritarias es incrementar la representatividad de las especies bajo protección. Para ello se seleccionaron a anfibios, aves, mamíferos, reptiles y plantas terrestres como indicadores de la diversidad de especies, ya que son los grupos con inventarios biológicos más completos y disponibles a lo largo de la Amazonía occidental. Para estos grupos se colectó la mayor información posible sobre registros de especies georreferenciados, provenientes de bases de datos de museos disponibles en la red (Portal de datos de GBIF, 2014; Portal de datos Vertnet, 2014), libros y artículos científicos. En total, se logró reunir información para 2.428 especies (Anexo 1)¹: 1.454 aves, 132 mamíferos, 327 anfibios, 219 reptiles y 296 plantas. Dentro de este conjunto se encuentran especies en peligro de extinción, especies fuera de peligro de extinción, especies endémicas y especies de distribución amplia.

ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES

Para estimar la distribución geográfica de las especies, se emplearon modelos de distribución de especies (MDE), los cuales, a partir de datos reales de presencia de especies, permiten inferir la ubicación de zonas potencialmente idóneas en función de las características ambientales (Guisan & Zimmermann, 2000; Mateo, 2008). Los MDE fueron contruidos con base en los registros georreferenciados de las especies y en las 11 variables

¹ El anexo se encuentra disponible para descarga en la página: http://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-files/Anexo1_27_feb.xlsx

bioclimáticas de Worldclim 1.4 (bio_01, bio_02, bio_04, bio_05, bio_06, bio_07, bio_10, bio_11, bio_12, bio_13, bio_16), las cuales brindan información referente a la precipitación y temperatura (Hijmans *et al.*, 2005). Los MDE para cada una de las especies fueron desarrollados con el programa Maxent 3.3.3e (Phillips *et al.*, 2006), manteniendo los parámetros establecidos por dicho programa: umbral de convergencia=10-5, iteraciones máximas=500, valor β de regularización=auto. Para disminuir el efecto del sesgo de muestreo que existe en los datos de las especies hacia zonas más accesibles de la Amazonía occidental, se emplearon como pseudo-ausencias (*background*) todos los registros de presencia de las especies (Phillips *et al.*, 2009). Finalmente, los MDE con valores de área bajo la curva (AUC) mayores a 0,75 fueron considerados como fiables para ser empleados en este trabajo (Elith & Leathwick, 2007).

En los MDE resultantes de Maxent, las celdas que presentan las condiciones más idóneas para la especie tienen un valor de 1, mientras que los valores próximos a 0 indican condiciones inadecuadas para el desarrollo de la especie. Por ello, los MDE para cada especie fueron clasificados en mapas de presencia y ausencia (1 y 0), a través de la aplicación del umbral Maximum Training Sensitivity plus Specificity de Maxent. Estos mapas resultantes indican la presencia y ausencia potencial de las especies según las condiciones climáticas concurrentes. En algunos casos es posible que dichos modelos generen falsas presencias de especies (errores de comisión), lo que puede conducir finalmente a un diseño de áreas prioritarias menos representativo de la biodiversidad (Carvalho *et al.*, 2010). Sin embargo, otro tipo de información disponible sobre la distribución de las especies en áreas tropicales, como puntos de observación o rangos geográficos, usualmente producen más errores (falsas ausencias y falsas presencias, respectivamente) (Rondinini *et al.*, 2005). Así, a pesar de estas limitaciones, se recomienda el modelado de distribución espacial sobre otros enfoques para la búsqueda de áreas prioritarias en regiones tropicales (Bombi *et al.*, 2011).

Finalmente, con fines descriptivos, se construyeron mapas de riqueza de especies para la Amazonía occidental, los cuales muestran el número de especies por 1km². Estos mapas se elaboraron mediante la suma de todos los MDE obtenidos (Guisan & Rahbek, 2011), para todas las especies y para cada grupo por separado (anfibios, aves, mamíferos, reptiles y plantas).

METAS DE CONSERVACIÓN PARA LAS ESPECIES

La identificación de áreas prioritarias requiere definir, para cada una de las especies, una meta de conservación que indique qué proporción de su área de distribución geográfica se debe proteger o estar contenida dentro de las áreas protegidas. En este estudio las metas fueron establecidas sobre la base de un ejercicio de priorización para la conservación de especies, en el que se consideró el riesgo de extinción de cada una de ellas (IUCN, 2014) y su distribución o extensión geográfica (obtenida de los MDE). Específicamente, las metas de conservación variaron entre un 5% y un 50% del área de distribución por proteger para especies categorizadas como fuera de peligro (LC), casi amenazadas (NT), con información insuficiente (DD) o no evaluadas (NE). Para las especies incluidas dentro de alguna categoría de amenaza como en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) las metas podían alcanzar hasta un 75% de su distribución. Dichas metas se escalaron linealmente de acuerdo al área de distribución: especies con una extensión mayor a 200.000 km² recibían las menores metas de conservación (5%), mientras que aquellas con menos de 2.000 km² recibían la máxima meta (50% o 75% dependiendo del grado de amenaza). Por lo tanto, las especies amenazadas y restringidas, que son las más proclives a extinguirse (Purvis *et al.*, 2000; Rodrigues, Andelman, *et al.*, 2004), obtuvieron las metas de conservación más altas (Figura 2).

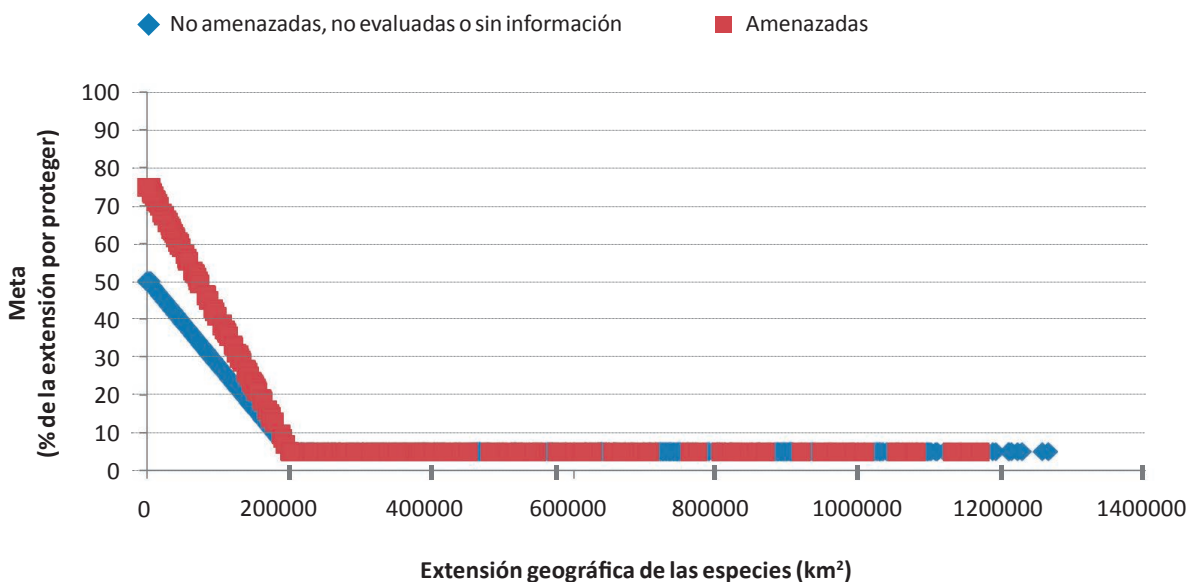


Figura 2. Metas de conservación de especies. Para cada una de las especies las metas se establecieron en relación a su extensión geográfica y a su categorización como amenazadas (CR, EN, VU) o como no amenazadas, sin información o no evaluadas (LC, DD, NT, NE).

VACÍOS DE CONSERVACIÓN EN LA RED ACTUAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

Se evaluó en qué medida se alcanzan las metas de conservación establecidas para cada una de las especies en las áreas protegidas de la Amazonía occidental, para de esta forma determinar las deficiencias y necesidades del sistema actual de reservas (Dudley & Parish, 2006). Para ello, se calculó qué proporción de los MDE de cada una de las especies se halla dentro de las áreas protegidas. En función de este cálculo se identificaron las

especies adecuadamente representadas (que tienen las metas cumplidas) y las que están insuficientemente protegidas (no tienen cumplida su meta de conservación correspondiente). Finalmente, sumando los mapas de distribución geográfica de las especies insuficientemente protegidas, se obtuvo un mapa de riqueza para detectar dónde se concentran los mayores vacíos de conservación en la región.

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANEJO

Se obtuvo información sobre costos de manejo en áreas protegidas actuales para Colombia (Londoño, 2013), Ecuador (Galindo *et al.*, 2005) y Perú (León, 2005). Estos costos están estimados en dos escenarios: manejo básico y manejo óptimo. El primero implica llevar a cabo las prácticas mínimas necesarias para garantizar la integridad y el funcionamiento de las áreas protegidas. En cambio, el manejo óptimo incluye la implementación de una amplia gama de actividades que respondan al cumplimiento de todos los objetivos de las áreas protegidas, como por ejemplo educación ambiental, investigación, etc., y por lo tanto conlleva mayores costos que el manejo básico. De las 188 áreas protegidas estatales y regionales existentes en los tres países estudiados, 81 tienen estimaciones específicas sobre los costos de manejo básico y óptimo, siendo 44 de ellas amazónicas: 2 de Colombia, 11 de Ecuador y 31 de Perú (Figura 1, Anexo 2). Para este estudio, los costos de manejo son expresados en costos anuales por unidad de área (US\$/año, km²) actualizados para el año 2013, usando como factor de corrección de inflación el Cumulative Rate of Inflation Index (COIN NEWS, 2014).

Con esta información se construyeron modelos que expliquen la variación de los costos de manejo en áreas protegidas actuales, basados en las características de dichas áreas. La variable dependiente en estos modelos es el costo de manejo (US\$/año, km²) básico y

óptimo de cada una de las áreas protegidas. Las variables independientes corresponden a dos categorías: variables de configuración y variables de contexto (Tabla 2). Las variables de configuración hacen referencia al diseño particular de cada área protegida, como el tamaño, forma (relación perímetro/área), tipo de uso de los recursos y años transcurridos desde su creación. Las variables de contexto corresponden a las características espaciales de las zonas en las que se ubican las áreas protegidas: inaccesibilidad, densidad poblacional, intervención humana, distancia a la zona urbana más cercana, promedio de deforestación, perímetro bajo intervención humana, distancia a la reserva más cercana, distancia al poblado más cercano, pendiente promedio de la reserva, ubicación en territorios indígenas y bloques petroleros, y el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita a valores de paridad de poder adquisitivo (PPA) del país correspondiente.

Tabla 2. Variables independientes empleadas para analizar la variación de costos de manejo básico y óptimo de las áreas protegidas de la Amazonía occidental.

	Variable	Transformación	Hipótesis de relación con costos
Configuración			
1	Área (km ²)	$\text{Log}_{10} X$	Áreas protegidas de gran tamaño suelen operar con menor presupuesto por unidad de área en comparación a reservas más pequeñas (Bruner <i>et al.</i> , 2004).
2	Relación perímetro/área de la reserva	$1/(\text{raíz cuadrada } X + 1)$	Mientras más compleja (mayor relación perímetro/área) sea la forma de una reserva es probable que existan mayores requerimientos en manejo y por lo tanto costos de manejo más altos (Frazee <i>et al.</i> , 2003).
3	Usos múltiples de la reserva (0: no, 1: sí)	-	El tipo de manejo puede tener una fuerte influencia en los costos (Bruner <i>et al.</i> , 2004). Reservas de protección estricta (I-IV IUCN) podrían implicar mayores costos por vigilancia que reservas de uso (V, VI, IUCN).
4	Años transcurridos desde la creación de la reserva	Raíz cuadrada X	Reservas más recientes podrían necesitar mayor presupuesto para su consolidación (Ban <i>et al.</i> , 2011).
Contexto			
5	Inaccesibilidad promedio de la reserva (minutos de viaje desde la ciudad más cercana)	Raíz cuadrada X	Áreas protegidas con menor accesibilidad podrían ser menos vulnerables a actividades humanas y por lo tanto podrían tener menores costos para su protección.
6	Densidad poblacional promedio de la reserva (habitantes/km ²)	$\text{Log}_{10} (X+1)$	Áreas protegidas en zonas altamente pobladas podrían tener mayores costos de manejo debido a mayor presión y vulnerabilidad (Balmford <i>et al.</i> , 2003).
7	Intervención humana (IH) promedio de la reserva (1-100)	Normal sin transformar	Balmford <i>et al.</i> (2003) encuentran que las áreas protegidas en zonas menos influenciadas por actividades humanas requieren menores costos de manejo.

	Variable	Transformación	Hipótesis de relación con costos
8	Distancia promedio de una reserva a la zona urbana más cercana (km)	$\text{Log}_{10} X$	Las zonas urbanas pueden ser fuentes de presión por recursos para las áreas protegidas, implicando costos de manejo más altos.
9	Porcentaje de deforestación de la reserva	$1/(\text{raíz cuadrada } X + 1)$	Reservas con vegetación intervenida o deforestada deberían incluir programas de restauración, incrementando así los costos de manejo.
10	Perímetro de la reserva pesada con IH (1-100)	Normal sin transformar	Mientras las reservas tengan más perímetro bajo presión, se necesitará mayor vigilancia y costos de manejo más elevados.
11	Distancia de una reserva a la reserva más cercana (km)	Raíz cuadrada X	El desarrollo de reservas cercanas a otras ya existentes podría implicar menores costos de manejo, por la probable existencia de mayor apoyo de vigilancia en la zona, transporte compartido, etc.
12	Distancia promedio a poblados	$\text{Log}_{10} X$	Reservas más próximas a poblados pueden sufrir mayor presión de sus recursos naturales, implicando costos de manejo más altos para su protección.
13	Pendiente promedio de la reserva	Ninguna transformación mejoró su normalidad	Reservas con mayores pendientes podrían tener más complejidad en el manejo, incrementando los costos.
14	En territorios indígenas (0: no, 1: sí)	-	Los territorios indígenas pueden constituir un apoyo para la gestión y manejo, abaratando los costos.
15	Proporción de una reserva en bloque petrolero	Raíz cuadrada X	Reservas con actividades petroleras podrían tener más gastos para tratar los impactos ambientales de esta industria.
16	PIB per cápita, PPA	-	Estudios han determinado que países con mayor PIB tienen reservas más costosas de manejar (Balmford <i>et al.</i> , 2003).

Para realizar los modelos de regresión lineal fue necesario transformar las variables dependientes e independientes con el fin de mejorar la normalidad de sus datos (Tabla 2), y efectuar un análisis de correlación paramétrica de modo de asegurar que no existiera colinealidad entre las independientes. De este proceso, las variables perímetro bajo presión, relación perímetro/área y la distancia a zonas urbanas fueron eliminadas del análisis por tener una correlación significativa mayor a 0,80 con las variables intervención humana promedio, tamaño de la reserva e inaccesibilidad, respectivamente.

Paralelamente, para caracterizar a las áreas protegidas de la Amazonía, se realizaron ANOVAS en las cuales se compararon las medias de las variables independientes entre reservas amazónicas con aquellas no amazónicas. Asimismo, se efectuaron análisis de correlación paramétrica entre las variables explicativas y los costos de manejo básico y óptimo (para reservas amazónicas).

Se construyeron cuatro modelos de regresión lineal múltiple para explicar la variación de costos de manejo:

- 1. Modelo informativo para costo de manejo básico:** incluye todas las variables independientes (de configuración y contexto).
- 2. Modelo informativo para costo de manejo óptimo:** incluye todas las variables independientes (de configuración y contexto).
- 3. Modelo de proyección para costo de manejo básico:** incluye solo las variables de contexto.
- 4. Modelo de proyección para costo de manejo óptimo:** incluye solo las variables de contexto.

Los modelos de proyección fueron elaborados para generar los mapas de costos de manejo, y no incluyen variables de configuración ya que es no posible predecir el tamaño, año de creación y tipo de manejo de las nuevas reservas.

Para construir los modelos se probaron diferentes métodos de entradas como Forward Stepwise y Backward Stepwise. Se seleccionaron como mejores modelos a aquellos conformados por variables predictivas significativas, con el mejor valor de AIC (Criterio de Información Akaike) y BIC (Criterio de Información Bayesiano), y con la mayor capacidad explicativa (R^2). En el caso de los modelos de proyección, al no tener incluida la variable del área, su capacidad explicativa fue relativamente baja (ver Resultados). Por lo tanto, se evaluaron interacciones entre variables que por ser relevantes en los modelos previos y en la literatura podrían ser informativas, específicamente entre las variables inaccesibilidad, territorios indígenas, distancia a poblados y nivel de intervención humana. De estas interacciones, se escogieron aquellas que mejoraran el poder explicativo de los modelos y que se mantuvieran como significativas dentro de cada modelo.

Los mejores modelos de proyección (3 y 4) se emplearon para estimar o proyectar los costos de manejo potenciales en el resto del área de estudio, específicamente para cada celda de aproximadamente 1 km².

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPORTUNIDAD

Para estimar los costos de oportunidad en la Amazonía occidental se partió del mapa de costos de oportunidad de agricultura y ganadería realizado por Naidoo & Iwamura (2007), donde se presenta la rentabilidad económica bruta de cultivos y actividades ganaderas. Este mapa refleja los precios de cultivos en el mercado y no las ganancias netas percibidas por los productores. Por lo tanto, para obtener una aproximación más realista de los

costos de oportunidad, siguiendo a Busch *et al.* (2009) y a Strassburg *et al.* (2008) se usó un margen de ganancia del 15% para todos los tipos de cultivo. Las ganancias en Naidoo & Iwamura (2007) están calculadas para el 2005, por lo que fueron actualizadas para el valor correspondiente al año 2013 (COIN NEWS, 2014).

Las ganancias potenciales en agricultura y ganadería estimadas por Naidoo & Iwamura (2007) tampoco toman en cuenta la infraestructura vial y ríos navegables, aspectos que influyen en la probabilidad de que se desarrollen actividades agrícolas y, por lo tanto, en la rentabilidad (Josse *et al.*, 2013; Naidoo & Adamowicz, 2006). Para incluir el rol de la accesibilidad en la estimación de costos de oportunidad, se multiplicó la ganancia neta de la actividad agrícola (mapa modificado de costos de oportunidad) por la probabilidad de deforestación (entre 0 y 1). Esta probabilidad de deforestación o de transformación de bosques a actividades agrícolas considera aspectos como cercanía a diferentes categorías de vías, a poblados y ríos navegables (Soares-Filho *et al.*, 2006). De esta forma, zonas con una alta potencialidad agrícola y ganadera, pero con baja probabilidad de transformación por su inaccesibilidad, resultan con bajos costos de oportunidad.

ALGORITMO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

Para la identificación de áreas prioritarias representativas de la diversidad de especies y complementarias al sistema actual de reservas de la Amazonía occidental, se utilizó el programa Marxan (Ball *et al.*, 2009). El algoritmo empleado por Marxan selecciona un conjunto de unidades de planificación (UP) que cumplan con las metas de conservación predefinidas al menor valor de la función objetivo de Marxan. En nuestro estudio, las UP son celdas de 14 km² en las que se dividió a la Amazonía occidental.

La función objetivo del algoritmo de Marxan está definida por: (1) la suma de todos los costos individuales que poseen las UP seleccionadas, (2) la longitud de borde que tienen en conjunto las UP seleccionadas, y (3) una penalidad en el caso de que se incumplan las metas de conservación. Por lo tanto, para obtener un bajo valor en la función objetivo, Marxan selecciona UP del menor costo posible, que en conjunto generen poca longitud de borde (y por áreas más compactas y de mayor tamaño) y, finalmente, para evitar la penalización, que permitan alcanzar las metas de conservación de todas las especies.

En este estudio el costo de cada UP corresponde a la suma de los costos de manejo básico y de oportunidad, cuyos valores se obtuvieron en los mapas de costos elaborados previamente. Se utilizaron los costos de manejo básico en lugar del óptimo porque este último es un escenario más difícil de alcanzar en el contexto actual.

El parámetro de Marxan, Boundar y Length Modifier (BLM), se ajustó para generar áreas prioritarias de mayor tamaño y con alta conectividad entre sí, en lugar de reservas pequeñas y dispersas. Un sistema de este tipo es ventajoso para asegurar la dispersión y conectividad de las poblaciones de especies, a la vez que disminuye los costos de manejo de las áreas por identificar (ver Resultados). Adicionalmente, Marxan considera las proporciones de las distribuciones de las especies que ya están incluidas en las áreas protegidas actuales, por lo que las áreas prioritarias complementarían la protección del sistema actual. Por otra parte, UP que coincidían en zonas de alta intervención humana (índice >30), tales como grandes centros urbanos, fueron excluidas previamente de la solución de Marxan.

Una vez definidos estos parámetros, Marxan se ejecutó empleando el algoritmo de Templado Simulado seguido de Mejoramiento Iterativo con 100.000.000 iteraciones y 100 repeticiones o ejecuciones. Como resultado, Marxan muestra la solución o red de áreas prioritarias que de las 100 repeticiones logró el menor valor de la función objetivo, por lo que puede considerarse como una solución de alto costo-efectividad.

ESCENARIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

Para este estudio se llevaron a cabo reuniones informales en las que participaron actores clave, en diferentes localidades (Anexo 3). En estas reuniones se discutieron aspectos que influyen en el diseño de una propuesta de nuevas áreas protegidas. También se presentaron algunos resultados preliminares sobre los modelos de costos de manejo obtenidos. En general, los actores clave entrevistados comentaron que aún existe interés en incrementar la superficie protegida de la región, aunque los objetivos de conservación son variados (por ejemplo especies, ecosistemas, servicios ambientales, etc.). La conservación en territorios indígenas y bloques petroleros generó opiniones encontradas, debido a que su inclusión en áreas protegidas puede representar tanto dificultades como oportunidades. En los territorios indígenas es posible contar en algunos casos con apoyo por parte de las comunidades para la gestión, protección y manejo de reservas. Sin embargo, muchas de las figuras de protección estatal que actualmente existen no ofrecen una adecuada cogestión y participación de estas comunidades, por lo que muchas de ellas rechazan promover la protección de su territorio a través de áreas protegidas. En el caso de los bloques petroleros, algunos jefes de reservas destacan el apoyo logístico y monetario que las compañías petroleras ofrecen para el manejo de las áreas protegidas en las cuales operan. No obstante, los entrevistados también enfatizaron que los impactos negativos de esta industria en el ambiente son muchas veces notorios y superan a cualquier colaboración que puedan ofrecer dichas compañías para la conservación de reservas.

En vista de las disyuntivas presentadas en las discusiones, para el presente estudio se plantearon diferentes escenarios para la búsqueda de áreas prioritarias de conservación, en los que se variaron aspectos considerados relevantes para el diseño de áreas protegidas en la Amazonía occidental (Tabla 3). Estos escenarios fueron comparados en relación a los costos económicos, a la extensión necesaria por proteger y al cumplimiento de metas.

Primero se evaluó si la inclusión de la información de costos genera cambios en el diseño de las áreas prioritarias (Escenario 1) versus la suposición de que los costos son uniformes o no existe variabilidad especial en ellos (Escenario 2). También se examinaron las consecuencias de excluir de la búsqueda de las áreas prioritarias a los territorios indígenas (Escenario 3) y a los bloques petroleros (Escenario 4). Por último se estudió si la ausencia de una colaboración internacional en conservación incrementa los costos (Escenario 5); este último escenario supone que cada país buscará cumplir las metas para todas las especies en su propio territorio.

Tabla 3. Escenarios planteados para la búsqueda de áreas prioritarias en la Amazonía occidental.

Escenario	Costos de conservación	Exclusión	Colaboración internacional
1	Manejo básico y oportunidad	No	Sí
2	Uniforme (1.000 \$ / año, km ²)	No	Sí
3	Manejo básico y oportunidad	Territorios indígenas	Sí
4	Manejo básico y oportunidad	Bloques petroleros	Sí
5	Manejo básico y oportunidad	No	No

Del mismo modo fueron evaluadas las implicaciones de conservar diferentes grupos y número de especies en los costos y tamaño de la red de áreas prioritarias, incluyendo a tres tipos de especies:

- **Especies de distribución restringida:** un total de 231 especies con distribuciones geográficas menores a 50.000 km² (<3% de la Amazonía occidental).

- **Especies de distribución amplia:** un total de 396 especies con distribuciones geográficas mayores a 750.000 km² (>50% de la Amazonía occidental).
- **Especies amenazadas:** un total de 211 especies bajo las categorías: en peligro crítico, en peligro y vulnerable según la IUCN.

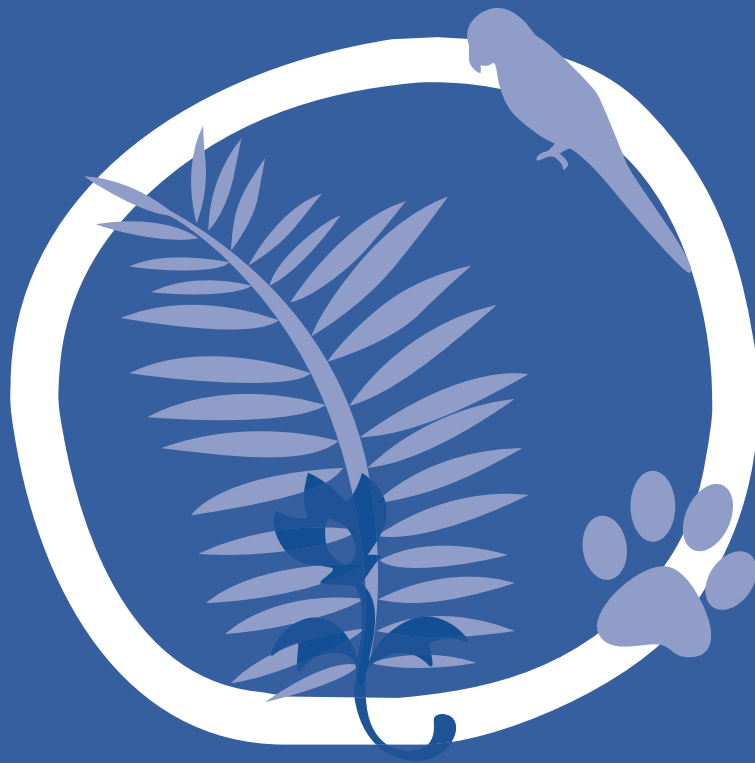
Para cada grupo de especies se realizaron varias ejecuciones de Marxan, añadiendo progresivamente 25 especies escogidas al azar (las escogidas en el set de las 25 primeras continúan seleccionadas para el set de 50, etc.). Con esta información, se construyeron curvas de acumulación de especies versus el costo de manejo y el tamaño total del conjunto de áreas prioritarias.

PROPUESTA FINAL DE ÁREAS PRIORITARIAS Y EFICIENCIA EN CONSERVACIÓN

A partir de las comparaciones entre escenarios, se escogió el más eficiente en términos de costos para construir una propuesta de áreas prioritarias en la Amazonía occidental. En el escenario escogido, las UP seleccionadas que estuviesen adyacentes entre sí fueron delimitadas como un área prioritaria particular. Para cada una de ellas, teniendo en cuenta su tamaño, se recalculó el costo de manejo básico empleando el modelo informativo, el cual pudo ser utilizado en la elaboración de un potencial presupuesto para el manejo de la red de áreas prioritarias, una vez definido el tamaño de cada área.

Finalmente, para la red de áreas prioritarias se realizó un análisis de eficiencia en protección de cada una de ellas, con el propósito de orientar a los tomadores de decisiones sobre qué proteger primero. Áreas prioritarias que impliquen menores costos y que contribuyan

al alcance de más metas se consideraron como de mayor eficiencia en conservación y, por lo tanto, como las mejores opciones para proteger primero. Específicamente, para cada área prioritaria se estimó cuánto contribuye al alcance de las metas (en porcentaje) de las especies identificadas como insuficientemente protegidas. Luego, la eficiencia en conservación se calculó como el costo total de protección (costo de manejo con el modelo informativo y costo de oportunidad) de cada área prioritaria, dividido por la contribución promedio para al alcance de las metas. La clasificación en cuatro categorías de eficiencia (muy alta, alta, media y baja) se hizo mediante el método “Natural Breaks”, que busca dividir los datos en clases, sobre la base de los grupos naturales en la distribución de dichos datos.



Resultados

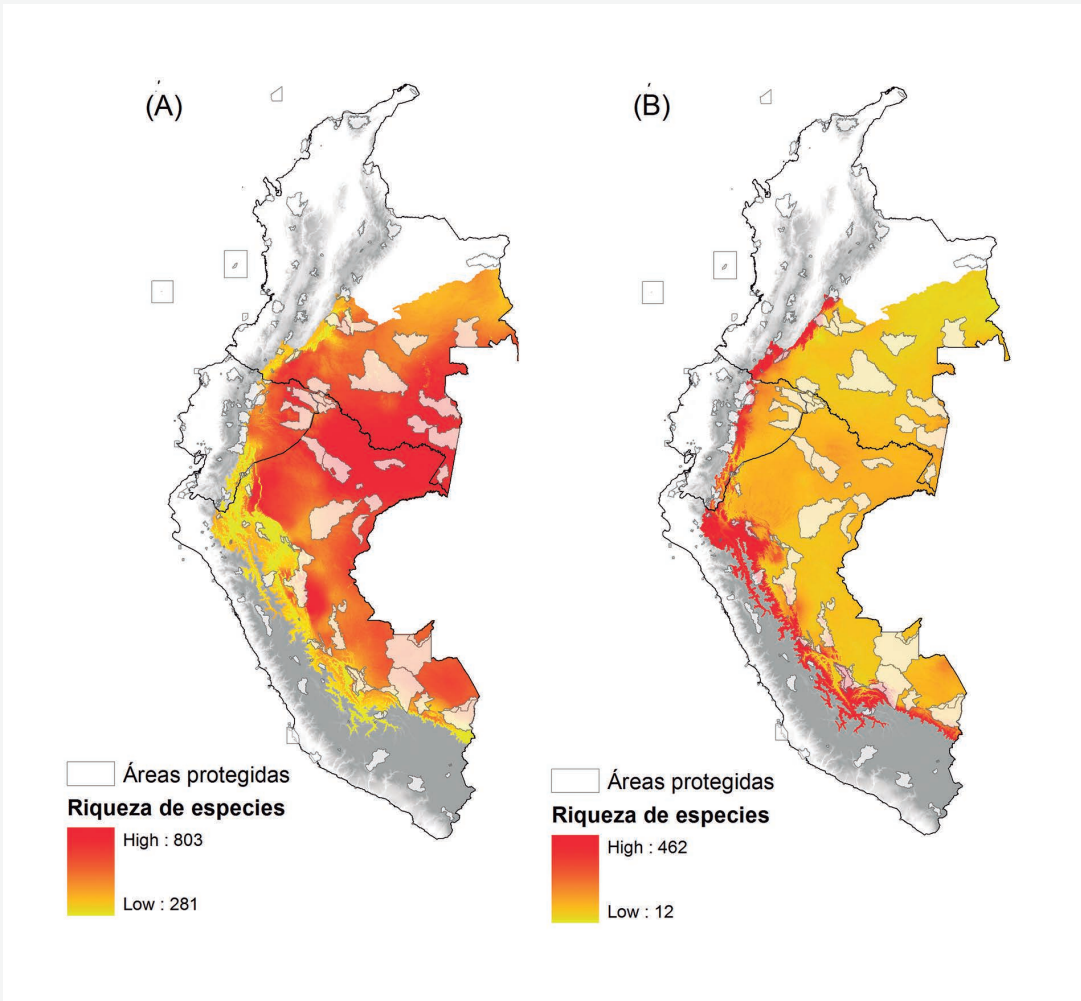
DIVERSIDAD DE ESPECIES Y VACÍOS DE CONSERVACIÓN EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS

A partir de los MDE se generaron mapas de riqueza en la Amazonía occidental. La mayor diversidad para todas las especies se ubica en la Amazonía Baja, y va decreciendo conforme se incrementa la elevación (Figura 3A). Este patrón de riqueza es similar al encontrado para las especies de anfibios, aves, mamíferos y reptiles. En el caso de las plantas se observa una alta riqueza tanto la Amazonía Baja como en zonas andinas, donde destacan importantes endemismos.

Con respecto a los vacíos de conservación, la red actual de áreas protegidas no logra cumplir la meta de conservación para el 27% de las especies evaluadas (Tabla 4). Los grupos de especies menos protegidos son los anfibios (30.6%) y las plantas (32.4%), mientras que para un 45% de las especies en peligro de extinción (CR, EN, VU) no se alcanzan las metas de conservación. El mapa de vacíos de conservación presenta una alta concentración de especies insuficientemente protegidas en la región Andino-Amazónica (Figura 3B).

Tabla 4. Cumplimiento de las metas de conservación fijadas para las especies en el sistema actual de áreas protegidas de la Amazonía occidental.

Grupo de especies	N° de especies	N° de especies con metas no alcanzadas
Anfibios	327	100 (30,6%)
Aves	1454	398 (27,4%)
Plantas	296	96 (32,4%)
Reptiles	219	38 (17,4%)
Mamíferos	132	19 (14,4%)
No amenazadas, sin información o no evaluadas (LC, DD, NT, NE)	2217	556 (25,1%)
Amenazadas (CR, EN, VU)	211	95 (45%)
Total	2428	651 (26,9%)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Riqueza de especies para la Amazonía occidental. Los mapas de riqueza se construyeron a partir de la suma de los modelos de distribución para (A) todas las especies, (B) las especies insuficientemente protegidas según las metas de conservación establecidas.

MAPAS DE COSTOS DE MANEJO Y DE OPORTUNIDAD

Los costos de manejo entre las diferentes reservas amazónicas varían desde 7,02 US\$/km² hasta 9.156,47 US\$/km² para el costo básico, y desde 10,61 US\$/km² hasta 12.896,61 US\$/km² para el costo óptimo. Sin embargo, las reservas de la Amazonía tienen menores costos de manejo básico ($F(1,79)=25,086$, $p<0,001$) y óptimo ($F(1,79)=28,151$, $p<0,001$), en comparación al resto de las reservas de los tres países. Adicionalmente, las áreas protegidas amazónicas son más grandes ($F(1,79)=27,622$, $p<0,001$), con menor densidad poblacional ($F(1,79)=12,990$, $p<0,01$), con menor intervención humana ($F(1,79)=44,864$, $p<0,001$), más inaccesibles ($F(1,79)=81.235$, $p<0.001$), más cerca de otras reservas ($F(1,79)=4,6702$, $p<0,05$), con mayor proporción en bloques petroleros ($F(1,79)=12,384$, $p<0,001$) y con menor proporción deforestada ($F(1,79)=7,6371$, $p<0,05$), que el resto de las áreas protegidas.

Según los análisis de correlación paramétrica entre las variables explicativas y los costos de manejo básico (para reservas amazónicas), existe mayor costo de manejo por unidad de área en aquellas reservas de menor tamaño ($r = -0,873$, $p<0$; Figura 4), con mayor densidad poblacional ($r = 0,561$, $p<0$), alto nivel de intervención humana ($r = 0,541$, $p<0$), más accesibles ($r = -0,621$, $p<0$), más distantes de otras reservas ($r = 0,485$, $p<0$), fuera de territorios indígenas ($r = 0,512$, $p<0$) y con mayor pendiente ($r = 0,496$, $p<0$).

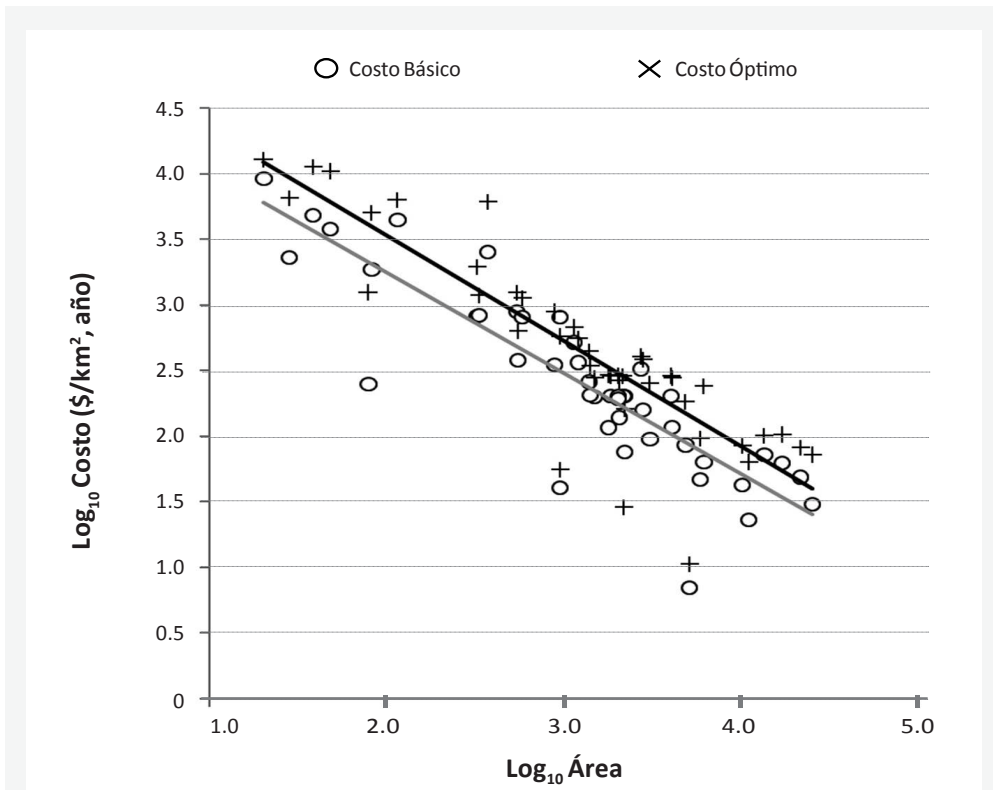
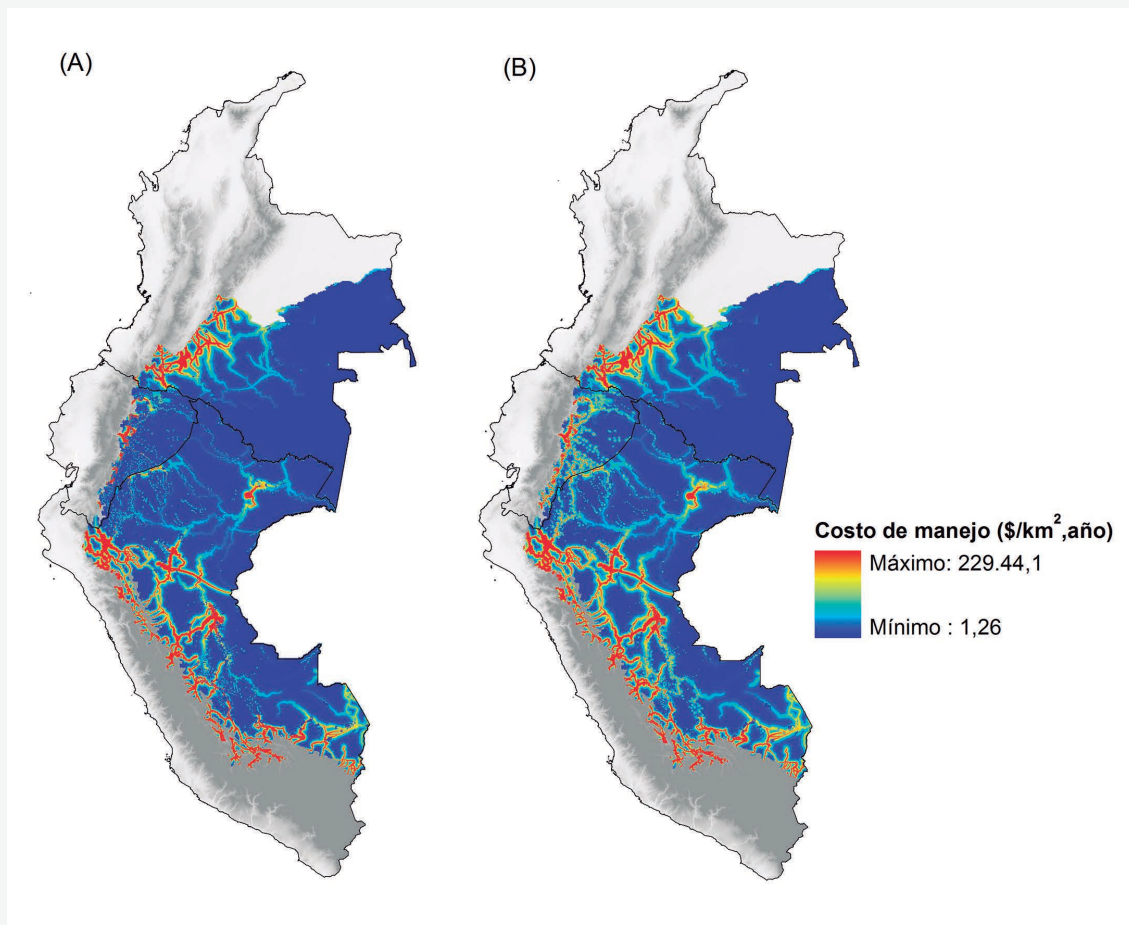


Figura 4. Relación entre el costo de manejo y el tamaño de las áreas protegidas. Se observa que el costo por unidad de áreas es menor para las reservas de mayor tamaño, tanto para el manejo básico como para el manejo óptimo.

Para los modelos informativos, la variable tamaño de la reserva es la que mejor explica los costos de manejo básico y óptimo (Tabla 5), seguida de los territorios indígenas. Estos modelos explican gran parte de la variabilidad de costos de manejo ($R^2 0,81$), e indican que reservas de mayor tamaño y en territorios indígenas tienen costos más bajos por unidad de área. Los modelos de proyección son menos explicativos ($R^2 0,65$) en comparación a los modelos informativos. Estos modelos de proyección sugieren que los costos de manejo son más bajos en zonas con mayor inaccesibilidad (variable más explicativa), en territorios indígenas, en territorios indígenas en zonas menos inaccesibles y en territorios indígenas distantes de poblados.

Tabla 5. Modelos de regresión lineal predictivos del costo de manejo básico y óptimo por unidad de área, para las áreas protegidas de la Amazonía occidental.

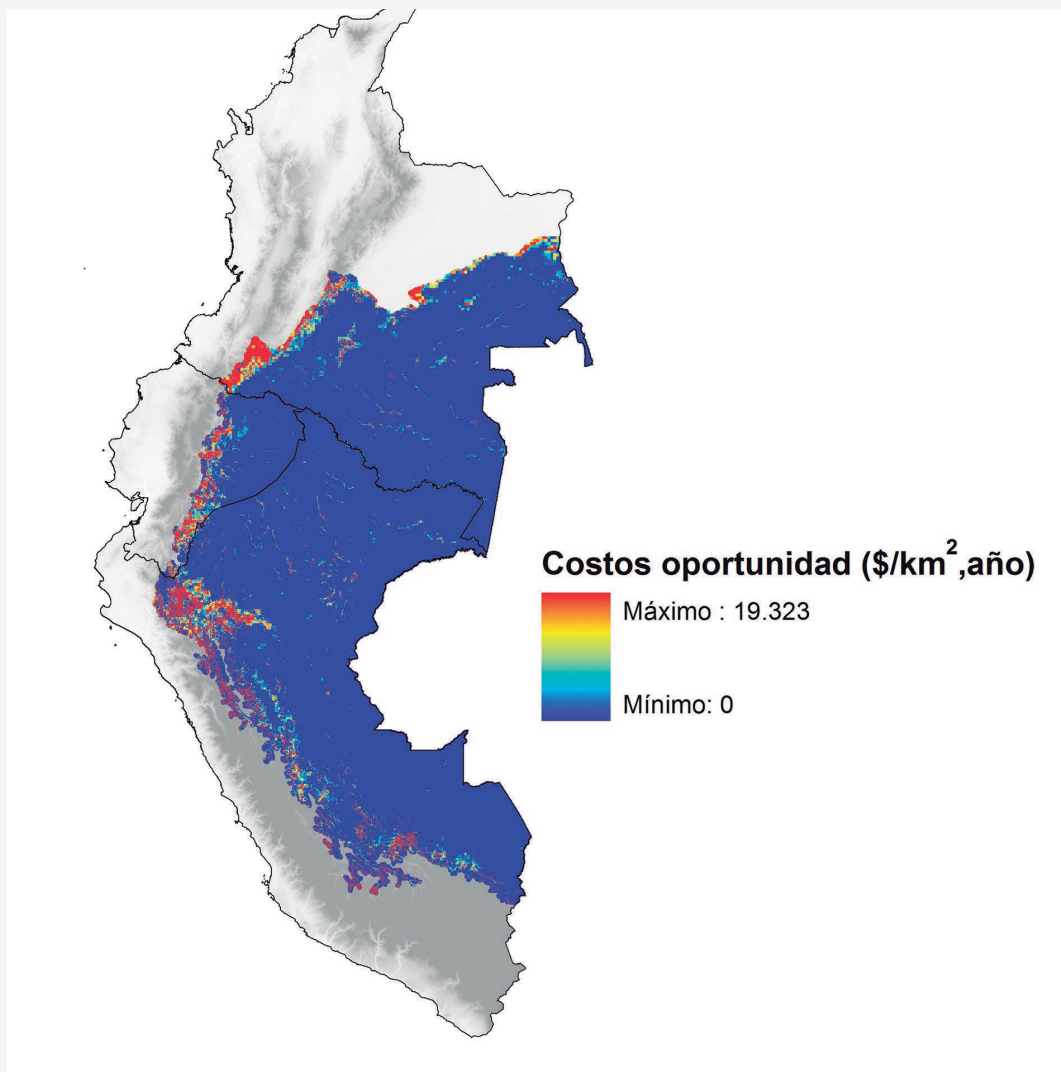
Tipo de análisis	Modelo				
Informativo	Variable	Coefficiente	Sig.	R² ajustado y P	
1) Log ₁₀ costo básico (US\$ año/km ²)	Intercepción	4,7871	<2,00E-16	R ² : 0,81 P<0,001	
	Log ₁₀ Área	-0,6959	1,37E-13		
	Territorio indígena	-0,3356	0,00281		
2) Log ₁₀ costo óptimo (US\$ año/km ²)	Intercepción	5,145	0,000	R ² : 0,81 P<0,001	
	Log ₁₀ Área	-0,727	0,000		
	Territorio indígena	-0,360	0,002		
Proyección	Variable	Coefficiente	Sig.		
	3) Log ₁₀ costo básico (US\$ año/km ²)	Intercepción	4,361	0,000	R ² : 0,65 P<0,001
		Inaccesibilidad	-0,047	0,000	
		Territorio indígena	-1,233	0,012	
		Inaccesibilidad x Territorio indígena	0,050	0,000	
Territorio indígena x Distancia a poblados		-0,898	0,001		
4) Log ₁₀ costo óptimo (US\$ año/km ²)	Intercepción	4,373	0,000	R ² : 0,65 P<0,001	
	Inaccesibilidad	-0,040	0,000		
	Inaccesibilidad x Territorio indígena	0,024	0,009		
	Territorio indígena x Distancia a poblados	-1,087	0,000		



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 5. Mapas de costos de manejo potencial en la Amazonía occidental. Los costos de manejo básico (A) y óptimo (B) por unidad de área se derivan de los modelos de regresión lineal que explican dichos costos en función de las características espaciales de las áreas protegidas.

Los modelos de proyección tanto para el costo de manejo básico (3) como para el óptimo (4) fueron proyectados en el área de estudio (Figura 5), observándose que las zonas de alta accesibilidad y en grandes centros urbanos, principalmente en la Amazonía Andina, constituyen los sitios potencialmente más costosos de manejar. Por otra parte, la combinación del mapa de costo de oportunidad y la probabilidad de deforestación revela que las mayores ganancias potenciales por agricultura y ganadería se darían nuevamente en la región Andino-Amazónica (Figura 6). Las zonas con una alta potencialidad agrícola pero con una baja probabilidad de deforestación, principalmente en zonas remotas de la Amazonía Baja, resultaron con costos de oportunidad bajos.

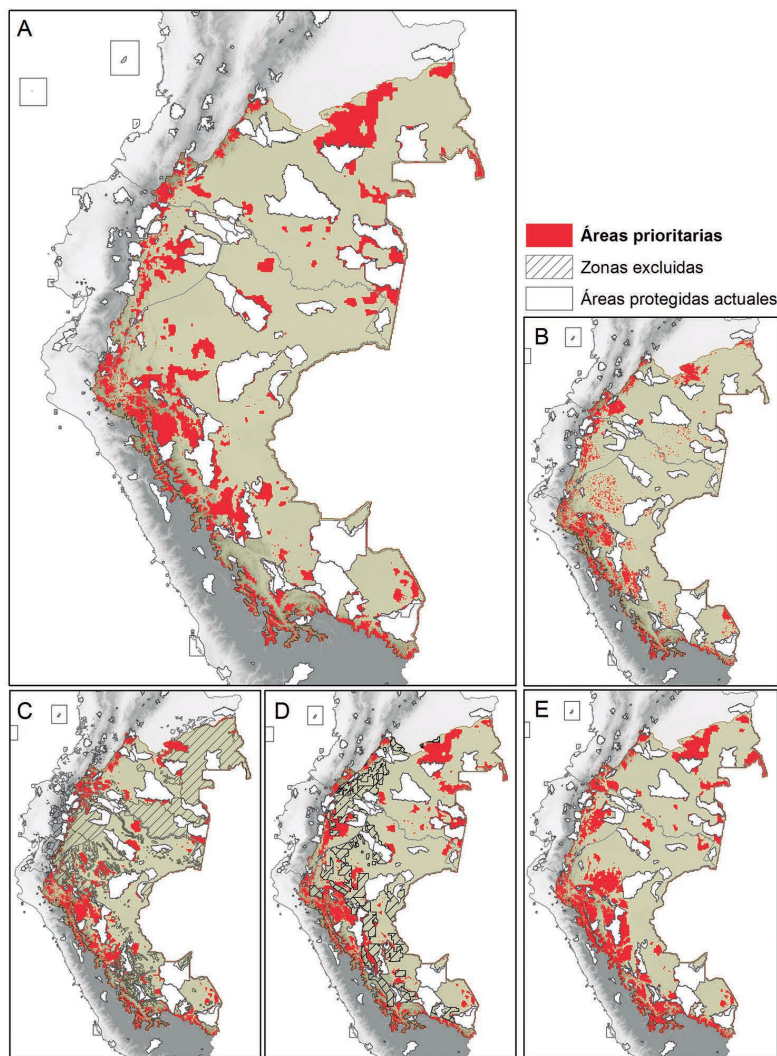


Fuente:Elaboración propia.

Figura 6. Mapa de costos de oportunidad para la agricultura y ganadería en la Amazonía occidental. Este mapa es el resultado de combinar información sobre la productividad de cultivos y ganadería, con la probabilidad de deforestación de la región.

ESCENARIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

Las áreas prioritarias identificadas en los cinco escenarios planteados fueron comparadas con respecto al área seleccionada y a los costos de conservación estimados (Figuras 7 y 8). El Escenario 1, en el que se buscaron áreas prioritarias teniendo en cuenta la información de costos, la colaboración internacional y todos los territorios, presentó el menor costo total y una extensión aproximadamente de 16% de la Amazonía occidental. El Escenario 2 representa el mismo ejercicio de establecer prioridades, aunque asumiendo costos uniformes a lo largo del área de estudio; en este escenario las áreas prioritarias tienen una menor extensión (~12% de la Amazonía occidental) pero se ubicaron principalmente en zonas con costos elevados, por lo que casi duplican los costos del Escenario 1. Cuando se excluyó a los territorios indígenas de la búsqueda (Escenario 3), el área escogida fue menor que en el Escenario 1 (~14% de la Amazonía occidental); sin embargo, dadas las limitadas opciones espaciales (33% del área de estudio excluida), se escogieron áreas ubicadas en zonas más costosas, lo que finalmente encareció la propuesta (32% más que en el Escenario 1). Por el contrario, en el Escenario 4, el cual excluye a los bloques petroleros, el incremento en los costos (12%) solo resultó un poco mayor que en el Escenario 1. Finalmente, bajo un supuesto de no colaboración internacional (Escenario 5), tanto el área como los costos de conservación son los más elevados de todos los escenarios evaluados (~23% de la Amazonía occidental, 105% más costosa que en el Escenario 1). El cumplimiento de las metas de conservación fue similar en todos los escenarios, siendo menor para los Escenarios 3 y 4, con 21 y 24 especies insuficientemente protegidas, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Áreas prioritarias identificadas en distintos escenarios de conservación. (A) El Escenario 1 incluye información sobre la variabilidad de costos de manejo básico y oportunidad, (B) el Escenario 2 supone costos uniformes, (C) el Escenario 3 excluye de la búsqueda a los territorios indígenas, (D) el Escenario 4 excluye a los bloques petroleros y (E) el Escenario 5 supone una ausencia de colaboración entre los tres países para el alcance de las metas.

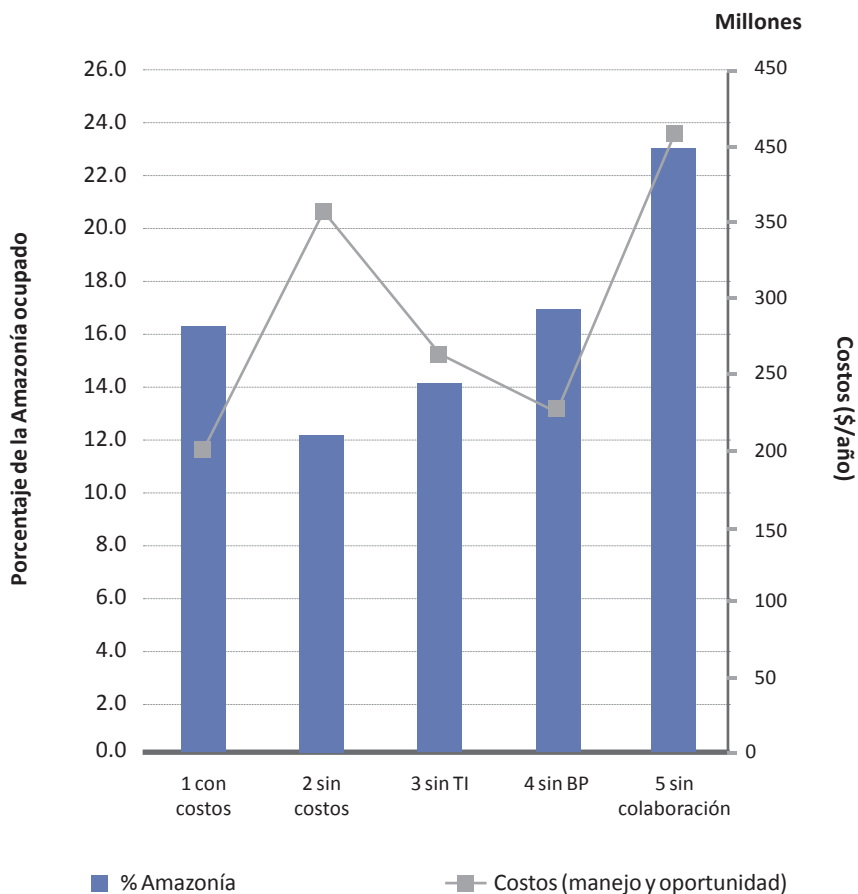


Figura 8. Comparación del costo y tamaño entre las áreas prioritarias identificadas en diferentes escenarios de conservación. En el Escenario 1 (con costos) se incluyó información sobre la variabilidad de costos de manejo básico y oportunidad, mientras que en el Escenario 2 (sin costos) se asumieron costos uniformes. En los escenarios 3 (sin TI) y 4 (sin BP) se excluyó de la búsqueda a los territorios indígenas y a los bloques petroleros, respectivamente. Finalmente, en el Escenario 5 (sin colaboración) se identificaron áreas prioritarias sin suponer una colaboración entre los tres países para el alcance de las metas.

También se evaluó la influencia del número y tipo de especies en los costos y extensión de las áreas prioritarias. Las especies amenazadas demandan mayores costos y más extensión para proteger el mismo número de especies con distribuciones restringidas (Figuras 9A y 9B). Específicamente, a medida que se agregan más especies a Marxan, los costos y extensión de las áreas prioritarias aumentan en estos dos grupos de especies (tendencia polinómica de segundo grado), aunque parecen estabilizarse en el caso de costos para las especies restringidas una vez incluido el 65% de ellas. Por el contrario, aquellas especies con distribuciones amplias necesitan costos mucho más bajos y menos extensión para conservar el mismo número de especies que las restringidas y amenazadas, y ambos aspectos se mantienen relativamente constantes a medida que se agregan más especies a la búsqueda de áreas prioritarias.

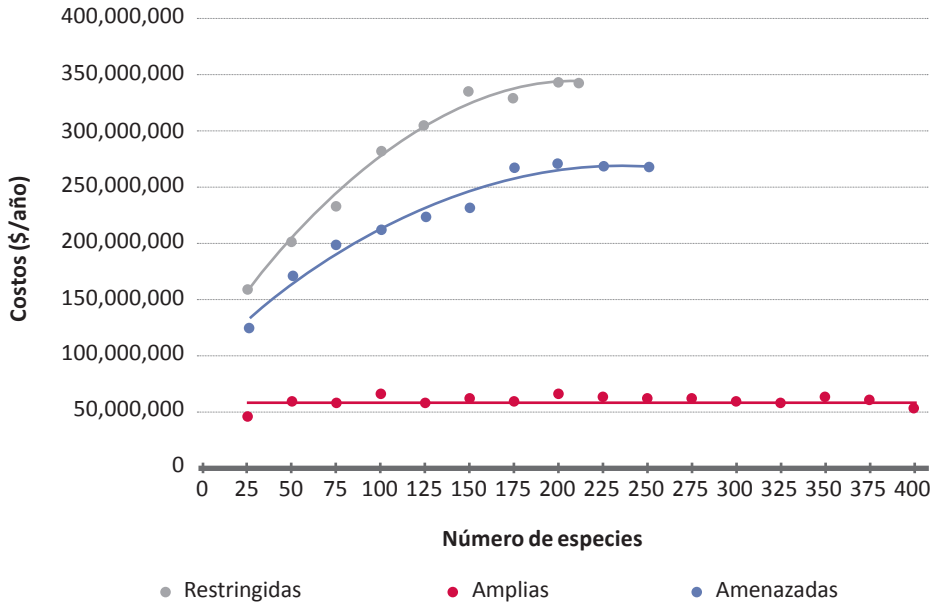
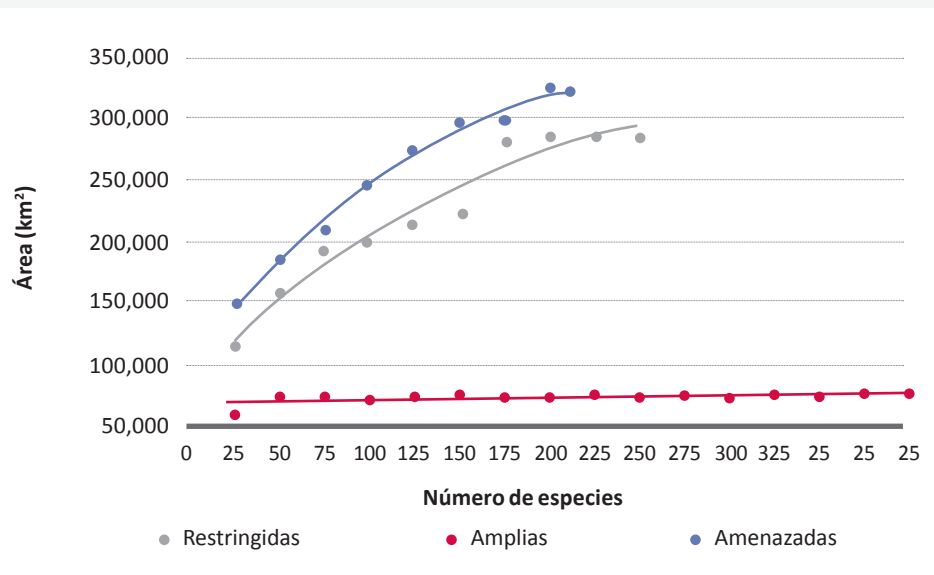
A**B**

Figura 9. Curva de acumulación de especies en la búsqueda de áreas prioritarias. Se muestra la relación entre el número y tipo de especies incluidos en cada búsqueda de áreas prioritarias con (A) el costo de conservación y (B) el tamaño de la red de las áreas prioritarias.

PROPUESTA FINAL DE ÁREAS PRIORITARIAS Y EFICIENCIA EN CONSERVACIÓN

Se escogió el Escenario 1 para definir una propuesta de red de áreas prioritarias para la Amazonía occidental, dada su mayor eficiencia en costos, y a que los demás supuestos (poder conservar dentro de territorios indígenas y bloques petroleros) fueron razonables. Esta red está conformada por 643 áreas prioritarias, logra alcanzar las metas de conservación definidas para un 99,7% de las especies y propone proteger un 16,3% de la Amazonía occidental (230.232 km²), adicional al 20% de la región que actualmente se encuentra bajo áreas protegidas.

Utilizando el modelo informativo de costos de manejo básico, se calculó el costo de cada una de las áreas prioritarias, resultando en 111.767.456 US\$/año para toda la red de áreas prioritarias. Por otra parte, el costo de oportunidad de esta red se estimó en 30.100.759 US\$/año. Sin embargo, 341 áreas prioritarias de las 643 identificadas son de pequeño tamaño (<30 km²) y en conjunto representan el 35% del costo total pero solo el 1,3% de la extensión de la red. Al excluir estas áreas pequeñas de la solución, el costo de manejo disminuye a 72.941.407 US\$/año y el costo de oportunidad a 28.554.336 US\$/año. Dado que el cumplimiento de las metas de conservación sin estas áreas pequeñas se mantiene relativamente alto (98% metas cumplidas), esta modificación de la selección hecha por Marxan parece una opción de mayor factibilidad económica. Sobre la base de esta modificación, la propuesta incluye 302 áreas prioritarias con un costo total aproximado de 101 millones de dólares anuales (Tabla 6), y con una extensión total de 224.245 km² que representa el 15% de la Amazonía occidental (Tabla 1). Esto implicaría que la propuesta de áreas prioritarias necesita para su protección ~450 US\$/año/km², considerando costos de manejo y costos de oportunidad.

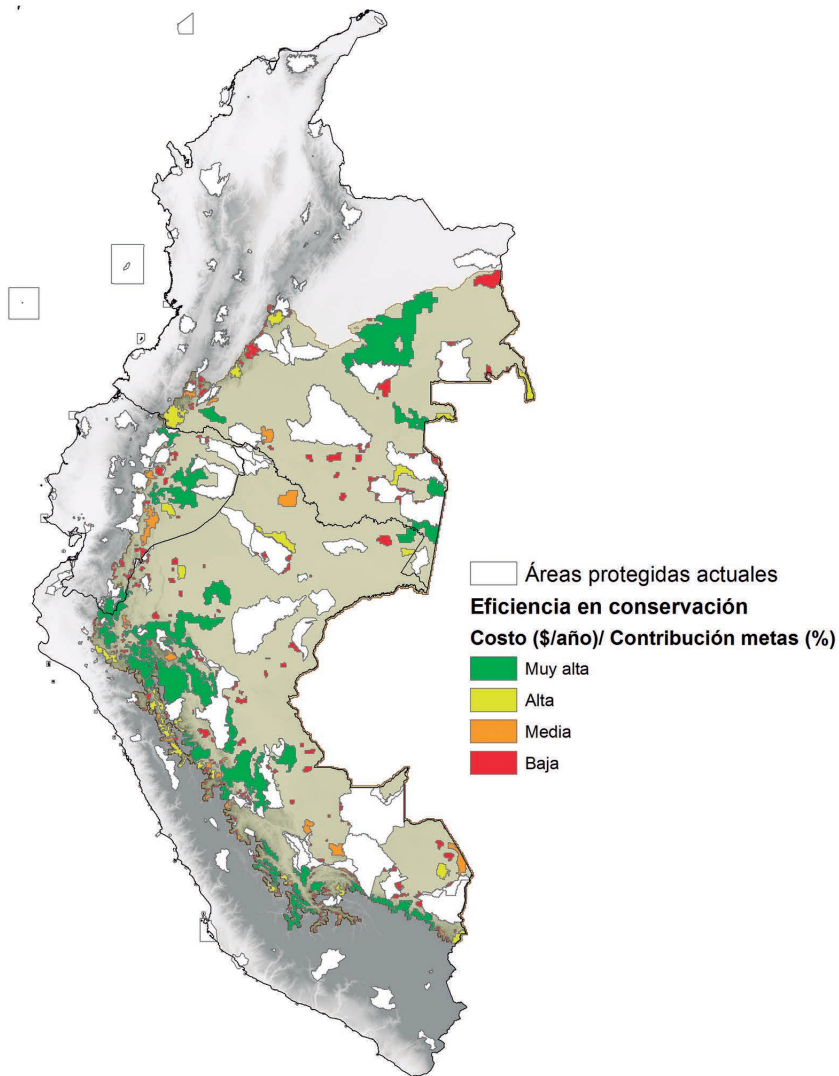
Aunque la mayor extensión de las áreas prioritarias se ubica en la Amazonía Baja, la Amazonía Andina es la subregión con mayor proporción de superficie bajo áreas

prioritarias (34%), seguida por el Piedemonte Amazónico (14%) y la Amazonía Baja (11%) (Tabla 1). A su vez, las áreas prioritarias representan 14% de la Amazonía de Colombia, 23% de Ecuador y 15% de Perú. Sin embargo, la mayor extensión de estas áreas se da en Perú; de esta forma, US\$ 23 millones del costo total determinado anteriormente corresponderían a Colombia, US\$ 9 millones a Ecuador y US\$ 69 millones a Perú, aproximadamente (Tabla 6).

Finalmente, según el análisis de eficiencia en conservación, las áreas prioritarias de mayor tamaño son las más eficientes, a pesar de sus costos elevados. Por lo tanto, su protección prioritaria sería recomendable (Figura 10).

Tabla 6. Costos de conservación de las áreas prioritarias identificadas para la Amazonía occidental.

País	Costos de manejo (US\$/año)	Costos de oportunidad (US\$/año)	Costo total (US\$/año)
Colombia	13.520.843	9.822.093	23.342.936
Ecuador	49.38.858	4.388.268	9.327.125
Perú	54.481.706	14.343.975	68.825.682
Total	72.941.407	28.554.336	101.495.743



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 10. Eficiencia en conservación de las áreas prioritarias. Esta eficiencia se calculó en relación al costo de cada una de las áreas prioritarias y su contribución al alcance de las metas.



Discusión

Muchos estudios han demostrado que cuando se analiza información espacial de costos para decidir qué áreas proteger, los objetivos de conservación pueden cumplirse de manera más económica (Adams, Segan, & Pressey, 2011). A pesar de esta importancia, son relativamente escasos los estudios de priorización para regiones en vías de desarrollo que incluyan costos (Armsworth, 2014). En este trabajo se realiza un especial esfuerzo por compilar y generar información espacial sobre la heterogeneidad de costos asociados con la conservación de áreas en la Amazonía occidental. Esta información fue analizada en varias ejecuciones de algoritmos de selección para optimizar el diseño de áreas protegidas. De esta forma, se logra presentar recomendaciones sobre dónde proteger la diversidad de especies de manera más eficiente en términos económicos.

LA VARIABILIDAD DE COSTOS DE CONSERVACIÓN DE ÁREAS EN LA AMAZONÍA OCCIDENTAL

Las organizaciones conservacionistas incurren en diferentes tipos de costos cuando se trata de proteger la biodiversidad por medio de áreas protegidas (Armsworth, Cantú-Salazar, Parnell, Davies, & Stoneman, 2011; Naidoo *et al.*, 2006). No obstante, la mayoría de estudios sobre priorización suelen estimar un solo costo, especialmente el relacionado a la adquisición de tierras para la conservación (Armsworth, 2014). En cambio, en el presente trabajo han sido evaluados tanto los costos de manejo de las potenciales áreas protegidas como los costos de oportunidad por actividades agropecuarias.

Las áreas protegidas amazónicas actuales tienen costos de manejo básico y óptimo más bajos en comparación con otras regiones de Colombia, Ecuador y Perú, lo que representa buenas oportunidades de conservación de áreas para la Amazonía occidental. No obstante, entre estas áreas protegidas aún existe una gran variabilidad de costos de manejo. Estos

costos más bajos guardan relación (análisis de correlaciones) con menores niveles de intervención humana, densidad poblacional, deforestación y accesibilidad, que también caracterizan a estas reservas amazónicas.

La variabilidad de costos ha sido asimismo explicada en esta investigación mediante modelos de regresión lineal. Según los modelos informativos que incluyen variables predictivas de configuración (cómo se diseñaron las reservas), el tamaño de las reservas resultó ser la variable más explicativa de los costos de manejo. Como otros estudios han encontrado (Balmford *et al.*, 2003; Bruner *et al.*, 2004), las áreas protegidas más grandes tienen menores costos de manejo básico y óptimo por unidad de área. Esta relación puede deberse a que las reservas de mayor tamaño generalmente están ubicadas en zonas inaccesibles donde el impacto por acción humana y otras presiones asociadas suele ser menor, lo que se traduce en menores gastos en protección. Por otro lado, las áreas protegidas siempre conllevan un costo mínimo o base para sus operaciones, similar para áreas protegidas grandes o pequeñas. Así, este mismo costo base serviría para proteger más kilómetros cuadrados en reservas grandes que en reservas pequeñas. A partir de esta relación entre el costo de manejo y el tamaño de las reservas, es recomendable desde el punto de vista económico diseñar áreas prioritarias grandes y conectadas con reservas actuales, en lugar de proteger la misma extensión organizada en un mayor número de áreas prioritarias pero de menor tamaño y dispersas.

Uno de los principales intereses del trabajo fue identificar si hay sitios en los que potencialmente sería más económico manejar las áreas protegidas en comparación con otros, y que por lo tanto serían una opción preferente para la conservación. En este sentido, a pesar de la ausencia de la variable de tamaño, los modelos de proyección, contruidos solamente con variables de contexto (características de los sitios en los que se ubican las reservas), lograron explicar gran parte de la variación de los costos. Estos modelos indican que los costos de manejo básico y óptimo por unidad de área son más bajos, principalmente, en áreas más inaccesibles y en territorios indígenas. En muchos

casos, una alta accesibilidad es indicador de un mayor nivel de presión humana, lo que hace que las áreas protegidas de estas zonas se enfrenten a costos más elevados para su mantenimiento y vigilancia (por ejemplo, necesitan más guardaparques, vehículos, puntos de vigilancia, inversión en restauración, etc.), incrementando los costos de manejo (Bruner *et al.*, 2004). Este aspecto fue corroborado por los jefes de reservas entrevistados, quienes indicaron que para áreas protegidas muy accesibles, como la Reserva Biológica Limoncocha, se realizan patrullajes una vez al día. Por el contrario, aquellas más inaccesibles, como la Reserva Biológica Cofán-Bermejo, son patrulladas una vez por semana. Asimismo, la accesibilidad fue un indicador considerado para estimar las necesidades financieras de las áreas protegidas para Ecuador y Perú (Galindo *et al.*, 2005; León, 2005), asignando mayores recursos para aquellas más accesibles. De esta forma, aunque reservas establecidas en sitios con buena accesibilidad podrían tener ciertas ventajas como proteger sitios vulnerables u ofrecer servicios recreacionales a poblaciones adyacentes, desde el punto de vista de abaratar costos de manejo, la implementación de reservas debe promoverse en zonas más inaccesibles.

Los modelos construidos en este estudio indicaron que los territorios indígenas están relacionados con bajos costos de manejo. Posiblemente, la relación se explique porque estos territorios poseen cualidades en el ordenamiento que permiten suponer avanzados algunos aspectos importantes para la protección, como el control de la entrada de colonizadores, de la extracción intensiva de algunos de sus recursos naturales, de la deforestación y quema, etc. (Corzo, 2008). Algunos de los jefes de reservas entrevistados comentaron que, en muchos casos, las comunidades indígenas que habitan dentro de áreas protegidas brindan colaboración en el manejo y conservación de los recursos y en las actividades de vigilancia. Estos aspectos podrían facilitar el manejo de las reservas que allí coinciden, demandando menores costos. También es posible que tanto los territorios indígenas como las zonas inaccesibles, que generalmente se encuentran en la Amazonía Baja, sean indicadores de zonas en las cuales pueden generarse reservas de mayor tamaño, y por lo tanto de menor costo por unidad de área. De cualquier manera,

para una conservación más eficiente en términos económicos es preferible promover nuevas reservas en territorios indígenas. Sin embargo, para ello es esencial plantear alternativas de cogestión y de colaboración en conservación entre pueblos indígenas y entes gubernamentales.

En esta investigación también se analizaron los costos de oportunidad relacionados con agricultura y ganadería, utilizando la información disponible de Naidoo & Iwamura (2007). Sin embargo, aunque dicho estudio ofrece una valiosa visión de los costos de oportunidad a escala global, a nivel regional o local es posible que su baja resolución (~10 km²) no logre capturar toda la variación de la producción agrícola. A pesar de estas limitaciones, es la mejor información disponible al momento. Además, ha sido adaptada para reflejar con mayor claridad las tendencias reales mediante la utilización de datos locales como la probabilidad de deforestación y una estimación sobre ganancias netas en lugar de ganancias brutas.

Es necesario apuntar que, además de los costos de oportunidad asociados con agricultura y ganadería, existen otras actividades económicas de gran importancia en la Amazonía occidental que no están incluidas en el presente estudio, como la minería, la extracción de petróleo o la explotación maderera, o incluso otras como cultivos ilícitos. Obtener información sobre la productividad e ingresos actuales y potenciales de estas actividades en la Amazonía occidental implica esfuerzos que escapan a los objetivos de este estudio. Sin embargo, para una estimación más completa sobre los costos de oportunidad en la región, investigaciones futuras deberían abordar la variabilidad de las ganancias o rentabilidades asociadas a dichas actividades económicas.

La representación espacial de los costos de manejo y de oportunidad en la Amazonía occidental destaca a la Amazonía Andina como la subregión más costosa de proteger a través de áreas protegidas. En esta subregión se concentran importantes centros poblados y las zonas más accesibles, así como también pocos territorios indígenas, incrementando

los costos de manejo. A su vez, la Amazonía Andina presenta, por lo general, áreas con un buen clima y con suelos apropiados para diferentes cultivos, además de una alta probabilidad de transformación de vegetación natural a actividades agropecuarias por su mayor vialidad y accesibilidad, lo que se traduce en mayores costos de oportunidad. En este sentido, nuevas reservas en la Amazonía Baja serían más económicas de manejar y en muchos casos tendrían menores conflictos de intereses o compensaciones porque la capacidad de desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas es más limitada.

VACÍOS ACTUALES DE CONSERVACIÓN EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE LA AMAZONÍA OCCIDENTAL

De acuerdo a las metas de conservación fijadas, la mayoría de las especies incluidas en nuestro estudio está suficientemente protegida (73%), lo que es un buen indicador de los esfuerzos realizados en materia de creación de áreas protegidas en la Amazonía occidental. Sin embargo, aún existen importantes vacíos de conservación, ya que el 27% de las especies no tiene sus metas cumplidas. Lo más interesante ha sido determinar que la mayor concentración de vacíos se encuentra en la Amazonía Andina, a pesar de que esta es la subregión con menor diversidad total de especies y su porcentaje de extensión protegida es similar al de las demás subregiones.

La concentración de especies desprotegidas en esta subregión puede deberse a que la Amazonía Andina presenta un fuerte gradiente de elevación en el cual las especies suelen ocupar hábitats específicos y de rangos pequeños, resultando en un recambio de especies muy elevado (diversidad beta) y en la presencia de numerosos endemismos (Herzogn, Martínez, Jorgensen, & Tiessen, 2012). Estos rangos restringidos disminuyen

la posibilidad de que las áreas protegidas existentes incluyan parte de la distribución de todas las especies, generando importantes vacíos de conservación. Por el contrario, en la Amazonía Baja existe mayor riqueza (diversidad alfa) pero menor recambio de especies (Condit *et al.*, 2002); muchas de estas especies tienen rangos amplios y distribuciones que se superponen, lo que incrementa la probabilidad de que las áreas protegidas actuales cumplan con las metas de conservación para la mayoría de ellas. Con respecto a los grupos de especies estudiados, los más desprotegidos en la Amazonía occidental son los anfibios y las plantas, que suelen tener una gran cantidad de especies con distribuciones restringidas o localizadas en las zonas más elevadas de la región. También se encontró que las especies amenazadas tienen una mayor desprotección que las especies calificadas como fuera de peligro. Esto puede deberse a que estas especies tuvieron una combinación de metas de conservación comparativamente más altas, a la vez que sus rangos de distribución generalmente son más restringidos, lo que dificulta nuevamente su inclusión en las áreas protegidas actuales.

Los vacíos de conservación encontrados en las áreas protegidas actuales indican que es necesario complementar el sistema de protección con nuevas áreas y, de esta forma, generar una red de áreas protegidas representativas de la diversidad de especies en la Amazonía occidental. Es especialmente necesario incrementar las áreas protegidas en la Amazonía Andina, en donde se concentran los mayores vacíos de conservación. Sin embargo, justamente esta subregión presenta elevados costos de manejo y oportunidad, por lo que promover la creación de nuevas áreas protegidas en ella representa un reto para la conservación de la biodiversidad en la Amazonía occidental.

ESCENARIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

La búsqueda de áreas prioritarias para la Amazonía occidental se realizó mediante la evaluación de diferentes escenarios. En estos escenarios se exploró la importancia de incluir aspectos de costos económicos en la priorización y se evaluaron distintas opciones de establecimiento de reservas, teniendo en cuenta la complejidad de la región.

La inclusión de costos económicos influyó la priorización de áreas para la conservación en la Amazonía occidental, tanto en términos económicos como espaciales. Cuando se consideraron costos de conservación uniformes en la región, la selección de áreas prioritarias se centró en su eficiencia solo en extensión (es decir, en cumplir las metas en la menor extensión posible). En cambio, cuando se tomó en consideración la variabilidad espacial de los costos, el objetivo pasó a ser el de cumplir las metas al menor costo económico total, y la distribución de los costos adquirió influencia en la selección de áreas. Como resultado, en el Escenario 1, que considera la variabilidad de costos, las áreas prioritarias tuvieron una extensión mayor pero con costos totales mucho más bajos en comparación con el Escenario 2, que asume costos uniformes. Este segundo escenario es una representación de cómo se identifican comúnmente áreas prioritarias en regiones tropicales, en donde se suele escoger sitios que son eficientes en términos de extensión, pero que justamente tienen elevados costos asociados, dando lugar a una propuesta el doble de costosa.

Los territorios indígenas ocupan una gran extensión del área de estudio (33%), y además están relacionados con bajos costos de manejo. Por lo tanto, en el Escenario 3, en el que se excluyen estos territorios de la búsqueda de áreas prioritarias, las opciones de protección son limitadas y más costosas. Como consecuencia, en este escenario se selecciona menos extensión como áreas prioritarias pero en sitios más costosos, encareciendo la propuesta. Un caso diferente es el Escenario 4, que excluye de la selección a los bloques

petroleros operativos. Estos bloques ocupan mucho menos extensión que los territorios indígenas, por lo que al excluirlos aún existe un abanico de opciones amplio para buscar áreas prioritarias en zonas de bajo costo. Finalmente, una ausencia de colaboración internacional en cuanto al cumplimiento de los objetivos de conservación (Escenario 5) demandó la mayor extensión y enfrentar costos totales más altos para cumplir las metas. En este escenario, cada país protege en su territorio a las especies que alberga, ignorando oportunidades más eficientes en otros países para conservarlas y el aporte a este accionar por parte de áreas protegidas fuera de los límites nacionales.

También evaluamos la influencia de utilizar diferentes grupos y números de especies en la identificación de las áreas prioritarias. En general, las especies con distribución restringida y bajo amenaza demandaron los mayores costos y extensión según el número de especies por proteger. Una de las razones de estos altos costos es que las especies amenazadas, y principalmente las de distribución restringida, se concentran en la Amazonía Andina y en el Piedemonte Amazónico, donde se dan los mayores costos de manejo y de oportunidad. Por otra parte, estas especies suelen ocupar áreas pequeñas y hábitats específicos (a excepción de algunas amenazadas de distribución amplia como el jaguar), siendo poco probable que sus rangos de distribución coincidan entre ellos. Como consecuencia, a medida que se agregan especies a la búsqueda es necesario proteger nuevos sitios, generando a su vez mayores costos. Por el contrario, las especies de distribución amplia posiblemente coincidirán con una gran variedad de costos de manejo y de oportunidad, dándole a Marxan mayor flexibilidad para elegir sitios económicos y, al mismo tiempo, cumplir las metas de conservación. Además, es posible alcanzar estas metas en sitios donde los amplios rangos de estas especies se superponen, resultando en una extensión y costos casi constantes a medida que se añaden más especies a la búsqueda.

De la evaluación de estos escenarios se concluye que para la Amazonía occidental es más eficiente en términos económicos identificar áreas prioritarias empleando información sobre la variabilidad de costos asociados a la protección, incluyendo a los territorios

indígenas, y estableciendo una colaboración entre los países para el alcance de las metas. Para lograr implementar reservas bajo estas consideraciones, se requiere una buena coordinación entre los entes gubernamentales de los diferentes países, así como también con las comunidades indígenas. Finalmente, los resultados ponen de manifiesto que la mayor inversión en costos y extensión de las áreas prioritarias responde, sobre todo, a la protección de especies amenazadas y restringidas, las cuales tienen una alta prioridad de conservación.

PROPUESTA DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA AMAZONÍA OCCIDENTAL

A partir del Escenario 1, el más eficiente, se definió la propuesta de áreas prioritarias para la conservación de especies en la Amazonía occidental, la cual incluye 302 áreas, representando el 15% de la extensión de la región. Aunque el número de áreas parece excesivo, estas constituyen un punto ideal de partida para iniciar discusiones sobre qué proteger en esta región, ya que cada una de ellas contribuye a disminuir los vacíos actuales de conservación. De hecho, el mayor incremento en protección en la región se propone para la Amazonía Andina, como respuesta a la gran concentración de especies insuficientemente protegidas que allí se presenta. Dichas áreas pueden ser protegidas asimismo bajo otras figuras no necesariamente estatales, como reservas privadas o comunales.

Puesto que el tamaño de las reservas es un factor influyente en los costos de manejo, para las 302 áreas prioritarias se recalculó el costo potencial a través del modelo informativo, el cual contempla esta variable. Como resultado, el costo de manejo de la propuesta de áreas prioritarias se calcula en alrededor de US\$ 73 millones anuales para proteger el 15%

de la Amazonía. Esta estimación puede ser interpretada como un potencial presupuesto para el manejo de nuevas reservas, permitiendo una mejor planificación para la expansión de áreas protegidas en la región. Por otra parte, los bajos costos de oportunidad (US\$ 28 millones anuales) en comparación a los costos de manejo se deben a que gran parte de las áreas prioritarias seleccionadas se ubican en zonas de la Amazonía Baja que tienen actualmente una limitada rentabilidad agropecuaria dado a su inaccesibilidad.

Por otra parte, teniendo en cuenta el modelo informativo, si las áreas prioritarias se integran con las áreas protegidas actuales constituyendo una sola unidad de protección, los costos de manejo disminuirían considerablemente. Esto también implicaría que reservas conectadas pero que forman parte de distintos países podrían manejarse como una unidad y tener una gestión coordinada, abaratando los costos. De esta forma, nuevamente se sugiere una coordinación internacional, tanto para el cumplimiento de objetivos de conservación regionales, como para el manejo y gestión de los gastos asociados.

La propuesta presentada implica incrementar la superficie protegida de la Amazonía en un 15%, adicional al 20% de su extensión actual, lo que puede ser una tarea difícil en términos de recursos y tiempo. Para atender a esta dificultad, se evaluó la eficiencia en conservación de las áreas prioritarias (alcance de las metas en relación a los costos) a modo de orientación sobre qué proteger primero. En este análisis, *ceteris paribus*, las reservas de mayor tamaño tuvieron una eficiencia más alta, ya que con una mayor extensión es posible contribuir más al alcance de las metas y, además, sus costos no son excesivamente elevados en comparación a reservas pequeñas. Por otro lado, muchas de las áreas de mayor eficiencia se encuentran en la Amazonía Andina, permitiendo compensar los vacíos de conservación de esta región y generar una alta contribución al alcance de las metas. No obstante, para decidir qué proteger primero puede ser importante evaluar otros criterios no considerados en este estudio, como la tenencia de la tierra, el interés de las comunidades locales, el estado de los ecosistemas, etc. En este sentido, muchas de las áreas prioritarias en la Amazonía Andina, una región comparativamente más habitada,

son de gran tamaño y pueden tener una baja factibilidad de implementación. Sin embargo, los límites de cada área prioritaria son solo una indicación gruesa de sitios de interés para protección, y es posible promover la conservación de áreas específicas más pequeñas dentro de las aquí definidas, así como adaptar los límites de las reservas de manera más conveniente a la realidad con estudios en campo.

CONSIDERACIONES FINALES

Existen algunos aspectos metodológicos de este estudio, cuya discusión es importante. La identificación de áreas prioritarias se basó en modelizaciones y estimaciones de datos locales a partir de datos globales, porque la información sobre aspectos biológicos y económicos en la Amazonía occidental es escasa y poco precisa. Por lo tanto, es recomendable que antes de promover la conservación de alguna de las áreas específicas se valide en campo el estado de los ecosistemas, la diversidad de especies, la rentabilidad de las actividades agropecuarias, entre otros factores. También, aunque se ha encontrado una relación de bajos costos de manejo en sitios inaccesibles y en territorios indígenas, estas son tendencias generales y es probable que en determinados casos se den comportamientos excepcionales. Por ejemplo, algunos jefes de reservas comentaron que varias áreas protegidas inaccesibles han sufrido fuertes presiones, principalmente extractivas, y han demandado aumentar la frecuencia de las visitas y altísimos costos en transporte, encareciendo su manejo. Por otra parte, los pueblos indígenas son heterogéneos y pueden tener diferentes percepciones sobre la conservación y manejo de sus recursos, así como grados de aceptación con respecto al establecimiento de reservas. En este contexto, diversos actores clave entrevistados destacaron que es necesario tener siempre en cuenta la participación de las comunidades indígenas en la gestión de los recursos y en la conservación de las áreas protegidas en la Amazonía

occidental. De esta forma es posible promover su aceptación y colaboración en la potencial implementación de nuevas reservas en sus territorios.

Futuros trabajos también podrían incorporar aspectos más dinámicos en la búsqueda de áreas prioritarias, relacionados con la probabilidad de persistencia de especies en reservas, como por ejemplo modificaciones en el uso del suelo y los efectos del cambio climático en la distribución de las especies (Araújo, Cabeza, Thuiller, Hannah, & Williams, 2004; Araújo & Williams, 2000; Ponce-Reyes, Nicholson, Baxter, Fuller, & Possingham, 2013).

Finalmente, hay que mencionar que la información utilizada sobre costos de manejo de áreas protegidas de Colombia (dos reservas) fue más limitada que la de Ecuador y Perú, ya que no se cuenta con estimaciones precisas sobre las brechas financieras de sus áreas protegidas. En este sentido, este estudio puede servir para estimar costos de manejo para las áreas protegidas de la Amazonía de Colombia, puesto que esta región comparte características similares con la Amazonía de Ecuador y Perú (por ejemplo, en cuanto a inaccesibilidad, presencia de territorios indígenas, menor intervención humana, etc.).

A pesar de las limitaciones mencionadas, este estudio utiliza la mejor información espacial biológica y económica disponible al momento, y la analiza mediante herramientas que permiten una identificación de áreas prioritarias sobre la base de criterios claros y objetivos. Gracias a este trabajo, también es posible contar con modelos de costos de manejo que pueden ser utilizados en diferentes estudios para aproximar el presupuesto potencial que requiere manejar otras áreas identificadas como prioritarias en la Amazonía occidental. De igual forma, la información espacial construida es de utilidad para futuros proyectos en la región, como mapas que representan la variabilidad de costos de manejo, un aspecto que no ha sido desarrollado por estudios previos sobre planificación sistemática de la conservación. Este trabajo ofrece asimismo recomendaciones generales basadas en ciencia para el diseño de áreas prioritarias en la Amazonía, como –por ejemplo– promover en la medida de lo posible reservas conectadas, en sitios más inaccesibles y

en territorios indígenas para obtener de esta forma menores costos de manejo. En virtud de estas consideraciones, la propuesta aquí presentada protege importantes vacíos de conservación para la Amazonía occidental a la mitad del costo de manejo y de oportunidad que implicaría una propuesta sin los análisis realizados.

Este estudio es un primer análisis a gran escala que busca resaltar sitios de importancia, para que los países interesados y los actores clave profundicen en los resultados y delimiten áreas más específicas para la conservación dentro de las ya identificadas. De esta forma, se presenta una propuesta de áreas prioritarias con una notable representatividad de la diversidad de especies, que complementan la red actual de reservas, y con una alta relación costo-efectividad, con la finalidad de orientar la toma de decisiones sobre prioridades de protección en esta importante región.



Referencias
bibliográficas

- ADAMS, V. M., SEGAN, D. B., & PRESSEY, R. L. (2011). How Much Does it Cost to Expand a Protected Area System? Some Critical Determining Factors and Ranges of Costs for Queensland. *PLoS ONE*, 6(9), e25447.
- ARAÚJO, M. B., CABEZA, M., THUILLER, W., HANNAH, L., & WILLIAMS, P. H. (2004). Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology*, 10(9), 1618-1626.
- ARAÚJO, M. B., & WILLIAMS, P. H. (2000). Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation*, 96(3), 331-345.
- ARMSWORTH, P. R. (2014). Inclusion of costs in conservation planning depends on limited datasets and hopeful assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1322, 61-76.
- ARMSWORTH, P. R., CANTÚ-SALAZAR, L., PARNELL, M., DAVIES, Z. G., & STONEMAN, R. (2011). Management costs for small protected areas and economies of scale in habitat conservation. *Biological Conservation*, 144(1), 423-429.
- BALL, I. R., POSSINGHAM, H. P., & WATTS, M. E. (2009). Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritisation. In A. Moilanen, K. A. Wilson, & H. P. Possingham (Eds.), *Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools* (pp. 185-195.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- BALMFORD, A., GASTON, K. J., BLYTH, S., JAMES, A., & KAPOS, V. (2003). Global variation in terrestrial conservation costs, conservation benefits, and unmet conservation needs. *PNAS*, 100(3), 1046-1050.

- BALMFORD, A., GRAVESTOCK, P., HOCKLEY, N., MCCLEAN, C. J., & ROBERTS, C. M. (2004). The worldwide costs of marine protected areas. *PNAS*, *101*(26), 9694-9697.
- BAN, N. C., ADAMS, V., PRESSEY, R. L., & HICKS, J. (2011). Promise and problems for estimating management costs of marine protected areas. *Conservation Letters*, *4*(4), 241-252.
- BAN, N. C., HANSEN, G. J. A., JONES, M., & VINCENT, A. C. J. (2009). Systematic marine conservation planning in data-poor regions: Socioeconomic data is essential. *Marine Policy*, *33*(5), 794-800.
- BAN, N. C., & KLEIN, C. J. (2009). Spatial socioeconomic data as a cost in systematic marine conservation planning. *Conservation Letters*, *2*(5), 206-215.
- BASS, M. S., FINER, M., JENKINS, C. N., KREFT, H., CISNEROS-HEREDIA, D. F., MCCracken, S. F., PITMAN, N., ENGLISH, P. H., SWING, K., VILLA, G., DI FIORE, A., VOIGT, C. C. & KUNZ, T. H. (2010). Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuni National Park. *PLoS ONE*, *5*(1), e8767.
- BOMBI, P., LUISELLI, L., & D'AMEN, M. (2011). When the method for mapping species matters: defining priority areas for conservation of African freshwater turtles. *Diversity and Distributions*, *17*(4), 581-592.
- BRUNER, A. G., GULLISON, R. E., & BALMFORD, A. (2004). Financial Costs and Shortfalls of Managing and Expanding Protected-Area Systems in Developing Countries. *Bio Science*, *54*(12), 1119-1126.
- BUSCH, J., STRASSBURG, B., CATTANEO, A., LUBOWSKI, R., BOLTZ, F., ASHTON, R., BRUNER, A., RICE, R. & CREED, A. (2009). Comparing climate and cost impacts of reference levels for reducing emissions from deforestation. *Environmental Research Letters*, *4*, 044006.

- CARVALHO, S. B., BRITO, J. C., PRESSEY, R. L., CRESPO, E., & POSSINGHAM, H. P. (2010). Simulating the effects of using different types of species distribution data in reserve selection. *Biological Conservation*, 143(2), 426-438.
- CARWARDINE, J., WILSON, K. A., WATTS, M., ETTER, A., KLEIN, C. J., & POSSINGHAM, H. P. (2008). Avoiding Costly Conservation Mistakes: The Importance of Defining Actions and Costs in Spatial Priority Setting. *PLoS ONE*, 3(7), e2586.
- COIN NEWS. (2014). US Inflation Calculator. Acceso 12/03/2014, <http://www.usinflationcalculator.com/>.
- CONDIT, R., PITMAN, N., LEIGH JR, E. G., CHAVE, J., TERBORGH, J., FOSTER, R. B., NÚÑEZ, P., AGUILAR, S., VALENCIA, R., VILLA, G., MULLER-LANDAU, H. C., LOSOS, E. & HUBBELL, S. (2002). Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*, 295, 666-669.
- CORZO, G. (2008). Áreas prioritarias para la conservación “in situ” de la biodiversidad continental en Colombia. Colombia: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- CUESTA-CAMACHO, F., PERALVO, M. F., GANZENMÜLLER, A., SÁENZ, M., NOVOA, J., RIOFRÍO, G., & BELTRÁN, K. (2006). Identificación de vacíos para la conservación de la biodiversidad terrestre en el Ecuador continental. Quito: Eco Ciencia, The Nature Conservancy, Conservation International y Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- DUDLEY, N., & PARISH, J. (2006). Closing the gap. Creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessment of protected area system for the Convention on Biological Diversity. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Technical Serie N° 24.
- ELITH, J., & LEATHWICK, J. (2007). Predicting species distributions from museum and herbarium records using multiresponse models fitted with multivariate adaptive regression splines. *Diversity and Distributions*, 13(3), 265-275.

- FAJARDO, J. (2012). Identification of priority areas for conservation in Peru using systematic conservation planning and species distribution models. Universidad Internacional Menéndez Pelayo.
- FAJARDO, J., LESSMANN, J., BONACCORSO, E., DEVENISH, C., & MUÑOZ, J. (2014). Combined use of systematic conservation planning, species distribution modelling, and connectivity analysis reveals severe conservation gaps in a megadiverse country (Peru). *PloS ONE*, *9*(12), e114367.
- FINER, M., JENKINS, C. N., PIMM, S. L., KEANE, B., & ROSS, C. (2008). Oil and gas projects in the western Amazon: Threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples. *PLoS ONE*, *3*(8), e2932.
- FRAZEE, S. R., COWLING, R. M., PRESSEY, R. L., TURPIE, J. K., & LINDENBERG, N. (2003). Estimating the costs of conserving a biodiversity hotspot: a case-study of the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, *112*(1-2), 275-290.
- GALINDO, J., CALVOPIÑA, J., BAUS, C., AYLLÓN, F., & VELA, S. (2005). *Análisis de necesidad de financiamiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- GROVES, C. R., JENSEN, D. B., VALUTIS, L. L., REDFORD, K. H., SHAFFER, M. L., SCOTT, M., BAUMGARTNER, J. V., HIGGINS, J. V., BECK, M. W. & ANDERSON, M. G. (2002). Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *Bio Science*, *52*(6), 499-512.
- GUISAN, A., & RAHBEK, C. (2011). SESAM—a new framework integrating macroecological and species distribution models for predicting spatio-temporal patterns of species assemblages. *Journal of Biogeography*, *38*(8), 1433-1444.
- GUISAN, A., & ZIMMERMANN, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, *135*(2-3), 147-186.

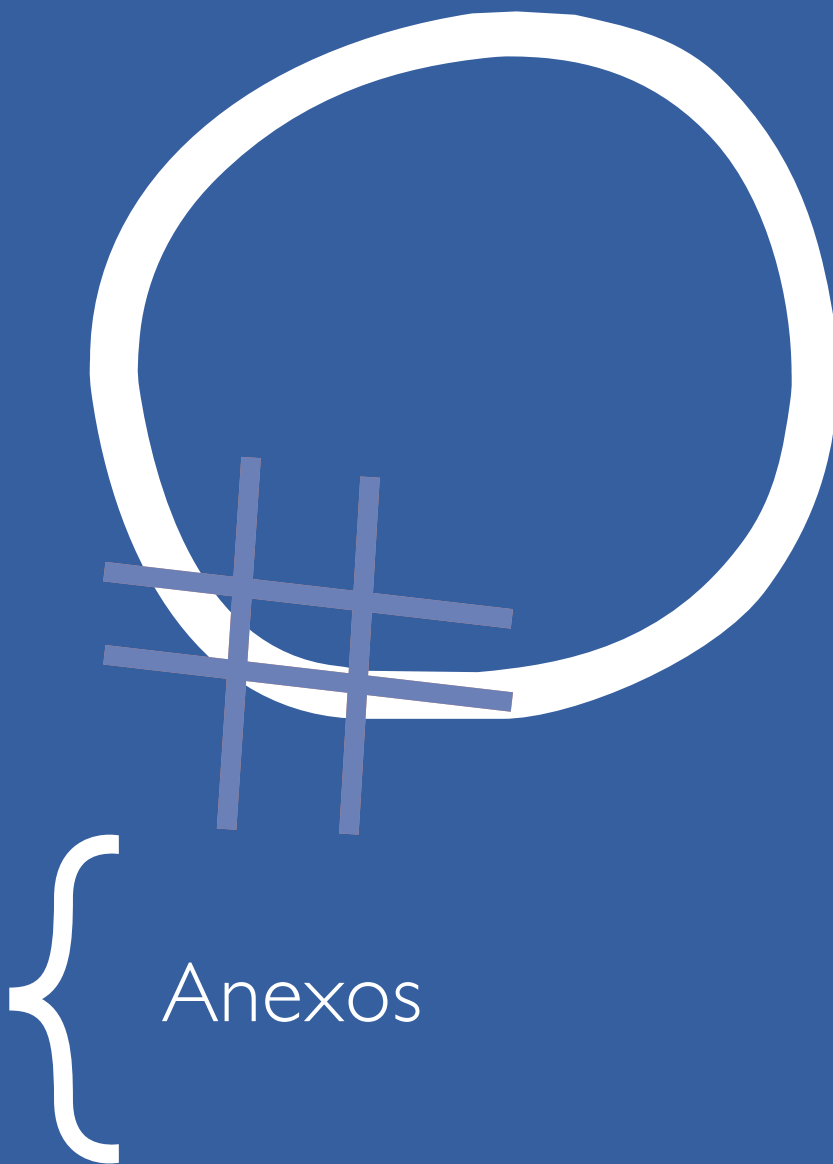
- HERZOG, S. K., MARTÍNEZ, R., JORGENSEN, P. M., & TIESSEN, H. (2012). *Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales*. París: Instituto Interamericano para la Investigación del cambio global (IAI), Sao José dos Campos y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE).
- HIJMANS, R. J., CAMERON, S. E., PARRA, J. L., JONES, P., & JARVIS, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978.
- HOEKSTRA, J. M., MOLNAR, J. L., JENNINGS, M., REVENGA, C., SPALDING, M. D., BOUCHER, T. M., ROBERTSON, J. C., HEIBEL, T. J. & ELLISON, K. (2010). *The Atlas of Global Conservation: Changes, Challenges, and Opportunities to Make a Difference*. J. L. Molnar (Ed.)
- IUCN. (2014). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. www.iucnredlist.org.
- JOSSE, C., YOUNG, B., LYONS-SMYTH, R., BROOKS, T., FRANCES, A., COMER, P., PETRY, P., BALSLEV, H., BASSUNER, B., GOETTSCH, B., HAK, J., JØRGENSEN, J., LARREA-ALCÁZAR, D., NAVARRO, G., SAATCHI, S., SANCHEZ DE LOZADA, A., SVENNING, J. C., TOVAR, L. A. & MOSCOSO, A. (2013). Desarrollo de Insumos para la Toma de Decisiones de Conservación en la Cuenca Amazónica Occidental. *Ecología Aplicada*, 12(1), 45-65.
- KARK, S., LEVIN, N., GRANTHAM, H. S., & POSSINGHAM, H. P. (2009). Between-country collaboration and consideration of costs increase conservation planning efficiency in the Mediterranean Basin. *PNAS*, 106(36), 15368-15373.
- KILLEEN, T. J. (2007). *A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and Conservation in the Context of the Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA)*: Conservation International.

- KLEIN, C. J., CHAN, A., KIRCHER, I., CUNDIFF, A. J., GARDNER, N., HROVAT, Y., SCHOLZ, A., KENDALL, B. E. & AIRAMÉ, S. (2008). Striking a Balance between Biodiversity Conservation and Socioeconomic Viability in the Design of Marine Protected Areas. *Conservation Biology*, 22(3), 691-700.
- LEÓN, F. (2005). Análisis de las Necesidades de Financiamiento del SINANPE 2005-2014. Lima: SINANPE & PROFONANPE.
- LESSMANN, J., MUÑOZ, J., & BONACCORSO, E. (2014). Maximizing species conservation in continental Ecuador: a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution*, 4(12), 2410-2422.
- LONDOÑO, N. (2013). Ejercicio de cálculo de la brecha financiera de las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Bogotá, Colombia: Oficina Asesora de Planeación, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- MARGULES, C. R., & PRESSEY, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243-253.
- MATEO, R. G. (2008). Modelos predictivos de riqueza de diversidad vegetal. Comparación y optimización de métodos de modelado ecológico. (Tesis doctoral), Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- MENG, J., KLAUSCHEN, A., ANTONELLI, F., & THIEME, M. (2011). Rivers for life. The case for conservation priorities in the face of water infrastructure development. Berlin, Germany: WWF.
- MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., BROOKS, T. M., PILGRIM, J. D., KONSTANT, W. R., DA FONSECA, G. A. B., & KORMOS, C. (2003). Wilderness and biodiversity conservation. *PNAS*, 100(18), 10309-10313.
- MOORE, J., BALMFORD, A., ALLNUTT, T., & BURGESS, N. D. (2004). Integrating costs into conservation planning across Africa. *Biological Conservation*, 117(3), 343-350.

- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B., & KENT, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, *403*, 853-858.
- NAIDOO, R., & ADAMOWICZ, W. L. (2006). Modeling Opportunity Costs of Conservation in Transitional Landscapes. *Conservation Biology*, *20*(2), 490-500.
- NAIDOO, R., BALMFORD, A., FERRARO, P. J., POLASKY, S., RICKETTS, T. H., & ROUGET, M. (2006). Integrating economic costs into conservation planning. *Trends in Ecology and Evolution*, *21*(12), 681-687.
- NAIDOO, R., & IWAMURA, T. (2007). Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: Implications for conservation priorities. *Biological Conservation*, *140*(1-2), 40-49.
- OLSON, D. M., & DINERSTEIN, E. (1998). The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Conservation Biology*, *12*, 502-515.
- PHILLIPS, S. J., ANDERSON, R. P., & SCHAPIRE, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, *190*(3-4), 231-259.
- PHILLIPS, S. J., DUDÍK, M., ELITH, J., GRAHAM, C. H., LEHMANN, A., LEATHWICK, J., & FERRIER, S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications*, *19*(1), 181-197.
- PONCE-REYES, R., NICHOLSON, E., BAXTER, P. W. J., FULLER, R. A., & POSSINGHAM, H. P. (2013). Extinction risk in cloud forest fragments under climate change and habitat loss. *Diversity and Distributions*, *19*(5-6), 518-529.
- PORTAL DE DATOS DE GBIF. (2014). Acceso 10/01/2014, www.gbif.net.
- PORTAL DE DATOS VERTNET. (2014). Acceso 10/01/2014, www.vertnet.org/.

- PURVIS, A., GITTLEMAN, J. L., COWLISHAW, G., & MACE, G. M. (2000). Predicting extinction risk in declining species. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 267(1456), 1947-1952.
- RAISG. (2012). Amazonía Bajo Presión: www.raisg.socioambiental.org.
- RICHARDSON, E. A., KAISER, M. J., EDWARDS-JONES, G., & POSSINGHAM, H. P. (2006). Sensitivity of Marine-Reserve Design to the Spatial Resolution of Socioeconomic Data. *Conservation Biology*, 20(4), 1191-1202.
- RODRIGUES, A. S. L., AKÇAKAYA, H. R., ANDELMAN, S., BAKARR, M. I., BOITANI, L., BROOKS, T. M., CHANSON, J. S., FISHPOOL, L. D. C., DA FONSECA, G. A. B., GASTON, K. J., HOFFMANN, M., MARQUET, P. A., PILGRIM, J. D., PRESSEY, R. L., SCHIPPER, J., SECHREST, W., STUART, S., UNDERHILL, L. G., WALLER, R., WATTS, M. E. J. & YAN, X. (2004). Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience*, 54(12), 1092-1100.
- RODRIGUES, A. S. L., ANDELMAN, S., BAKARR, M. I., BOITANI, L., BROOKS, T. M., COWLEY, M. J. R., FISHER, B. L., DA FONSECA, G. A. B., GASTON, K. J., HOFFMANN, M., LONG, S., MARQUET, P. A., PILGRIM, J. D., JAN, S., SECHREST, W., STUART, S., UNDERHILL, L. G., WALLER, R., WATTS, M. E. J. & YAN, X. (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 428, 640-643.
- RONDININI, C., STUART, S., & BOITANI, L. (2005). Habitat suitability models and the shortfall in conservation planning for African vertebrates. *Conservation Biology*, 19(5), 1488-1497.
- SIAT-AC. (2014). Región: Amazonía Colombiana. Acceso Enero, 2014, <http://siatac.siac.net.co/web/guest/region>.

- SIERRA, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia.
- SOARES-FILHO, B. S., NEPSTAD, D. C., CURRAN, L. M., CERQUEIRA, G. C., GARCIA, R. A., RAMOS, C. A., VOLL, E., MCDONALD, A., LEFEBVRE, P. & SCHLESINGER, P. (2006). Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440, 520-523.
- STRASSBURG, B., TURNER, T., FISHER, B., SCHAEFFER, R., & LOVETT, A. (2008). *An Empirically-Derived Mechanism of Combined Incentives to Reduce Emissions from Deforestation*: CSERGE Working Paper.



Anexos

ANEXO 2

ÁREAS PROTEGIDAS ACTUALES CON INFORMACIÓN SOBRE COSTOS DE MANEJO EN COLOMBIA, ECUADOR Y PERÚ

País	Áreas protegidas	Costo manejo básico (US\$/año, km ²)	Costo manejo óptimo (US\$/año, km ²)	Área (km ²)
Amazónicas				
Colombia	PN La Paya	7,02	10,61	5128,29
Colombia	PN Puracé	40,56	55,45	947,83
Ecuador	PN Cayambe Coca	117,00	279,83	4.082,85
Ecuador	PN Llanganates	75,83	160,07	2.211,45
Ecuador	PN Podocarpus	259,40	446,16	1.384,93
Ecuador	PN Sangay	85,48	184,27	4.867,29
Ecuador	PN Sumaco Napo-Galeras	138,16	265,54	2.061,62
Ecuador	PN Yasuní	42,49	84,98	10.152,13
Ecuador	RB El Cóndor	248,38	1.232,16	79,04
Ecuador	RB Limoncocha	2.302,31	6.513,19	28,09
Ecuador	RE Antisana	364,10	557,34	1.205,81
Ecuador	RE Cofán-Bermejo	377,21	631,01	550,26
Ecuador	RPF Cuyabeno	46,52	96,36	5.852,36
Perú	BP Alto Mayo	115,92	290,90	1.777,50
Perú	BP de Pagaibamba	9.156,47	12.896,61	20,31
Perú	BP de San Matías -San Carlos	198,40	279,44	1.493,24
Perú	BP Pui Pui	885,28	1.246,89	545,05
Perú	PN Alto Purús	30,43	71,42	25.147,75
Perú	PN Bahuaja Sonene	23,12	62,85	11.020,66
Perú	PN Cordillera Azul	71,79	100,81	13.531,98
Perú	PN Cutervo	1.871,69	5.052,10	82,38
Perú	PN del Manu	62,18	101,87	16.985,55
Perú	PN Güeppí-Sekime	191,90	292,81	2.036,29
Perú	PN Ichigkat Muja-Cordillera del Cóndor	350,86	880,25	885,22
Perú	PN Otishi	94,45	253,24	3.059,73
Perú	PN Río Abiseo	324,17	399,52	2.724,08
Perú	PN Tingo María	3.783,39	10.312,14	47,78
Perú	PN Yanachaga-Chemillén	518,14	668,96	1.136,14
Perú	RC Amarakaeri	202,42	285,11	4.038,14

Perú	RC Ashaninka	203,17	286,16	1.844,67
Perú	RC El Sira	63,33	242,39	6.164,17
Perú	RC Huimeki	206,03	345,40	1.412,34
Perú	RC Machiguenga	203,17	28,62	2.189,06
Perú	RC Purús	202,56	285,29	2.026,43
Perú	RC Tuntanain	804,20	569,46	949,87
Perú	RC Yanesha	836,84	1.178,67	333,89
Perú	RN Allpahuayo Mishana	804,20	1.132,69	580,69
Perú	RN Pacaya Samiria	48,68	82,28	21.702,47
Perú	RN Tambopata	158,58	382,82	2.802,35
Perú	SH Machu Picchu	2.534,39	6.076,70	373,03
Perú	SN de Ampay	4.794,42	11.289,41	38,53
Perú	SN Megantoni	203,17	286,15	2.158,69
Perú	SN Pampa Hermosa	4.453,11	6.272,08	115,44
Perú	SN Tabaconas Namballe	823,07	1.961,27	322,74

No amazónicas

Ecuador	ARN El Boliche	54.828,24	84.457,80	3,86
Ecuador	ARN Parque Lago	2.483,66	12.597,08	21,49
Ecuador	PN Cajas	1.200,13	1.961,85	293,89
Ecuador	PN Cotopaxi	685,06	1.366,09	322,72
Ecuador	PN Machalilla	811,08	1.483,27	482,17
Ecuador	RE Arenillas	519,92	1.857,46	170,84
Ecuador	RE Cotacachi Cayapas	160,55	345,25	2.325,69
Ecuador	RE El Ángel	781,61	1.559,63	159,75
Ecuador	RE Los Ilinizas	231,03	481,37	1.342,33
Ecuador	RE Mache Chindul	227,55	378,11	1.199,93
Ecuador	RE Manglares Cayapas Mataje	454,78	737,61	513,05
Ecuador	RE Manglares Churute	275,91	612,92	500,70
Ecuador	RFS Manglar del Estuario del R. Muisne	3.907,25	6.325,69	31,73
Ecuador	RFS La Chiquita	4.731,67	22.878,60	8,12
Ecuador	RFS Pasochoa	17.588,45	51.402,98	6,19
Ecuador	RG Pululahua	3.235,83	10.555,11	34,42
Ecuador	RPF Chimborazo	343,69	494,84	530,92

Ecuador	RPF Manglares El Salado	1.074,23	4.367,87	51,76
Perú	CC El Angolo	791,91	1.115,38	660,09
Perú	PN Cerros de Amotape	557,85	651,03	1.529,43
Perú	PN Huascarán	361,89	472,27	3.400,03
Perú	RFS Laquipampa	2.404,43	6.090,79	83,74
Perú	RFS Los Pantanos de Villa	8.926,46	29.817,40	2,63
Perú	RN de Calipuy	4.700,00	10.912,03	44,96
Perú	RN de Junín	396,69	901,90	525,61
Perú	RN de Lachay	8.896,00	12.529,78	51,00
Perú	RN de Salinas y Aguada Blanca	121,65	213,81	3.697,73
Perú	RN de Tumbes	3.906,33	5.501,96	194,28
Perú	RN del Titicaca	2.236,92	3.168,77	361,80
Perú	RP Nor Yauyos-Cochas	130,61	286,16	2.212,62
Perú	SH Bosque de Pómac	3.683,26	8.962,59	59,26
Perú	SH Chacamarca	4.785,69	13.209,30	24,28
Perú	SH de la Pampa de Ayacucho	8.963,19	27.868,32	2,99
Perú	SN de Calipuy	189,36	523,52	640,94
Perú	SN Huayllay	1.727,23	4.569,68	67,64
Perú	SN Lagunas de Mejía	20.361,14	50.539,15	7,21
Perú	SN Manglares de Tumbes	8.856,50	12.474,17	30,03

ANEXO 3

GUÍA DE ENTREVISTAS A ACTORES CLAVE SOBRE LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS EN LA AMAZONÍA OCCIDENTAL

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas, en persona y por separado con cada uno de los siguientes actores clave:

Luis Alberto Gagliardi (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Perú), Ana Rosa Sáenz (Instituto del Bien Común, Perú), Cristina López Wong (investigadora en conservación ambiental, Perú), Gloria Sarmiento (Naturaleza y Cultura Internacional, Perú), Noam Shany (Naturaleza y Cultura Internacional, Perú), Javier Noriega (Director Reserva Natural Pacaya Samiria, Perú), Lourdes Ruck (Directora de la Reserva Natural Pucacuro, Perú), Luis Paz Soldán (Wildlife Conservation Society, Perú), Zina Valverde (Wildlife Conservation Society, Perú), Iván Jácome (Universidad Central de Ecuador, Ecuador), Esteban Suárez (Universidad San Francisco de Quito, Ecuador), Ruth Arias (Universidad Estatal Amazónica, Ecuador), Stephany Vega (Directora Reserva Biológica Cofán-Bermejo, Ecuador), Darwin Vivanco (Director Reserva Biológica Limoncocha), Diocles Zambrano (Dirección Ambiental, Red de Líderes Comunitarios Ángel Singre, Ecuador) y Jon Arruti (Asesoría Medio Ambiental Alcaldía de Coca, Ecuador).

Guía de la entrevista

Objetivos

1. Consultar preferencias y puntos de vista en la selección de áreas de conservación potenciales, y documentar retos y dificultades.
2. Documentar información sobre aspectos ambientales, geográficos o sociales que influyen en los costos de manejo de las reservas actuales.

Territorios indígenas

1. ¿Las áreas protegidas dentro de territorios indígenas benefician a las comunidades que los habitan al proteger los recursos naturales necesarios para su sustento? ¿O, por el contrario, las perjudican al limitar la gestión y manejo de dichos recursos como mejor les parezca?
2. ¿Cómo manejaría los territorios indígenas dentro del proceso de búsqueda de áreas prioritarias? (por ejemplo, incluirlas sin distinción del resto del área de estudio, incluirlas dándoles un trato especial en el proceso, excluirlas como posibles opciones de conservación).
3. ¿Qué tipo de manejo sería el más adecuado en el caso de áreas protegidas en territorios indígenas? ¿Cuáles actividades del tipo extractivo y comercial se permitirían? ¿Cree que la diversidad de especies sería eficientemente conservada bajo el manejo sugerido?

Bloques petroleros

1. ¿Los bloques petroleros operativos en áreas protegidas son oportunidades para la conservación (por el monitoreo, financiación de proyectos, etc.) o amenazas para esta (por riesgo de contaminación, deforestación, conflictos indígenas, etc.)?
2. ¿Incluiría o excluiría a los bloques petroleros dentro de la búsqueda de áreas prioritarias en la región? ¿Haría alguna distinción en este proceso entre los diferentes tipos de bloques (explotación, en exploración o disponibles para licitación)?

3. ¿Qué tipo de manejo para un área protegida en bloques petroleros sería el más adecuado? ¿Cree que la diversidad de especies sería eficientemente conservada en bloques petroleros bajo el manejo sugerido?

Costos económicos asociados a la conservación

1. ¿Cuáles aspectos (ambientales, sociales, de diseño, etc.) suelen incrementar o abaratar los costos de establecimiento y mantenimiento en una reserva?
2. ¿Cuál información es más útil conocer para la implementación de nuevas reservas? ¿Costos de manejo y/o oportunidad de las áreas prioritarias expresadas anualmente o costos proyectados y acumulados para períodos determinados, por ejemplo 20 años?
3. ¿Cree que la implementación de áreas protegidas dentro de los territorios indígenas abarataría los costos de manejo?

Otros

1. ¿Conoce otras limitaciones para el establecimiento de nuevas áreas protegidas en la Amazonía? ¿Qué tipo de protección/manejo/uso sería el más adecuado en estos casos?
2. ¿Existe algún vacío en protección o algún sitio en particular que sea urgente conservar? (Marcar en el mapa si lo desea).



¿Qué es ICAA?

La Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) es un programa regional de largo plazo creado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), que suma e integra los esfuerzos de más de 40 organizaciones socias, locales e internacionales, para fortalecer la conservación del bioma amazónico en Colombia, Ecuador y Perú.

Los objetivos de ICAA son: 1) contribuir con la reducción de la tasa de deforestación y la pérdida de biodiversidad; 2) lograr que los aspectos clave de gobernanza de recursos naturales funcionen de manera más efectiva; y 3) mejorar la calidad y la sostenibilidad de los medios de vida de las poblaciones amazónicas. A través de esta iniciativa, USAID reafirma su compromiso con la conservación y el desarrollo sostenible en la Amazonía Andina.

Nuestra Meta

Conservar el bioma amazónico en Colombia, Ecuador y Perú.

Conservación Estratégica-CSF

CSF sustenta los ecosistemas y las comunidades humanas a través de estrategias de conservación impulsadas por la economía. Nuestros cursos, investigaciones y experiencia contribuyen al desarrollo inteligente, cuantifican los beneficios de la naturaleza y crean incentivos duraderos para la conservación.

Con la colaboración de:



ISBN: 978-612-46952-2-3

