



Ministerio
del Ambiente

© Juan Carlos Martínez

Prioridades de conservación

© Murray Cooper

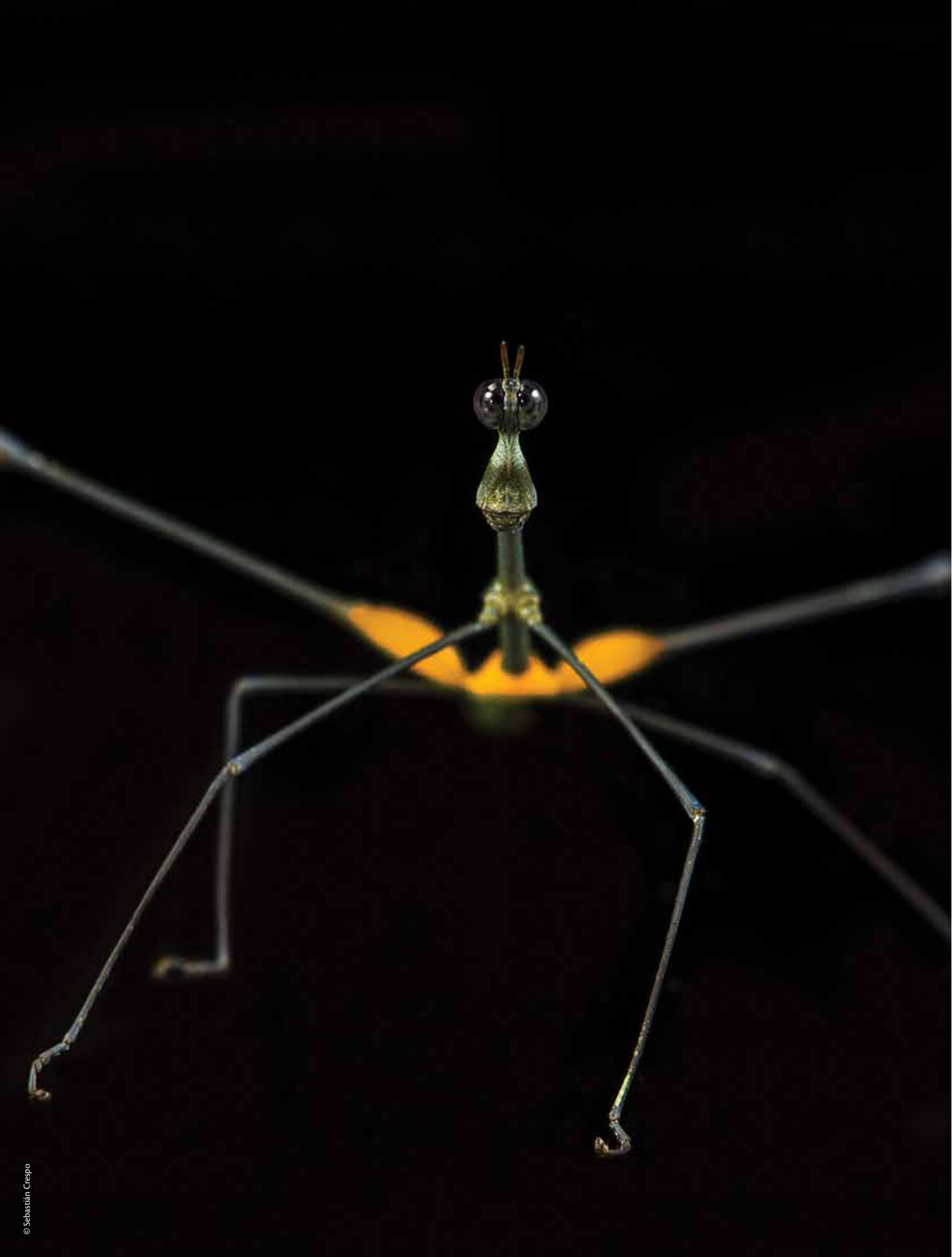
de la biodiversidad

© Ricardo Jaramillo

y procesos de cambio ambiental

Escenarios a nivel nacional para promover la planificación territorial con enfoque de paisaje

Manuel Peralvo Francisco Cuesta Francis Baquero



Prioridades de conservación
de la biodiversidad y
procesos de cambio ambiental:
Escenarios a nivel nacional
para promover la planificación
territorial con enfoque de paisaje

Ministerio de Ambiente del Ecuador

Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código Postal: 170517
Quito – Ecuador
Teléfono: 593-2 398-7600
www.ambiente.gob.ec

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN

Oficina en Lima-Perú:
Av. La Molina 1895
Lima 12
Tel. +51 1 618 9400

condesan@condesan.org
www.condesan.org

Oficina en Quito-Ecuador:
Germán Alemán E12-123 y
Carlos Arroyo del Río
Tel. +593 2 224 8491

Autores:

Manuel Peralvo¹, Francisco Cuesta¹, Francis Baquero²

¹ Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)

² Consultor independiente

Diseño y diagramación:

Verónica Ávila Diseño Editorial

Cítese como:

Peralvo, M., Cuesta, F., y Baquero, F. 2015. Prioridades de conservación de la biodiversidad y procesos de cambio ambiental: escenarios a nivel nacional para promover la planificación territorial con enfoque de paisaje. Ministerio de Ambiente, CONDESAN.

Esta publicación ha sido desarrollada a partir del libro Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental de Cuesta *et al.*, (2015) disponible en formato digital para descarga en: www.condesan.org/publicaciones; gracias al apoyo del Proyecto EcoAndes y el Programa Bosques Andinos.



Introducción	6	Escenario 1: Oportunidades para restaurar la conectividad de ecosistemas remanentes	14	Escenario 2: Gestión de área de vegetación remanente bajo presiones antrópicas	19	Escenario 3: Áreas prioritarias para la conservación de especies en peligro de extinción	23	Escenario 4. Impactos del cambio climático en la biodiversidad terrestre del Ecuador Continental	30	Conclusiones y recomendaciones	34
La identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador Continental	8	¿Por qué es importante este escenario?	15	¿Por qué es importante este escenario?	20	¿Por qué es importante este escenario?	24	¿Por qué es importante este escenario?	31	Referencias	40
		¿Qué nos dice el escenario 1?	15	¿Qué nos dice el escenario 2?	20	¿Qué nos dice el escenario 3?	24	¿Qué nos dice el escenario 4?	31		
		Consideraciones para incluir el escenario 1 en la planificación y gestión territorial	18	Consideraciones para incluir el escenario 2 en la planificación y gestión territorial	22	Consideraciones para incluir el escenario 3 en la planificación y gestión territorial	29	Consideraciones para incluir el escenario 4 en la planificación y gestión territorial	33		

Introducción



El mantenimiento de la biodiversidad es importante para la sociedad en su conjunto y para todos los sectores de la economía ecuatoriana. Además de su valor intrínseco como base del patrimonio natural del Ecuador, la biodiversidad es clave para mantener procesos ecosistémicos que son de directo beneficio para las poblaciones (Olschewski *et al.*, 2007). Procesos como el cambio climático y los impactos del uso no planificado de la tierra generan cambios diferenciados que comprometen la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad de proveer estos beneficios (Sala *et al.*, 2005). Por lo tanto, es necesario pensar en respuestas que partan de información sobre la distribución espacial y temporal de distintos factores de afectación, para poder incorporar acciones a distintas escalas y ajustadas a los contextos socioeconómicos y ambientales existentes en distintas áreas geográficas.

El Ecuador ha avanzado en un marco institucional y de políticas públicas que buscan alcanzar la sostenibilidad del modelo de desarrollo basado en el principio del Buen Vivir. Estos elementos de la gobernanza ambiental cubren múltiples niveles, desde la Constitución de la República, hasta herramientas de gestión más específicas como los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial a escalas subnacionales. En este contexto, un primer reto consiste en lograr una efectiva integración de los instrumentos de planificación y gestión territorial entre estos niveles, para que los esfuerzos de conservación y manejo sostenible de la biodiversidad en el terreno sean efectivos y se ajusten a los variados contextos sociales y ambientales existentes en Ecuador.

Un segundo reto se relaciona con la integración de los objetivos de planificación entre las distintas unidades de manejo del territorio. Esto incluye tanto las unidades político administrativas (p.ej. provincias) como otras que son utilizadas con diversos objetivos de gestión (p.ej. territorios comunitarios, micro-cuencas, áreas naturales protegidas).

Para afrontar los retos señalados, el Ministerio del Ambiente ha asumido el enfoque de paisajes como parte de la política de gobernanza del patrimonio natural (MAE, 2013a). Los paisajes son áreas heterogéneas que integran tanto unidades territoriales

cubiertas con remanentes de ecosistemas naturales como unidades donde se practican otros usos de la tierra. El manejo de paisajes requiere incorporar de forma explícita los distintos tipos de cobertura de la tierra, la matriz o cobertura dominante, y los procesos que vinculan estos elementos entre sí (p.ej. el transporte o captura de sedimentos asociado a flujos hidrológicos) (Ponette-González *et al.*, 2015).

Bajo un enfoque de paisaje, es preciso establecer objetivos de manejo del territorio que tomen en cuenta de forma explícita la distribución espacial de los distintos usos de la tierra y sus vínculos con los servicios ambientales generados por los ecosistemas. La planificación territorial, por lo tanto, pone en evidencia la relación que debe existir entre los objetivos de desarrollo sostenible, los contextos y lugares donde estos objetivos se expresan y complementan (p.ej. conservación de fuentes de agua y restauración ecológica) y cuándo entran en conflicto (p.ej. turismo y usos extractivos). Para lograr una gestión sostenible del paisaje, es imperativo identificar y mapear áreas de

importancia asociadas al cumplimiento de los objetivos trazados, así como de los factores que generan riesgos potenciales para dichas áreas (p.ej. deforestación de áreas de importancia para la provisión hídrica).

La identificación de prioridades y vacíos de conservación forma parte de este conjunto de herramientas que permiten mapear los paisajes necesarios para alcanzar objetivos de conservación y desarrollo. Esta herramienta se vuelve más poderosa

cuando se analiza de forma integrada con información vinculada al análisis del cambio climático, cambio de cobertura y uso de la tierra (CCUT), mantenimiento de la conectividad de los ecosistemas, entre otras variables que tienen influencia directa sobre la biodiversidad a estas escalas.

La identificación de prioridades y vacíos de conservación es un proceso de síntesis, que integra información ambiental y social, siguiendo criterios de representatividad, irremplazabilidad, eficiencia y vulnerabilidad, a través de indicadores que evalúan la persistencia de la biodiversidad en el futuro (Margules & Pressey 2000; Pierce *et al.* 2005). El proceso metodológico permite seleccionar los sitios de mayor importancia para la conservación a partir de los indicadores de biodiversidad seleccionados y las metas de representatividad definidas para cada uno de éstos.



© Esteban Baus C.



La identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador Continental



La Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador Continental, desarrollado entre 2012 y 2013, contrasta lo actualmente representado en el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) con las metas de conservación establecidas en el Plan Estratégico del SNAP 2007-2016, comúnmente referidas como vacíos de conservación del sistema. Como indicadores de biodiversidad se utilizaron 753 especies pertenecientes a cuatro grupos distintos de organismos: anfibios, reptiles y aves para el grupo de los vertebrados, junto con un grupo representativo de plantas vasculares, de las cuales 180 especies son angiospermas y 55 especies son helechos y plantas afines. Para todas estas especies se generaron mapas de distribución como insumo base para la priorización de áreas. Adicionalmente, se utilizaron a los 90 ecosistemas definidos por el MAE (2013) como un segundo tipo de indicadores de biodiversidad.

Para cada ecosistema y especie seleccionada se determinó un porcentaje de su distribución remanente, como la meta mínima que debería estar contenida en un sistema ideal de áreas protegidas. Este porcentaje se conoce como meta de conservación y, en función de ella, el algoritmo selecciona las áreas idóneas, que en su conjunto se definen como áreas prioritarias para lograr representar las metas de conservación de los indicadores de biodiversidad empleados.

Con estos criterios se construyó el ejercicio de priorización utilizando el programa MARXAN V. 2.4.3¹ (Ball *et al.*, 2009), a través del cual se implementan los algoritmos de selección de áreas de importancia para la biodiversidad, que permiten definir una solución

¹ Disponible en: <http://www.uq.edu.au/marxan/index.html?p=1.1.1>

óptima para alcanzar las metas de conservación en la menor área posible (Sarkar *et al.*, 2006). Formalmente, el ejercicio requiere la definición de un conjunto de sitios o unidades territoriales a partir de las cuales se seleccionan las áreas de importancia para la biodiversidad. En el estudio se generaron 50 683 unidades hexagonales de 500 ha de superficie que cubren el territorio del Ecuador continental². Se utilizaron celdas hexagonales porque minimizan la relación área – perímetro, permitiendo seleccionar áreas de importancia con formas compactas (Peralvo *et al.*, 2007). Así, se generaron varios escenarios de optimización espacialmente explícitos que permiten identificar las áreas prioritarias para la biodiversidad en el Ecuador continental.

La solución seleccionada como la final cubre el 24% de la vegetación remanente del país con áreas importantes en la Costa y la cordillera occidental de los Andes (Tabla 1, Figura 1a). Estas áreas representan prioridades para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental, definidas a partir de los indicadores empleados. Adicionalmente, estas áreas permiten estimar de forma indirecta, cuán bien representada está la biodiversidad del Ecuador continental en el actual sistema de áreas protegidas. Adicionalmente, se generó una segunda solución, la cual busca identificar a las áreas de mayor importancia para la biodiversidad del Ecuador continental, tomando en cuenta los ecosistemas y especies ya incorporados actualmente en el PANE³ (Tabla 1, Figura 1b).

² De ahora en adelante estas unidades territoriales hexagonales se refieren como celdas.

³ El presente estudio fue realizado en el año 2013, fecha en la cual el PANE estaba compuesto por 49 áreas protegidas. En el 2016 el PANE está compuesto por 51 áreas. Estas últimas dos áreas no fueron consideradas en los análisis presentados en este estudio.

TABLA 1. Vegetación remanente contenida en las dos soluciones finales para todo el Ecuador y por región.

REGIÓN	VEGETACIÓN REMANENTE (HA)	PRIORIDADES BIODIVERSIDAD		ESCENARIO PANE		INTERSECCIÓN	
		HA	%	HA	%	HA	%
Costa	2 023 679	602 394	29,77	545 988	26,98	411 491,77	20,33
Andes	6 409 254	1 669 281	26,04	2 989 277	46,64	1 269 974,6	19,81
Amazonía	6 895 613	1 366 821	19,82	2 245 414	32,56	575 988,48	8,35
Ecuador	15 328 545	3 638 496	23,74	5 780 678	37,71	2 257 454,85	14,73



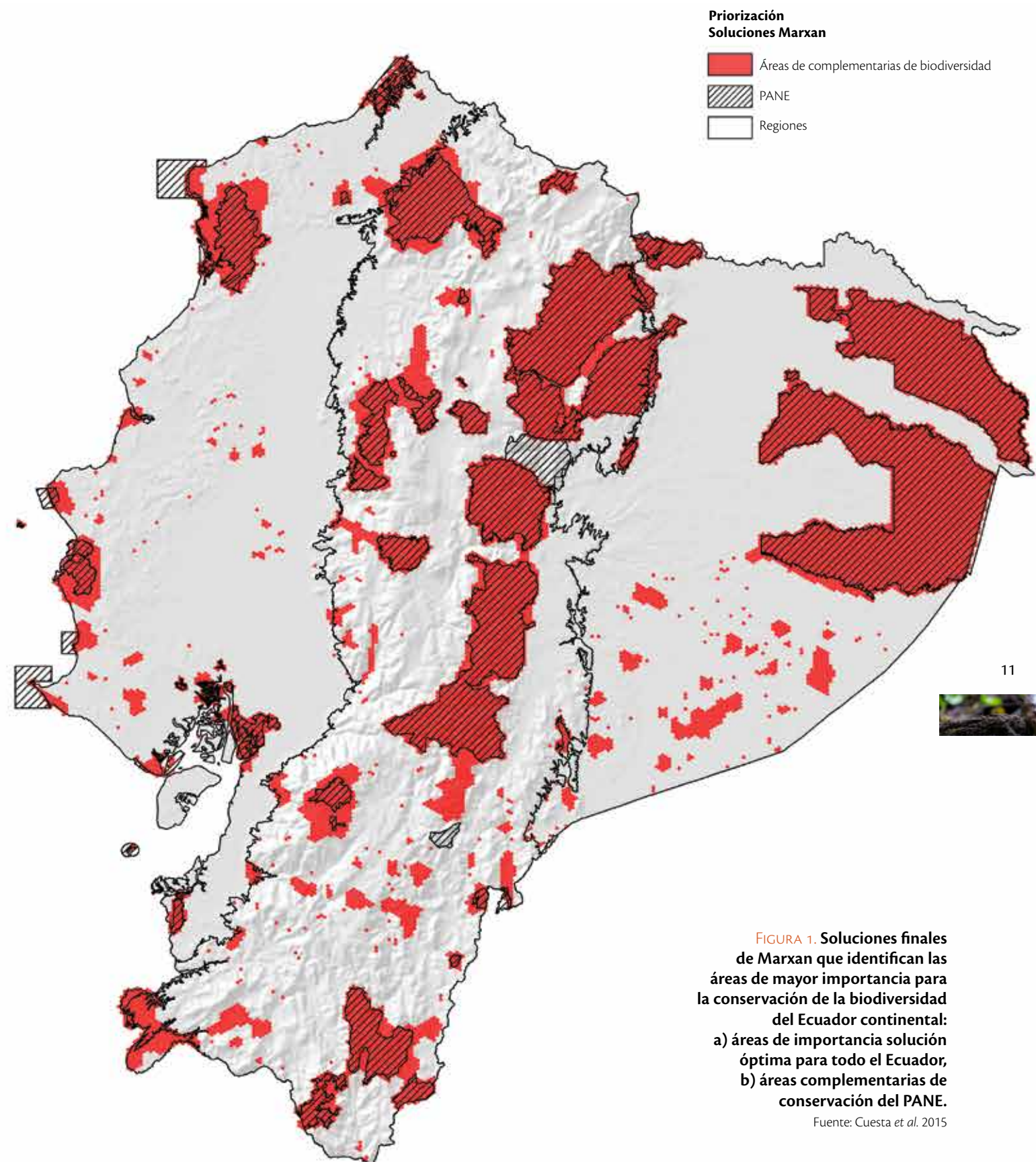
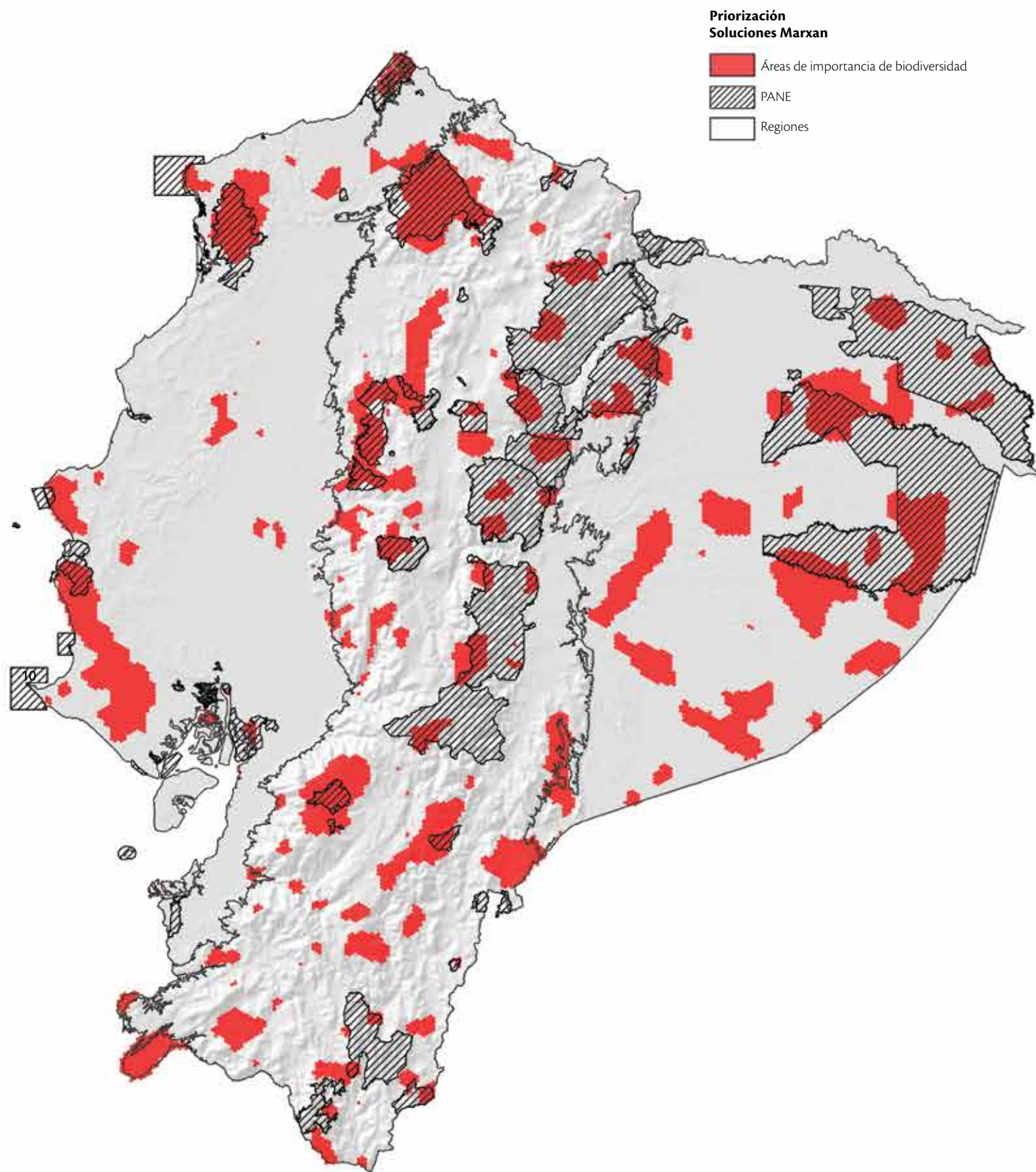


FIGURA 1. Soluciones finales de Marxan que identifican las áreas de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad del Ecuador continental:
 a) áreas de importancia solución óptima para todo el Ecuador,
 b) áreas complementarias de conservación del PANE.

Fuente: Cuesta *et al.* 2015





Sobre la base de la identificación de áreas prioritarias para la conservación realizada, **este documento presenta cuatro escenarios que apoyan procesos de planificación territorial**. Los escenarios desarrollados están vinculados con algunos de los resultados nacionales previstos alcanzar hasta el 2030, como parte de la implementación la Estrategia Nacional de Biodiversidad (Tabla 2). El primer escenario presenta una propuesta para mantener la conectividad entre las áreas prioritarias de biodiversidad identificadas y el PANE. El segundo identifica áreas de ecosistemas remanentes expuestas a presiones directas antrópicas. El tercero identifica las áreas de mayor importancia para la conservación de especies amenazadas por pérdida de hábitat y su relación con el PANE. El cuarto identifica las áreas con mayor exposición a impactos del cambio climático en la biodiversidad que albergan. El documento cierra con un conjunto de conclusiones y recomendaciones para la gestión de paisajes sostenibles, que incluyen al PANE, como resultado de una lectura transversal de este ejercicio.



TABLA 2. Escenarios de priorización de las áreas de importancia de biodiversidad y su relación con los resultados esperados a alcanzar con la Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción 2015-2020 (MAE, 2015a).

RESULTADOS ENB	ESCENARIO	
Resultado 7.	El Ecuador ha reducido al menos en un 30% las tasas de pérdida, fragmentación y degradación de los ecosistemas naturales, en relación a la línea base del 2013.	Vegetación remanente bajo presiones
Resultado 13.	Ecuador conserva su patrimonio natural a través de la gestión integral y participativa del SNAP y de otros mecanismos y herramientas de conservación de los paisajes terrestres, acuáticos y marinos.	Paisajes para promover conectividad
Resultado 14.	Ecuador implementa medidas integrales para evitar la extinción de especies en peligro de fauna y flora silvestres, priorizadas por la Autoridad Ambiental Nacional.	Áreas de importancia para especies amenazadas
Resultado 16	Ecuador recupera hábitats degradados con el fin de mitigar el cambio climático, proporcionar bienes y servicios ecosistémicos, esenciales para el cambio de matriz productiva y bienestar de la población.	Áreas de mayor impacto potencial por cambio climático



Escenario 1: Oportunidades para restaurar la conectividad de ecosistemas remanentes



¿Por qué es importante este escenario?

La mayor parte de los paisajes en el Ecuador tienen distintos niveles de intervención, con trayectorias históricas de ocupación y usos particulares del territorio por región, sistemas productivos predominantes, aspectos sociales y económicos, entre otros factores. Esto ha generado impactos diferenciados en distintos componentes del patrimonio natural. Por ejemplo, la biodiversidad remanente es una función de: (i) patrones históricos y actuales de extracción (p.ej. de especies forestales maderables), (ii) la alteración de la estructura del hábitat y (iii) la proporción y distribución espacial de los remanentes de bosques y otros ecosistemas naturales (Dodson & Gentry, 1991; Young, 2009). Los impactos generados por estos usos del territorio se extienden no únicamente a la biodiversidad, sino también a los bienes y servicios que la misma genera para las poblaciones humanas (p.ej. polinización, regulación hídrica) (Foley *et al.*, 2005).

Una de las condiciones más importantes para mantener biodiversidad y paisajes que provean servicios ecosistémicos es la conectividad. La conectividad se refiere a la continuidad de remanentes de ecosistemas en buen estado, de forma que promuevan el movimiento de organismos y se mantengan flujos de energía y procesos funcionales como el intercambio genético o el recambio de especies en gradientes ambientales. La conectividad es un atributo asociado a distintos elementos de la vegetación, y se puede medir de distintas maneras. Sin embargo, como regla general, paisajes homogéneos asociados, por ejemplo, a monocultivos intensivos ofrecen pobre conectividad, mientras que paisajes con diversidad de sistemas productivos que promueven la cobertura de árboles (p.ej. sistemas silvopastoriles o agroforestales) y mantienen remanentes de vegetación, ofrecen mejores características y posibilidades de conectividad.

Los distintos patrones de ocupación y uso del territorio han generado patrones heterogéneos de conectividad. Por ejemplo, la llanura aluvial de la cuenca media y baja del Guayas tiene una historia larga de ocupación asociada a la agroindustria, lo que ha generado una matriz consolidada de coberturas antrópicas con baja remanencia de bosques nativos. En contraste, la Amazonía ecuatoriana registra procesos más recientes de apertura de la frontera agrícola, asociados a la articulación de esta región como productora de petróleo y donde se aplicaron políticas de colonización y reforma agraria en las décadas de los 60s y 70s del siglo pasado. Entre otros, estos factores motivaron

trayectorias diferenciadas de uso del territorio, registrándose en algunos casos mosaicos complejos de remanentes de bosque y áreas de cultivos y pastizales. La región Andina presenta patrones estructurados por la compleja topografía, con sistemas de producción intensivos orientados al mercado, a menudo asociados a los fondos de los valles interandinos, y sistemas mixtos de auto-consumo y mercado, en condiciones de minifundio en las laderas de las cordilleras oriental y occidental.

A nivel general, y pese a los esfuerzos por proteger algunas áreas importantes para la conservación y restaurar hábitats degradados, la fragmentación de ecosistemas remanentes en Ecuador se mantiene como una tendencia constante. En este contexto, es necesario promover la conectividad de ecosistemas remanentes a nivel de paisaje como un objetivo de manejo que puede implementarse a varias escalas. Este objetivo puede alcanzarse con estrategias de conservación de remanentes de bosques a escala de finca, o de esfuerzos más amplios de restauración forestal en paisajes donde predominan sistemas de producción agropecuaria. A cualquier escala de interés, es necesario contar con herramientas que permitan priorizar áreas para promover objetivos de mantenimiento o recuperación de la conectividad de remanentes de vegetación.

¿Qué nos dice el escenario 1?

La Figura 2 presenta un ejercicio sencillo de identificación de áreas de interés para recuperar conectividad a escala nacional. El punto de partida es el mapa de ecosistemas del MAE (MAE, 2013b) que se utiliza como indicador de la remanencia de vegetación natural. Los paisajes prioritarios para trabajar objetivos de conectividad se definieron como aquellas áreas a 5 km o menos de la vegetación remanente en la Costa y Amazonía, y a 3 km o menos en los Andes. En los Andes se utilizó una distancia de referencia menor debido a la alta heterogeneidad de condiciones ambientales y socioeconómicas en distancias pequeñas que predomina en esta región. Estos valores son referenciales y representan uno de varios escenarios posibles para priorizar paisajes que promuevan conectividad.

Así identificadas, estas áreas representan distintos contextos de oportunidades y barreras para mantener o incrementar la conectividad de áreas de vegetación remanente (Figura 2). A nivel nacional se configuran patrones diferenciados, en relación a la escala a la cual se pueden planificar actividades para conectividad. Por ejemplo, en paisajes donde existe proporcionalmente mayor área de vegetación remanente,



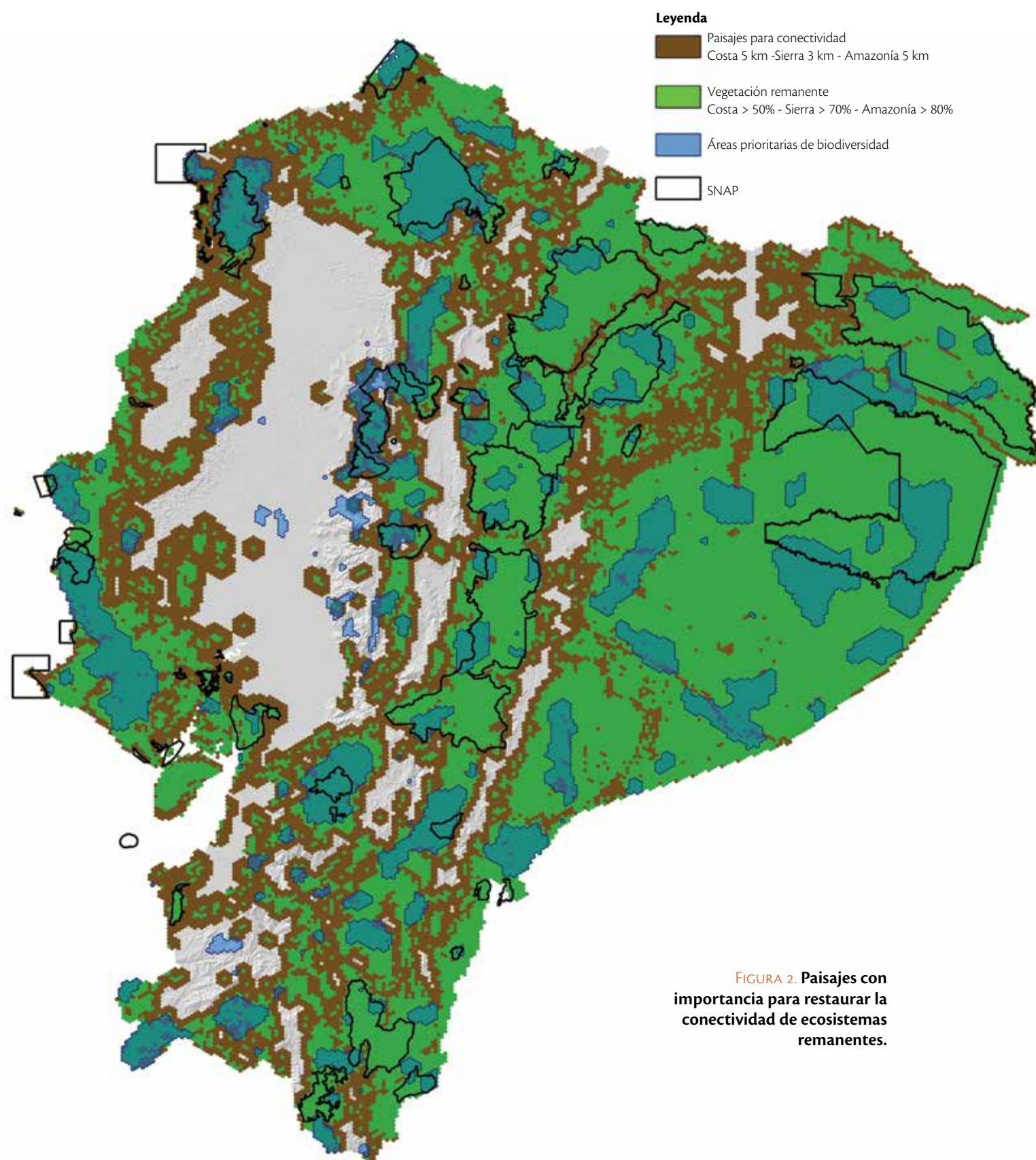


FIGURA 2. Paisajes con importancia para restaurar la conectividad de ecosistemas remanentes.

en relación a usos y coberturas de origen antrópico conformando mosaicos complejos, se observa que las áreas de conectividad potencial conforman paisajes continuos. Ejemplos de este patrón se encuentran en la provincia de Napo, el centro, sur y occidente de Orellana, Zamora Chinchipe, el sur de Loja, Santa Elena, entre otros.

Otro patrón se caracteriza por la existencia de áreas de vegetación remanente fragmentada y dispuestas longitudinalmente a lo largo de elementos estructurantes del paisaje. Esta fragmentación de ecosistemas tiene tanto origen natural, como en el caso de los páramos distribuidos en las partes más altas en ambas cordilleras, como también tiene origen antrópico, asociado con áreas de uso dispuestas a lo largo de valles que interrumpen la continuidad de los ecosistemas (p.ej. cuenca media del Pastaza). Este patrón es característico a lo largo de la cordillera occidental de los Andes, en Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, donde parches de páramos y bosques Andinos montanos se distribuyen en dirección norte-sur, interrumpidos por áreas de intervención normalmente asociadas a las vías de comunicación entre la Costa y la región Andina.

Un tercer patrón ocurre en zonas donde prevalecen las áreas intervenidas bajo distintos usos agropecuarios como matriz dominante del paisaje. En estas zonas, las oportunidades de conectividad representan el borde próximo a la frontera agrícola y, en algunos casos, fragmentos aislados de vegetación natural remanente en una matriz de intervención. Estos casos se observan en la mayor parte de la zona interna de la costa, asociada a las cuencas del Guayas y Babahoyo; en el callejón interandino en los Andes del centro y norte; y alrededor de los ejes viales en el piedemonte amazónico y en el centro de Sucumbios.

En cuanto a la representatividad de las áreas identificadas, la Tabla 3 representa los patrones descritos. A nivel de cada región, la Costa presenta el mayor porcentaje de los paisajes de conectividad descritos en relación al área total y la Amazonía el menor porcentaje. Este patrón se acentúa cuando se comparan estas áreas de importancia para la conectividad. Por ejemplo, en la Costa, por cada hectárea de vegetación remanente se mapearon alrededor de 1,4 ha de áreas de con potencial para restaurar conectividad. Esto confirma la poca remanencia y la alta fragmentación de los ecosistemas en esta región. En contraste, en la Amazonía por cada hectárea de vegetación remanente se mapearon alrededor de 0,23 ha de áreas de con potencial para restaurar conectividad, lo que está asociado a la existencia de remanentes extensos de ecosistemas naturales en esta región.



Consideraciones para incluir el escenario 1 en la planificación y gestión territorial

Los patrones observados plantean oportunidades diferenciadas para establecer objetivos de manejo del territorio y sus estrategias asociadas. En paisajes donde aún existe una matriz dominante de vegetación natural, se puede pensar en estrategias para recuperar conectividad y mantener integridad de remanentes tomando áreas de importancia de conservación de biodiversidad y áreas del PANE como zonas clave. Por ejemplo, el área de la cordillera costera desde el sur de Manabí, Santa Elena, hasta el occidente de Guayas alberga importantes remanentes de bosques secos inter-dispersos con áreas intervenidas. Estas áreas podrían ser priorizadas para esquemas de restauración con fines de mejorar la conectividad del paisaje, reducir efectos de borde e incrementar la funcionalidad (p.ej. regulación hídrica) de los amenazados ecosistemas de la cordillera costera del país.

En la vecindad de las áreas de frontera agrícola (p.ej. en el callejón interandino) se podrían implementar estrategias de manejo integrado de los recursos naturales, orientadas a mejorar las condiciones de los paisajes de uso agropecuario para proveer servicios ecosistémicos. Esto incluye la restauración de ecosistemas en áreas clave para la provisión de servicios hídricos (particularmente en la sierra central asociado a los páramos) y el incremento de la biomasa forestal con especies nativas en paisajes de uso agropecuario (p.ej. mediante cercas vivas y sistemas agro-silvo-pastoriles).



Finalmente, estrategias de manejo territorial estructuradas en corredores de conservación y manejo sostenible pueden ser alternativas importantes cuando se busca conectividad entre áreas clave (p.ej. del SNAP) a escala macro. Un ejemplo claro lo constituyen los bosques Andinos distribuidos en la vertiente exterior de la cordillera occidental entre la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas y la Reserva Ecológica Los Ilinizas. El área de importancia para conservación de biodiversidad se extiende a lo largo de estos remanentes, que incluyen un mosaico de usos agropecuarios que amenazan con romper la conectividad latitudinal y altitudinal en estos ecosistemas (Figura 2).

TABLA 3. Áreas potenciales para promover conectividad en el Ecuador continental

REGIÓN	ÁREA TOTAL (KM ²)	ÁREA CONECTIVIDAD (KM ²)	% DE REGIÓN	ÁREA VEGETACIÓN REMANENTE (KM ²)	% ÁREA CONECTIVIDAD / VEGETACIÓN REMANENTE
Sierra	107 613	34 534	32,09%	54 444	63,43%
Amazonia	78 958	14 609	18,50%	62 864	23,24%
Costa	66 839	23 739	35,52%	18 654	127,26%
Nacional:	253 410	72 882	28,76%	135 962	53,61%

Escenario 2: Gestión de área de vegetación remanente bajo presiones antrópicas



¿Por qué es importante este escenario?

El mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad en el Ecuador es un reto complejo que requiere la articulación de acciones, instituciones y marcos normativos a varias escalas. Esta complejidad está relacionada con múltiples procesos de presión sobre los ecosistemas, que van más allá de la conversión de los hábitats naturales a áreas de uso antrópico. Las especies y ecosistemas remanentes se encuentran bajo múltiples factores de presión, relacionados con usos consuntivos (p.ej. tala selectiva de especies maderables), cercanía con áreas intervenidas, cambio climático, entre otros (Jarvis *et al.*, 2010). Se vuelve necesario generar información que permita estimar, mapear y monitorear en el tiempo la superficie de vegetación remanente bajo mayor presión de origen antrópico.

El mapeo de patrones de presión no es una tarea trivial, debido a la carencia de información sistemática a nivel nacional sobre las causas directas de estas presiones (p.ej. cacería ilegal) y a que normalmente el levantamiento de evidencia directa requiere altas inversiones de recursos financieros, humanos y tecnológicos (Gavin *et al.*, 2010). Debido a esto, estimar patrones de presión sobre ecosistemas, especialmente en áreas extensas, normalmente requiere el uso de modelos geográficos que permiten inferir la distribución espacial de áreas bajo presión (Sala *et al.*, 2000; Sanderson *et al.*, 2002; Alkemade *et al.*, 2006). Bajo esta lógica, estos escenarios representan herramientas importantes para una gestión efectiva del territorio, al permitir enfocar acciones (p.ej. conservación, monitoreo en campo) en contextos de recursos limitados.



¿Qué nos dice el escenario 2?

El escenario generado de presión sobre ecosistemas remanentes en Ecuador parte de algunas premisas básicas sobre el comportamiento de los factores que generan esta presión:

- **Accesibilidad:** Se considera que aquellas áreas que se encuentran más cercanas a mercados, red vial o red hidrográfica navegable tendrán en general niveles mayores de presión sobre ecosistemas naturales, tanto por uso de recursos de los ecosistemas como por presión para conversión de áreas a usos agropecuarios.
- **Deforestación reciente:** Se considera que áreas próximas a eventos de deforestación observados en los últimos seis años podrían estar sujetas a riesgo de deforestación en el corto plazo.
- **Actividades extractivas:** Se utilizó como indicador las áreas de concesión minera al año 2013 para definir la influencia directa e indirecta de actividades extractivas sobre los ecosistemas remanentes.

TABLA 4. Patrones de áreas bajo presión para las tres regiones del Ecuador continental

REGIÓN	ÁREA TOTAL (KM ²)	VEGETACIÓN REMANENTE BAJO PRESIÓN (KM ²)	% DE REGIÓN	ÁREA VEGETACIÓN REMANENTE (KM ²)	% ÁREA BAJO PRESIÓN / VEGETACIÓN REMANENTE
Amazonia	78 958	43 599	55,22%	63 034	69,17%
Costa	66 839	13 874	20,76%	19 039	72,87%
Sierra	107 613	31 724	29,48%	53 914	58,84%
Nacional:	253 410	89 197	35,20%	135 987	65,59%

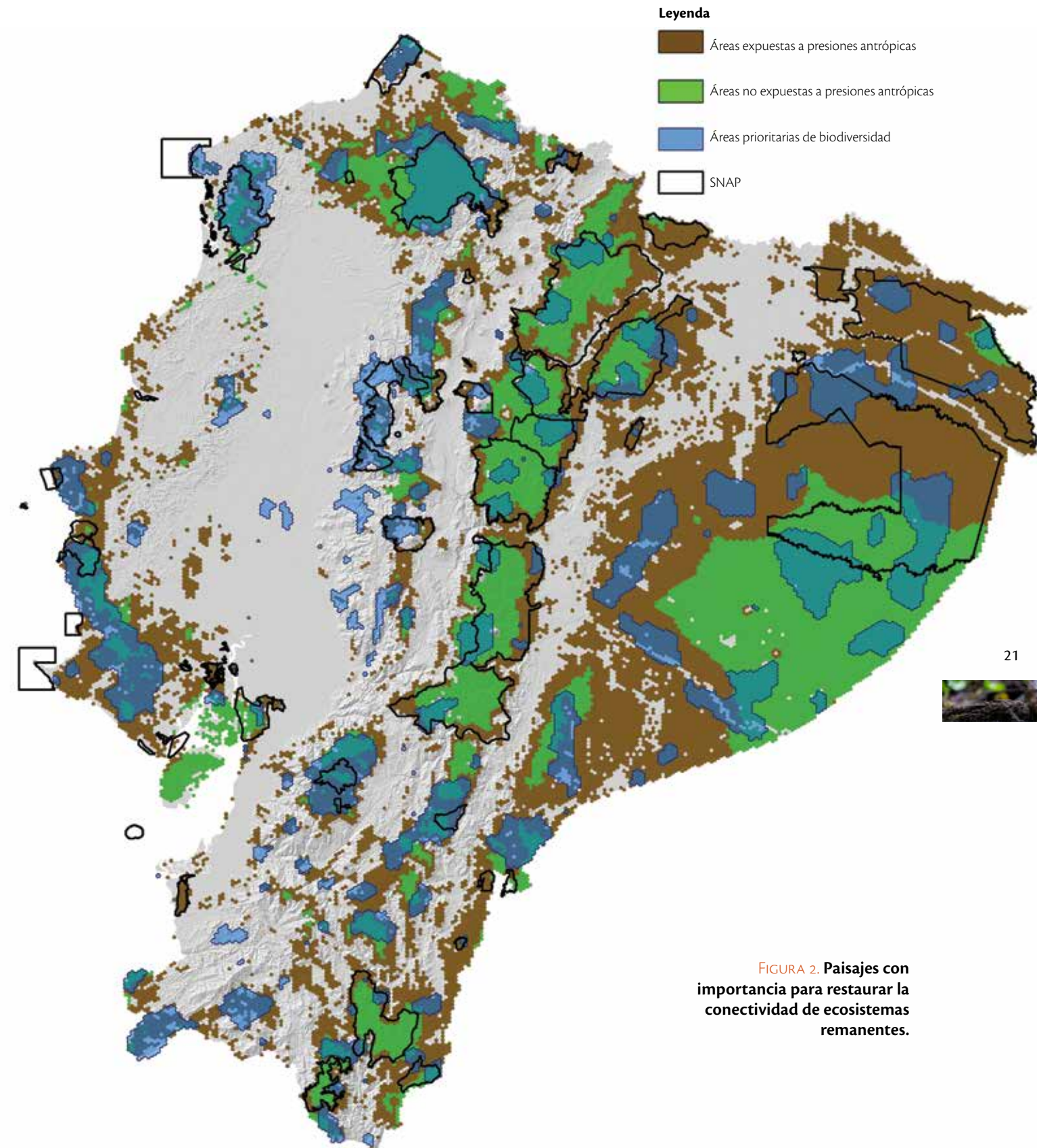


FIGURA 2. Paisajes con importancia para restaurar la conectividad de ecosistemas remanentes.



© Esteban Baus C



En la Figura 3 se mapean las áreas donde se encuentran presentes uno o varios de los factores de presión mencionados arriba. A nivel nacional, la vegetación remanente bajo presión representa el 35% de la superficie del Ecuador continental. Esta superficie representa aproximadamente el 66% de la superficie de vegetación remanente (Tabla 4). Los patrones regionales divergen del patrón nacional. En la Costa la vegetación remanente bajo presión es únicamente el 21% de la superficie total de la región, pero representa el 73% de la vegetación remanente (Tabla 4). Este patrón está relacionado con la baja remanencia y elevada amenaza a los ecosistemas remanentes de la Costa, resultado de una historia larga de usos agropecuarios intensivos y extensivos.

En la Amazonía la vegetación remanente bajo presión es el 55% de la región y casi el 70% de la vegetación remanente (Tabla 4). Este estimado elevado de ecosistemas amazónicos bajo presión nace de los patrones de accesibilidad a través de la red vial y fluvial que generan elevada presión sobre las comunidades de fauna y flora de esta región. En contraste, las áreas de vegetación remanente bajo presión potencial, especialmente en los Andes del sur, se encuentran asociados una combinación de conversión de hábitat, accesibilidad y actividades extractivas (Figura 3).

Consideraciones para incluir el escenario 2 en la planificación y gestión territorial

Los patrones observados resaltan la importancia de realizar lecturas combinadas para el manejo del territorio, enfocado en objetivos específicos asociados a la conservación de la biodiversidad. Por ejemplo, las áreas de importancia para la biodiversidad, definidas en el análisis de vacíos y prioridades de conservación, son claves en la Amazonía norte para recuperar la integridad de ecosistemas remanentes sometidos a presiones antrópicas potenciales dentro de la Reserva de Protección Faunística Cuyabeno y el Parque Nacional Yasuní, y el paisaje que las conecta (Figura 3). En Pastaza y Morona Santiago, las áreas de importancia de biodiversidad pueden definir puntos focales para conservar la biodiversidad en el abanico del río Pastaza.

En la región Andina, la alta fragmentación de origen natural (p.ej. en el caso de los páramos) y antrópico, implica que mucha de la vegetación remanente presenta altos niveles de accesibilidad; y, en consecuencia, de presión potencial sobre las comunidades bióticas. En la cordillera oriental, existen algunos parches importantes de ecosistemas remanentes con relativamente baja presión de los factores analizados y que están asociados a las áreas del PANE. Las áreas bajo presión están asociadas a los ejes viales que unen los Andes con la región Amazónica, y a los frentes activos de deforestación en el piedemonte Andino (p.ej. en la parte baja de Napo y la zona occidental de Sucumbíos y Orellana) (Figura 3). En ambos casos, las estrategias de manejo del territorio deben concentrarse en mantener la integridad del PANE y complementarlo con áreas que promuevan la conectividad de los hábitats remanentes.

En la Costa, el análisis presenta que la mayor parte de la vegetación remanente se encuentra bajo presión (Figura 3). La extensión limitada del PANE en esta región combinada con la baja remanencia de hábitats y factores asociados a la tenencia de la tierra y los sistemas productivos en la vecindad de estos remanentes, plantean la necesidad de múltiples mecanismos que promuevan la gestión sostenibles de paisajes. Por ejemplo, en Esmeraldas la presión se deriva de patrones recientes de deforestación y se requiere un trabajo detallado de monitoreo de algunos causantes directos de deforestación, tales como las plantaciones de palma africana. En la cordillera de la Costa, el trabajo con comunidades y productores deberá promover áreas de manejo especial, tales como las áreas de conservación bajo el Programa Socio Bosque.



© Rubén D. Jarrín E

Escenario 3: Áreas prioritarias para la conservación de especies en peligro de extinción

¿Por qué es importante este escenario?

La tasa de pérdida de la biodiversidad a escala global ha aumentado en las últimas décadas a niveles sin precedentes (Sala *et al.* 2005). La gravedad de estos cambios se acentúa aún más en los países tropicales, dada su contribución a la biodiversidad global (Dinerstein *et al.* 1995; Mittermeier *et al.* 1998; Myers *et al.* 2000) y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para sostener la vida humana (Buytaert *et al.* 2011; Gibbon *et al.* 2010; Malhi *et al.* 2010).

Al año 2014, el Ecuador reporta una superficie de bosques nativos de 12,75 millones de hectáreas, correspondiente a una reducción de 1,83 millones respecto al área reportada para el año 1990 (MAE, 2015b). Si bien se reporta descensos en las tasas de pérdidas anuales de bosques, estas siguen siendo considerables. La tasa anual de deforestación para el período 2008-2014 se reporta en 0,37%, equivalente a una pérdida promedio anual de 47 mil hectáreas (Tabla 5).

TABLA 5. Deforestación del Ecuador continental

PERÍODO	DEFORESTACIÓN NETA ANUAL PROMEDIO (HA/AÑO)	TASA ANUAL DE DEFORESTACIÓN NETA (%)
1990 - 2000	92 742	-0,65%
2000 - 2008	77 748	-0,58%
2008 - 2014	47 497	-0,37%

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015.

Estos valores de pérdida de hábitats boscosos, sumado a las pérdidas históricas del siglo XX (Sierra & Stallings, 1998; Sierra, 2000), han generado cambios profundos en los paisajes del Ecuador, principalmente en la Costa, la Amazonía norte, la Sierra central y el piedemonte andino. En los casos más graves es probable que los ecosistemas remanentes hayan perdido sus atributos y funciones, hayan sufrido extinciones locales de varias especies y en muchos casos su capacidad de regeneración (i.e. resiliencia) haya disminuido ante grandes disturbios como inundaciones o fuegos a gran escala.

Pese a no contar en el Ecuador con datos sobre tamaños de las poblaciones silvestres y sus tendencias, existe un constante incremento en el número de especies de plantas y vertebrados incluidos en las listas rojas de la UICN debido a la pérdida de hábitat, tráfico y conflictos con la fauna silvestre. Las

evaluaciones realizadas durante la última década (Granizo *et al.*, 2002; IUCN & NatureServe, 2006; Tirira, 2011; León-Yáñez *et al.*, 2011) reportan que al menos 530 especies (sin incluir a los peces) se encuentran bajo alguna categoría de amenaza (MAE, 2015a). Por ejemplo, de las 558 especies de anfibios descritos para el Ecuador, 159 (29%) están catalogados bajo alguna de las categorías de amenaza (Ron *et al.*, 2014), incluyendo 47 especies reportadas En Peligro Crítico y 68 especies En Peligro. Estas cifras sugieren que el 21% de los anfibios del país tienen una probabilidad alta de extinguirse en un futuro próximo si los patrones observados no cambian su tendencia. De las 4 437 especies de plantas endémicas registradas para el país, 3 504 de ellas tienen algún grado de amenaza, siendo los casos más graves para 353 y 1 071 especies catalogadas en Peligro Crítico de extinción (CR) y En Peligro (EN) respectivamente.

En este contexto, es necesario generar instrumentos de planificación que permitan focalizar los esfuerzos de conservación en áreas de alta concentración de especies amenazadas y llamar la atención hacia la necesidad de articular esfuerzos entre el gobierno central, los gobiernos locales y la sociedad civil.

¿Qué nos dice el escenario 3?

A través de la construcción de un índice de riqueza de 178 especies de aves, reptiles, anfibios y plantas vasculares que han perdido el 50 % o más de su hábitat al año 2014, se identificaron las áreas en el Ecuador que concentran la mayor cantidad de estas especies (Figura 1). Para su construcción se utilizaron modelos de distribución y registros de ocurrencia de las especies, los cuales están asociados a las bases de datos provenientes del estudio de Prioridades de conservación del Ecuador continental (Cuesta *et al.* 2015).

Para la priorización de las áreas se construyó un índice simple que identifica tres tipos de prioridades:

- Prioridad muy alta, áreas que contienen 30 o más especies
- Prioridad alta, áreas que contienen entre 10 y 30 especies
- Prioridad media, áreas que contienen entre 1 y 10 especies.

Adicionalmente, para el caso de especies con muy pocos registros de ocurrencia y para las cuales no fue posible generar modelos de distribución (n = 22), se incluyeron sus registros de ocurrencia como un

criterio adicional para identificar áreas prioritarias para la conservación debido a la concentración de especies de distribución restringida.

En el caso de la Costa las áreas con mayor concentración se ubican en los bosques de tierras bajas y piemontanos del Chocó en la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas y a lo largo de los ríos Santiago, Verde, Ónzole y Cayapas. Esta región contiene especies de alto valor de conservación como el pájaro paraguas (*Cephalopterus penduliger*) o las pavas de monte (*Crax rubra*, *Ortalis erythroptera*), entre otras (Tabla 6). Otra área de importancia se ubica en los bosques xéricos y pluviestacionales de la cordillera Costera de Machalilla, San Sebastián, Chongón-Colonche, donde albergan las últimas poblaciones de varias especies amenazadas o endémicas del Ecuador como el colibrí de esmeraldas (*Chaetocercus berlepschi*) o el periquito cachetigrís (*Brotogeris pyrrhoptera*) (Tabla 6). Un bloque de similar relevancia se ubica en la cordillera de Chilla y los bosques xéricos de Zapotillo en el Oro y Loja que contiene especies amenazadas que no se encuentran dentro del sistema nacional de áreas protegidas (p.ej. *Hyloxalus elachyhistus*, *Pyrrhura orcesi*, *Scytalopus robbinsi*). Todas estas áreas tienen un traslape considerable con los vacíos y áreas prioritarias de conservación identificadas recientemente, confirmando su importancia estratégica (Santander *et al.*, 2009; Cuesta *et al.*, 2015b).

En la Sierra, las áreas de mayor importancia se concentran en la cordillera occidental, particularmente a lo largo de los bosques montanos y páramos de los Illinizas y la cuenca alta y media del río Guayllabamba en el noroccidente de Pichincha. Otra área de mucha importancia es la cuenca del río Jubones y los bosques occidentales de la sierra central de Azuay, Cañar y Loja, que contiene altos valores de endemismo y nuevos descubrimientos de especies para la ciencia (Torres-Carvajal *et al.*, 2014).

En la Amazonía resaltan tres sitios clave, los bosques piemontanos de Pastaza, los bosques de la llanura aluvial del Cuyabeno y Yasuní, junto con los bosques montanos de la cordillera del Kutuku y Cóndor (Morona Santiago Zamora) y la planicie del río Santiago-Territorio Achuar (Figura 4, Tabla 6).



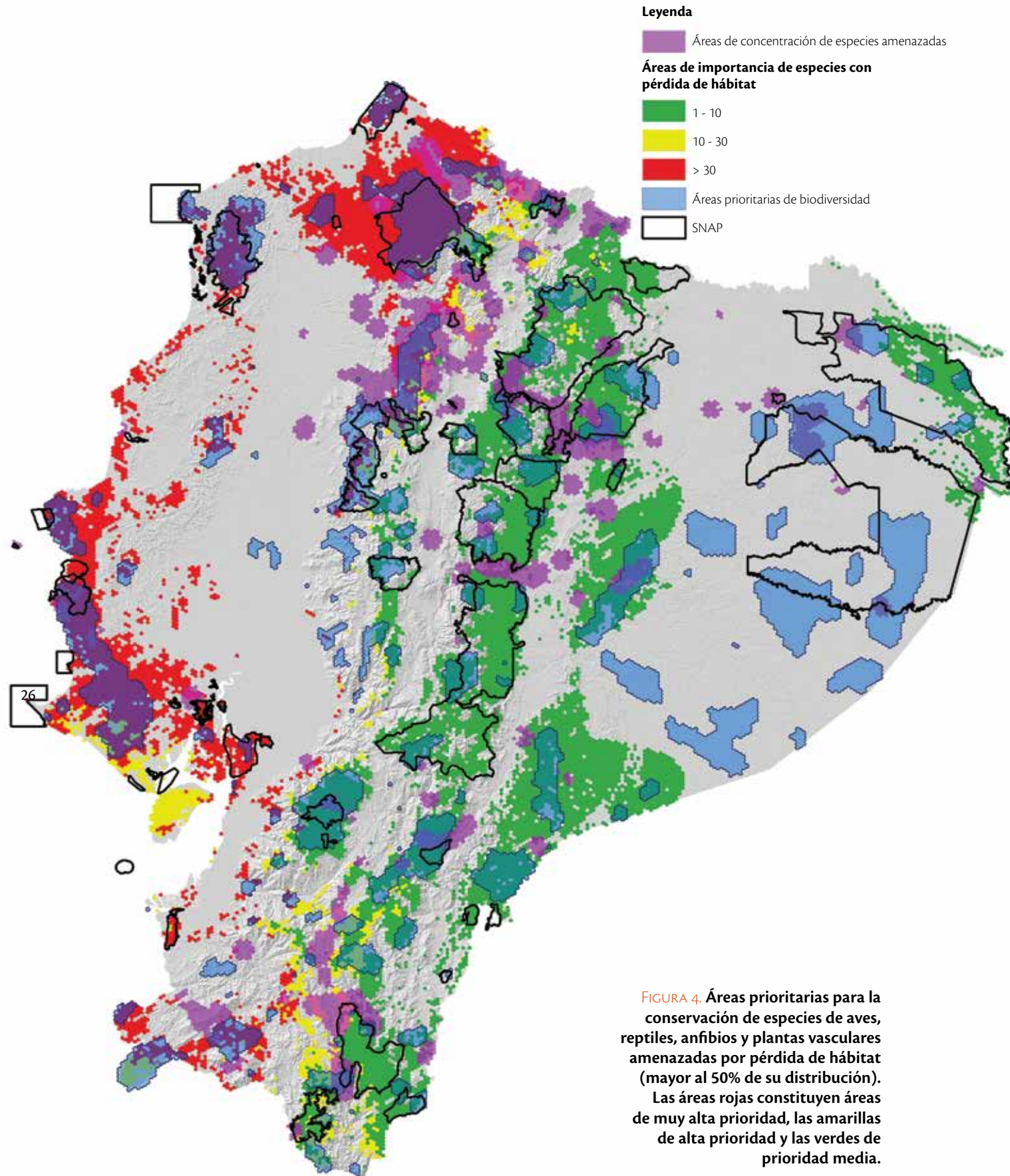


FIGURA 4. Áreas prioritarias para la conservación de especies de aves, reptiles, anfibios y plantas vasculares amenazadas por pérdida de hábitat (mayor al 50% de su distribución). Las áreas rojas constituyen áreas de muy alta prioridad, las amarillas de alta prioridad y las verdes de prioridad media.

TABLA 6. Ejemplos de especies amenazadas por pérdida de hábitat contenidas en las las áreas prioritarias del Ecuador continental.

REGIÓN	ESPECIES	
Bosques de tierras bajas y piemontanos del Chocó	<i>Cephalopterus penduliger</i>	<i>Pittasoma rufopileatum</i>
	<i>Crax rubra</i>	<i>Teratohyla spinosa</i>
	<i>Ortalis erythroptera</i>	<i>Penelope ortoni</i>
	<i>Cochranella litoralis</i>	<i>Tangara johannae</i>
	<i>Espadarana callistomma</i>	<i>Oophaga sylvatica</i>
	<i>Ptychoglossus bilineatus</i>	<i>Notharchus pectoralis</i>
	<i>Psammisia chionantha</i>	<i>Inga silachensis</i>
	<i>Inga multicaulis</i>	<i>Pittasoma rufopileatum</i>
	<i>Hyloscirtus pantostictus</i>	
	Bosques xéricos y pluviestacionales de la cordillera Costera	<i>Chaetocercus berlepschi,</i>
<i>Brotogeris pyrrhoptera,</i>		<i>Inga colonchensis</i>
<i>Pachyramphus spodiurus,</i>		<i>Pseudolmedia manabiensis</i>
<i>Synallaxis tithys,</i>		<i>Capparis sclerophylla</i>
<i>Hyloxalus infraguttatus</i>		
Cordillera de Chilla y los bosques xéricos de Zapotillo	<i>Hyloxalus elachyhistus</i>	<i>Lathrotriccus griseipectus</i>
	<i>Pyrrhura orcesi</i>	<i>Pleurothallis leopardina</i>
	<i>Oreanthes fragilis</i>	<i>Crossoglossa dalessandroi</i>
	<i>Stenocercus humeralis</i>	<i>Eugenia albida</i>
	<i>Brotogeris pyrrhoptera</i>	<i>Myrcianthes irregularis</i>
	<i>Scytalopus robbinsi</i>	<i>Aphelandra andersonii</i>
Bosques montanos y páramos de los Illinizas y la cuenca media del río Guayllabamba	<i>Grallaria gigantea</i>	<i>Ceroxylum alpinum ecuadorensis</i>
	<i>Glaucidium nubicola</i>	<i>Oreopanax corazonensis</i>
	<i>Oreothraupis arremonops</i>	<i>Aiphanes chiribogensis</i>
	<i>Penelope ortoni.</i>	<i>Cynanchum longecalycinum</i>
	<i>Atelopus bomolochos</i>	<i>Achyrocline mollis</i>
	<i>Gastrotheca guentheri</i>	<i>Atelopus mindoensis</i>



TABLA 6. Ejemplos de especies amenazadas por pérdida de hábitat contenidas en las las áreas prioritarias del Ecuador continental.

REGIÓN	ESPECIES	
Cuenca del río Jubones y los bosques occidentales de la sierra central de Azuay, Cañar y Loja	<i>Gastrotheca litonedis</i> ,	<i>Atelopus onorei</i>
	<i>Atlapetes pallidiceps</i>	<i>Riama aurea</i>
	<i>Gastrotheca monticola</i>	<i>Riama kiziriani</i>
	<i>Atelopus nanay</i>	<i>Phyllodactylus leoni</i>
	<i>Atelopus balios</i>	
Cuyabeno/Yasuní	<i>Gastrotheca orophylax</i>	<i>Spizaetus ornatus</i>
	<i>Caiman crocodilus crocodilus</i>	<i>Tinamus major</i>
	<i>Melanosuchus niger</i>	<i>Ameerega bilinguis</i>
	<i>Scinax garbei</i>	<i>Cruziophyla craspedopus</i>
	<i>Oreobates quixensis</i>	
Pastaza	<i>Hyloxalus cevallosi</i>	<i>Graffenrieda phoenicea</i>
	<i>Allobates zaparo</i>	<i>Meriania cuneifolia</i>
	<i>Clypicerus oseryi</i>	<i>Miconia barclayana</i>
	<i>Leposoma parietale</i>	<i>Bactris setiflora</i>
	<i>Mabuya nigropunctata</i>	<i>Ceroxylum amazonicum</i>
	<i>Dendrophryniscus minutus</i>	<i>Accipiter poliogaster</i>
	<i>Ameerega parvula</i>	<i>Agelasticus xanthophthalmus</i>
	<i>Leandra pastazana</i>	<i>Clypicerus oseryi</i>
Bosques montanos de la Cordillera del Kutuku y Cóndor	<i>Touit stictopterus</i>	<i>Miconia cutucuensis</i>
	<i>Pyrrhura albipectus</i>	<i>Miconia cuprea</i>
	<i>Myiopagis olallai</i>	<i>Meriania campii</i>
	<i>Telmatobius vellardi</i>	<i>Meriania ampla</i>
	<i>T. cirrhacelis</i>	<i>Aiphanes verrucosa</i>
	<i>Atelopus podocarpus</i>	<i>Ceroxylum amazonicum</i>
	<i>Noblella lochites</i>	
Planicie del Río Santiago	<i>Harpia harpyja</i>	<i>Meriania pastazana</i>
	<i>Cairina moschata</i>	<i>Miconia cutucuensis</i>
	<i>Anhima cornuta</i>	<i>Triolena campii</i>

Consideraciones para incluir el escenario en la planificación y gestión territorial

Los resultados evidencian la complejidad de priorizar áreas de conservación en países megadiversos y con tasas históricas elevadas de conversión de ecosistemas naturales a otros usos. Este patrón se acentúa considerablemente en los ecosistemas de la Costa, donde más del 50 % de la vegetación remanente de esta región constituye una prioridad de conservación para especies amenazadas que en muchos casos son endémicas del país (Tablas 2 y 3).

Muchas de estas áreas se traslapan con aquellas áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, seleccionadas previamente por estudios recientes (Sierra *et al.*, 2002; Cuesta *et al.*, 2006; Lessmann *et al.*, 2014), lo que reafirma su relevancia para la biodiversidad del Ecuador.

Entre los años 2005 y 2014, el PANE ha incluido 15 nuevas áreas protegidas cubriendo una extensión superior a 200 000 ha (MAE 2014). Sin embargo, solo el 11% de estas nuevas áreas protegidas tienen coincidencia espacial con las áreas de importancia de biodiversidad definidas en el estudio de Cuesta *et al.* (2015b). A pesar de los esfuerzos por incrementar el número de áreas protegidas, aún persisten importantes vacíos de representatividad que se expresan en varias de las especies amenazadas referidas anteriormente, muchas de las cuales se encuentran fuera de cualquier área protegida del sistema nacional. Esto es particularmente acentuado en regiones como Catamayo-Alamor o la Amazonía sur en la cuenca del río Pastaza.

En el caso de los anfibios se identifica como prioritaria la conectividad del río Mira y la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, procurando consolidar un paisaje de conservación para los ecosistemas del chocó andino, de igual importancia son el macizo del Cajas y la cuenca del río Jubones. La conservación de estas áreas requiere articular los subsistemas del SNAP, complementarios al PANE, tales como: áreas de conservación de los gobiernos autónomos descentralizados, acuerdos de conservación en territorios indígenas o acuerdos de conservación promovidos por los programas nacionales de incentivos de conservación (i.e. Programa SocioBosque).

La expansión o modificación de límites de áreas protegidas como las reservas ecológicas Cotacachi Cayapas, Mache Chindul, Illinizas y los parques nacionales Machalilla, Podocarpus y Cajas es fundamental para la protección de 16 especies de aves globalmente amenazadas, 34 amenazadas en Ecuador y cinco endémicas nacionales que no están protegidas dentro del PANE. Complementariamente, es importante apoyar los procesos paralelos de gestión del paisaje que actualmente impulsa el MAE tales como la consolidación de corredores o reservas privadas que actúen de puentes entre las reservas o que generen una zona de amortiguamiento de alta importancia.

En el caso de reptiles, se requiere desarrollar esquemas de protección en las provincias de Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe donde se concentra la mayor cantidad de especies de reptiles no representados en el sistema de áreas protegidas (zonas bajo los 2 000 m). Sin embargo, con el fin de proteger especies endémicas de reptiles, las cuales se encuentran en mayor número entre los 2000 y 3000 m, sugerimos focalizar los esfuerzos de conservación en los bosques montañosos de los Andes del sur, incluyendo las cordilleras del Cóndor y Kutukú.



Escenario 4. Impactos del cambio climático en la biodiversidad terrestre del Ecuador Continental



¿Por qué es importante este escenario?

La conservación *in-situ* de la diversidad biológica depende principalmente de la preservación de hábitats naturales, razón por la cual los sistemas de áreas protegidas son componentes esenciales de las estrategias nacionales y mundiales de conservación. Ecuador posee 49 áreas protegidas que forman parte del Patrimonio Natural del Estado (PANE) y abarcan una extensión de alrededor de 4,9 millones de hectáreas, equivalentes a cerca del 19% del territorio del país (MAE 2015).

Sin embargo, esta estrategia se ve seriamente amenazada por las fuentes directas de presión relacionadas con los cambios ambientales globales, particularmente el cambio climático y las dinámicas de uso de la tierra (de Chazal & Rounsevell, 2009; Feeley & Silman, 2010). Los incrementos en los valores promedios de temperatura ambiental, junto con variaciones en los ritmos de la precipitación y una mayor frecuencia de eventos climáticos extremos del último quinquenio, confirman un acelerado cambio en las condiciones ambientales de la superficie terrestre (Vuille *et al.*, 2003; Vuille *et al.*, 2008).

Uno de los problemas principales derivados de estos efectos se centra en los cambios inducidos en la configuración espacial de las comunidades biológicas. Varios estudios concuerdan que muchas de las especies que actualmente se encuentran representadas en los sistemas nacionales de áreas protegidas se verán afectadas por el desplazamiento de las condiciones climáticas actuales y la aparición de climas noveles (Juraski & Kreyling, 2007; Dawson *et al.*, 2011).

Un estudio reciente realizado en la red de áreas protegidas de la Comunidad Europea reporta que, de acuerdo a los modelos de cambio climático, para el año 2080, 58 % (± 2.6) de las especies de plantas vasculares y vertebrados terrestres perderán su nicho climático al interior de las reservas europeas (Araújo *et al.*, 2011). Patrones similares se reportan para el sistema de áreas protegidas del continente africano (Hannah *et al.*, 2005) y las mismas tendencias se proyectan para el sistema de parques de Ecuador para el 2050 (Cuesta *et al.*, 2015a).

La incorporación de estos escenarios en el manejo de las áreas protegidas requiere pensar en esquemas complementarios de planificación del territorio que facilite la migración y desplazamiento de las especies para incrementar la probabilidad de colonización de las nuevas áreas climáticamente idóneas o que

permitan amortiguar los impactos al interior de las áreas protegidas existentes.

¿Qué nos dice el escenario 4?

A través de la construcción de un índice que combina las tasas proyectadas de extinción y ganancia de especies a nivel nacional, se estimó la tasa de recambio de la comunidad biológica, comparando su configuración actual versus la comunidad proyectada para el año 2050. Este índice se construyó a nivel de todo el Ecuador continental, utilizando un pixel de 5 km² como unidad de análisis. Adicionalmente, este índice fue estimado para cada una de las áreas protegidas continentales del PANE, creadas hasta febrero del 2013 (Cuesta *et al.*, 2015a). Así fue posible identificar las áreas del PANE con un mayor grado de sensibilidad a los impactos del cambio climático en este escenario.

Para el desarrollo del estudio se construyeron modelos de distribución actual y futura de 667 especies entre plantas vasculares, anfibios, reptiles y aves, que fueron posteriormente editados por los especialistas de cada grupo⁴. Los registros de presencia de especies provienen de bases de datos curadas por científicos con experiencia en cada uno de estos grupos biológicos⁵. La información climática presente y futura fue obtenida de sitios en línea que proveen los datos generados por varios centros de investigación del mundo.

El índice de recambio fue clasificado en 5 categorías (quintiles) para facilitar su visualización (Figura 5). Los dos primeros quintiles representan las áreas con mayor probabilidad de cambio en las comunidades biológicas. El primer quintil reporta áreas donde se espera un cambio de más del 46% de la comunidad de especies al 2050 (> 45,9), el segundo quintil de 35 a 45,9% de la composición de la comunidad (Figura 5). Los resultados se presentan solo para las áreas remanentes reportadas por el MAE para el año 2014.

El resultado evidencia una concentración de las áreas de mayor impacto en la Amazonía, particularmente en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Parque Nacional Yasuní y la llanura aluvial ubicada entre el río Pastaza, Upano y Santiago (Figura 5).

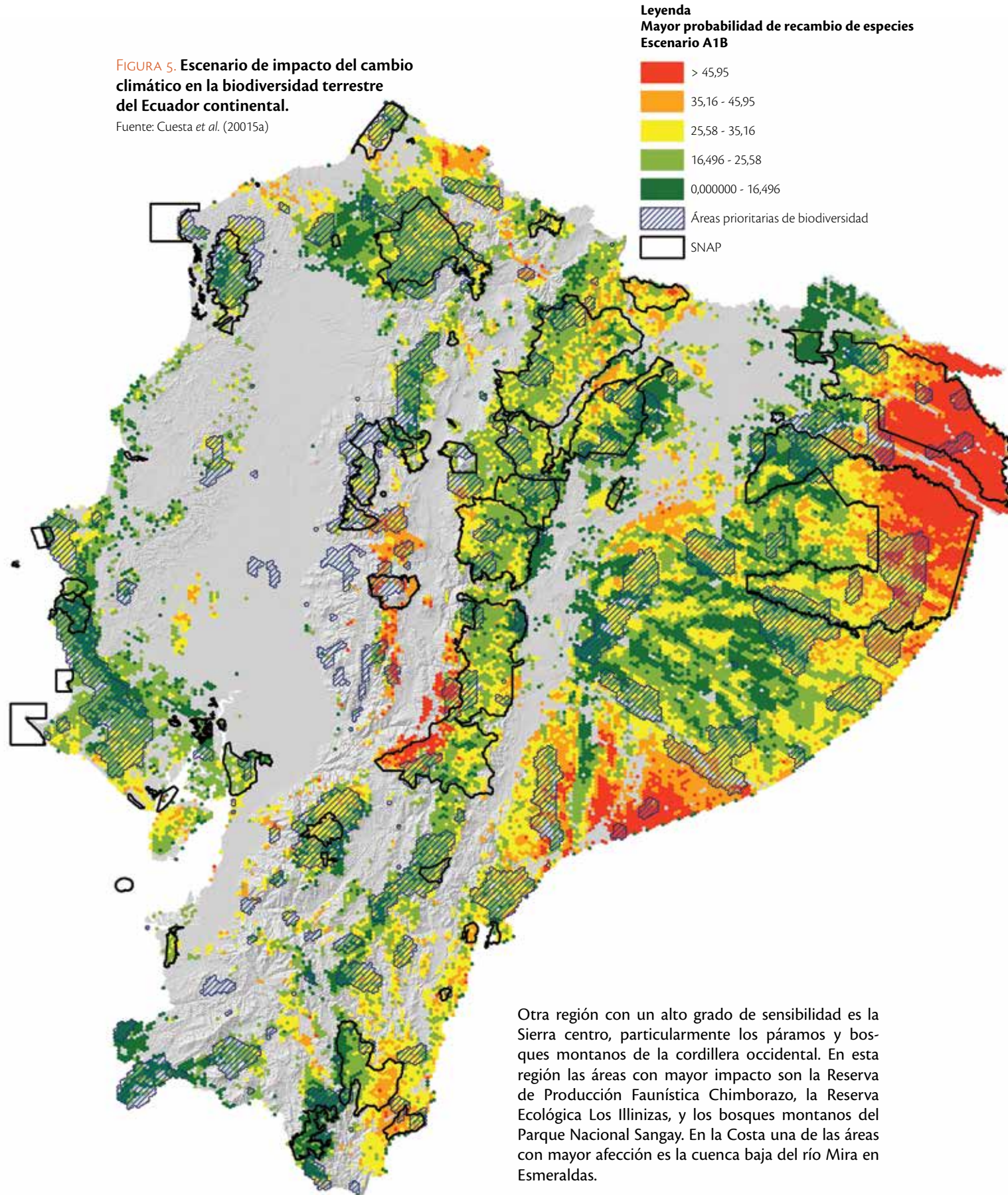
⁴ La validación de la distribución presente de las especies estuvo a cargo de: Juan Fernando Freile (Aves), Andrés Merino-Viteri (Anfibios), Priscilla Muriel (Angiospermas y Helechos) y Omar Torres (Reptiles).

⁵ Bases de datos del Museo QCAZ y Herbario QCA, Escuela de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, base de datos de aves del Ecuador administrada por Juan Fernando Freile, base de datos de biodiversidad de los andes Tropicales de Condesa, administrada por Francisco Cuesta.



FIGURA 5. Escenario de impacto del cambio climático en la biodiversidad terrestre del Ecuador continental.

Fuente: Cuesta *et al.* (20015a)



Otra región con un alto grado de sensibilidad es la Sierra centro, particularmente los páramos y bosques montanos de la cordillera occidental. En esta región las áreas con mayor impacto son la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, la Reserva Ecológica Los Illinizas, y los bosques montanos del Parque Nacional Sangay. En la Costa una de las áreas con mayor afección es la cuenca baja del río Mira en Esmeraldas.

Leyenda
Mayor probabilidad de recambio de especies
Escenario A1B

- > 45,95
- 35,16 - 45,95
- 25,58 - 35,16
- 16,496 - 25,58
- 0,000000 - 16,496
- Áreas prioritarias de biodiversidad
- SNAP

Consideraciones para incluir el escenario en la planificación y gestión territorial

Los resultados generados en este escenario de priorización reportan un alto impacto potencial que podría generar pérdidas sin precedentes en la biodiversidad del país. Las acciones que se tomen durante las próximas dos décadas para revertir o reducir este proceso son cruciales. La consolidación del PANE será una estrategia fundamental. Sin embargo, entendiendo que estos factores de cambio climático son dinámicos en el tiempo y el espacio, es necesario analizar si la configuración actual del PANE será una estrategia efectiva de respuesta para la conservación de la biodiversidad in-situ en el mediano plazo.

A continuación se presenta algunos lineamientos para mejorar la capacidad de respuesta del PANE en escenarios de cambios ambientales:

1. Los cambios en los rangos de distribución de las especies proyectan una alta tasa de extinción y de recambio de las comunidades al interior de las áreas protegidas. En muchos casos, las áreas de mayor cambio se encuentran en áreas no protegidas, particularmente en el piedemonte andino-amazónico o en los flancos exteriores de la cordillera occidental. Esto tiene serias implicaciones desde el punto de vista de cómo articular las áreas de conservación del PANE en un marco de planificación territorial más amplio, donde el rol de los gobiernos locales (i.e. parroquias, municipios, prefecturas) es preponderante. El caso de las áreas amazónicas es aún más preocupante, pues los valores de alto recambio sugieren una alta tasa de extinción y una tasa reducida de colonización de nuevas especies. La tasa de colonización podría incrementarse si se considera como poblaciones fuente a la Amazonia peruana y colombiana, lo que abre la necesidad de una construcción de una agenda regional común sobre estos temas. De acuerdo a algunos estudios, la Amazonía ecuatoriana podría funcionar como un refugio de toda la cuenca amazónica, pues en un marco continental, es de las áreas menos afectadas si se compara con la Amazonía de Perú y Brasil (Malhi *et al.*, 2008; Phillips *et al.*, 2009).
2. Mantener la conectividad de las áreas protegidas a lo largo de la gradiente de elevación, humedad y condiciones edáficas (Killeen & Solórzano 2008; Hole *et al.* 2011). Estas gradientes son necesarias para garantizar el recambio de especies así como para preservar la posibilidad de contener diferentes poblaciones de una especie con diversos acervos genéticos que puedan garantizar una mejor capacidad adaptativa (Jump & Peñuelas 2005; Thuiller

et al. 2008). De igual manera, la preservación de estas gradientes garantiza el mantenimiento de procesos y funciones ecosistémicas entre regiones (i.e. Andes-Amazonía) como los flujos de agua, productividad primaria y los patrones de circulación climática

3. Incorporar los ecotonos en el diseño de las áreas del PANE. Los ecotonos son clave porque permiten mantener poblaciones que han estado sometidas a continuas variaciones microclimáticas, y por lo tanto a condiciones de estrés fisiológico diario (Kupfer & Cairns 1996; Lutz *et al.* 2013). Es probable que estas condiciones favorezcan el desarrollo de estrategias fisiológicas o ecológicas en los individuos de estas poblaciones que los individuos de las poblaciones que ocurren en los óptimos climáticos carezcan (Cavieres & Piper 2004). De esta manera es posible incorporar poblaciones con mejor capacidad adaptativa a las variaciones climáticas proyectadas.
4. Los modelos de nicho climático permiten identificar áreas climáticamente estables en escenarios futuros. Estas áreas podrían ser consideradas como refugios biológicos, similares a los sugeridos por Fjeldsá (1995) durante las fluctuaciones climáticas del Pleistoceno. La incorporación de estas áreas climáticamente estables al SNAP, es un criterio clave en el diseño de estos sistemas de reservas, pues podrían actuar como conectores entre las antiguas y nuevas áreas de concentración de biodiversidad en un enfoque metapoblacional (Vos *et al.* 2008).
5. Varios estudios sugieren que dado el alto grado de incertidumbre respecto a los impactos del CC, la prioridad debe estar enfocada en mejorar la conectividad del paisaje, a través de la incorporación de nuevas áreas en localidades que minimicen la distancia entre las reservas existentes (Opdam & Wascher 2004; Williams *et al.* 2005). Estas áreas no tienen que ser muy grandes pero su disposición en el paisaje es estratégica, ya que contribuyen a garantizar la capacidad de migración y colonización efectiva de la especie entre las reservas grandes. Por lo tanto, el desarrollo de estrategias de planificación del territorio que promuevan la creación de áreas de gobiernos locales o de la sociedad civil en áreas contiguas a las áreas del PANE, es un aspecto primordial. En este mismo punto, la recuperación de áreas degradadas por efectos de cambios de uso del suelo en y alrededor de las áreas de amortiguamiento, permitirá incrementar la resiliencia de las áreas protegidas.

Conclusiones y recomendaciones

El PANE está constituido por 50 áreas protegidas que abarcan aproximadamente 4,2 millones de hectáreas, equivalente al 19,14% del área continental del país. La intención de proteger la biodiversidad del país es notoria y ha conducido a la inclusión de una superficie considerable de la vegetación remanente del país. Entre el 2005 y 2014, cuando se generó el primer estudio de vacíos y prioridades de conservación del Ecuador (Cuesta *et al.* 2006), el MAE ha declarado la creación de 15 nuevas áreas protegidas cubriendo una extensión superior a 200.000 ha (MAE 2013). Lamentablemente, solo el 11% de estas nuevas áreas protegidas tienen coincidencia espacial con las áreas del nuevo estudio de Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador Continental (Cuesta *et al.*, 2015b).

A pesar de los esfuerzos, promovidos por el Estado ecuatoriano a través del Ministerio del Ambiente, por incrementar el número de áreas protegidas aún persisten importantes vacíos de representatividad. Estos se agrupan en tres grandes casos: (1) existencia de áreas protegidas pequeñas y aisladas entre sí (p.ej. cordillera del Cóndor), (2) desequilibrio en la distribución de las áreas que conforman el PANE (i.e. la Sierra tiene el doble de áreas protegidas que las otras dos regiones) lo que se traduce en un sistema poco eficiente con limitada representatividad de algunas regiones como el sector biogeográfico Catamayo-Alamor o los bosques húmedos del Pacífico, (3) ausencia de áreas protegidas en regiones biogeográficas específicas (i.e. Amazonía centro-sur). Así, los vacíos de conservación más relevantes para el sistema son: el abanico del Pastaza en la Amazonía centro-sur, los Andes del sur, particularmente los Andes occidentales, los bosques secos de la cordillera costera y Zapotillo, los manglares de la región tumbesina (El Oro), los bosques montanos y piemontanos del Chocó (Pichincha), los bosques montanos del macizo del Cajas, y la cordillera sub-andinas del Condor y Kutukú (Figura 6).

Los vacíos de conservación del PANE se traducen en ecosistemas, comunidades y especies no representados en su interior. Particularmente, un gran número de especies, muchas de ellas endémicas o amenazadas, se localizan en áreas no protegidas. Estas áreas merecen particular atención por su relevancia específica.

Por ejemplo, la diversidad de aves, en particular de especies endémicas regionales, está cubierta por el Patrimonio de Áreas Naturales del Ecuador (PANE) en un 75% aproximadamente (Freile & Rodas, 2008). Sin embargo, al menos 16 especies globalmente

amenazadas y 34 amenazadas en Ecuador (incluyendo un 65-70% de especies endémicas regionales) no reciben protección dentro del PANE. Lo más crítico es que entre estas especies ausentes del PANE se encuentran cinco endémicas nacionales (*Chaetocercus berlepschi*, *Eriocnemis nigrivestis*, *Pyrrhura orcesi*, *Scytalopus robbinsi* y *Atlapetes pallidiceps*). Lograr proteger los hábitats de estas especies requiere generar mecanismos y acuerdos de conservación de las siguientes áreas: cuenca alta del río Guayllabamba, Chongón-Colonche, bosques húmedos piemontanos entre Azuay y el norte de El Oro, valle seco del río Jubones, en Azuay, los bosques xéricos y semi-deciduos del occidente de Loja y El Oro (cordillera de Chilla).

Complementariamente, en muchos otros casos, si fuese factible expandir los límites de las áreas Podocarpus, Cotacachi-Cayapas, Mache-Chindul, Illinizas, y Cajas, se lograría mejorar la inclusión de varias poblaciones de especies amenazadas o endémicas cuya presencia en estas áreas es marginal (p.ej. *Crax rubra*, *Neomorphus radiolosus*, *Glaucidium nubicola*, *Ara ambiguus*, *Pyrrhura albipectus*, *Xenerpestes minlosi*, *Grallaria ridgelyi*, *Pittasoma rufopileatum*, *Wetmorethraupis sterrhopteron*, entre otras).

Por otro lado, para grupos menos estudiados que las aves, como es el caso de los reptiles, existen todavía regiones poco exploradas del país, donde es muy probable que se realicen nuevas descripciones de especies con rangos de distribución restringidos. Los estudios recientes sobre este grupo priorizan a la Amazonía centro sur (Morona y Pastaza) como un área prioritaria no protegida. Otro ejemplo de lo dicho y donde recientemente se han descrito especies nuevas para la ciencia, de rango restringido (*Riama aurea*, *R. kiziriani* y *Phyllodactylus leoni*; Sánchez-Pacheco *et al.* 2012; Torres-Carvajal *et al.* 2013), es los Andes del Sur en las provincias de Cañar, Loja y El Oro.

En el caso de los anfibios, las siguientes áreas se consideran prioritarias para varias de las especies amenazadas del país: La zona del río Mira, límite provincial entre Carchi e Imbabura (presencia de poblaciones remanentes de especies endémicas que potencialmente disminuyeron en la década de los 80. Ese, es el caso de *Atelopus coynei* que fue registrado en la zona en 2012). El macizo del Cajas junto con la cuenca del río Jubones es un área prioritaria para varias de las especies que sufrieron declinaciones grandes en la década de los 80 y mediados de los 90, como por ejemplo *Atelopus nanay* y *A. bomolochos* (en páramo) junto con *Atelopus balios* y *A. onorei* (bosques montanos). El abra del río Zamora, que coincide con el Parque Nacional Podocarpus, es de mucha importancia para la conservación de especies amenazadas



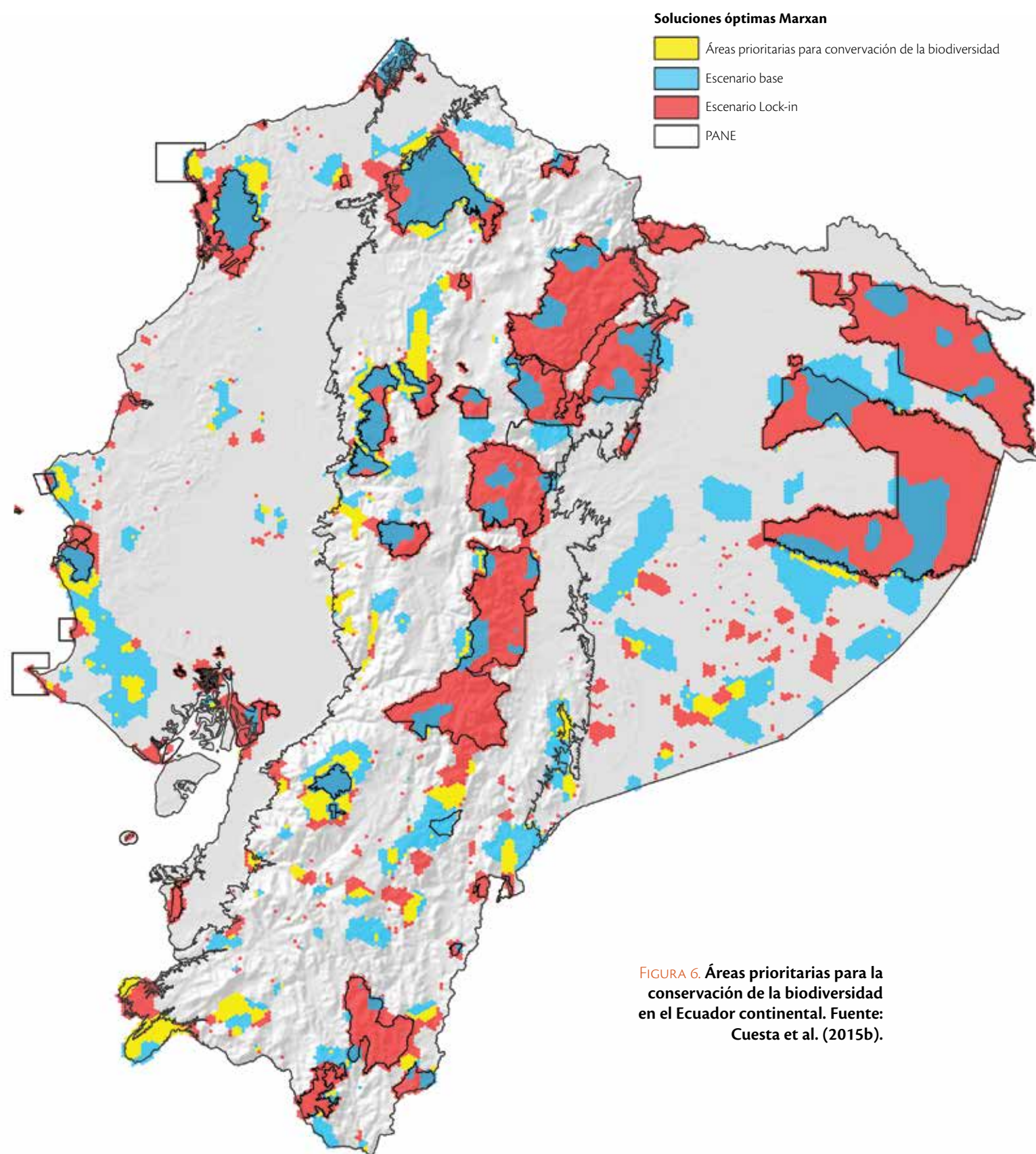


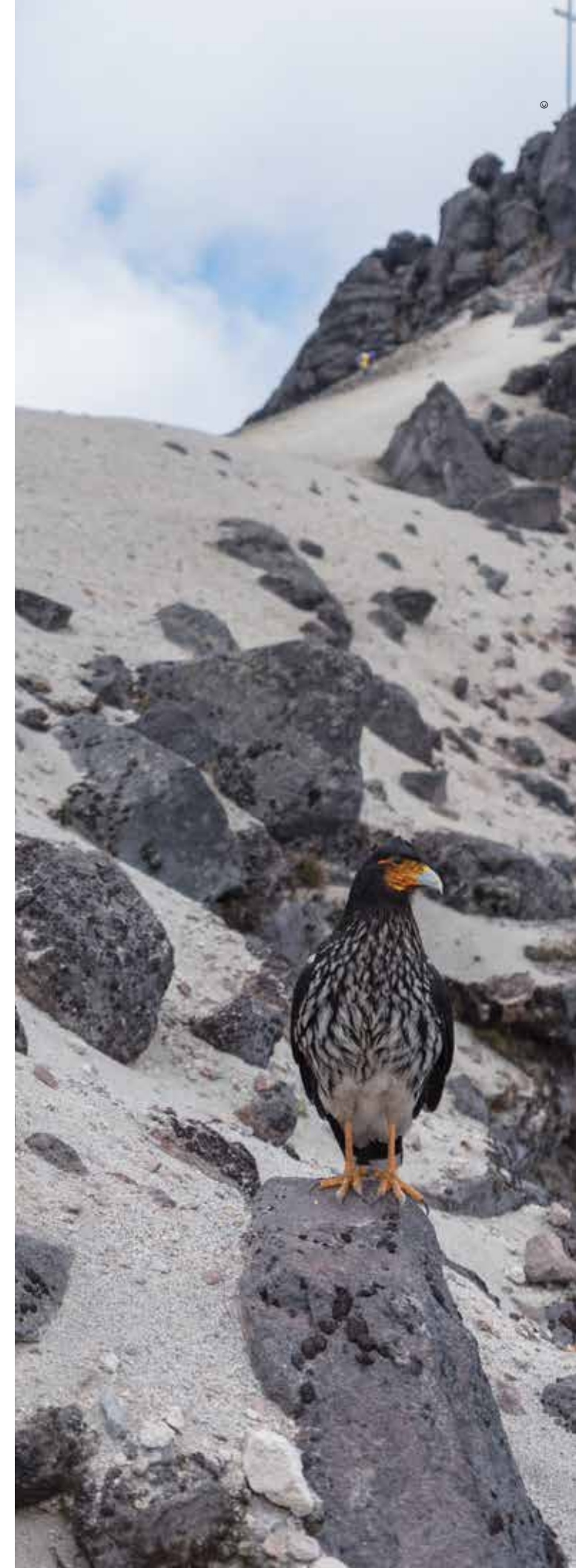
FIGURA 6. Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental. Fuente: Cuesta et al. (2015b).

como *Telmatobius vellardi*, *T. cirrhacelis*, y *Atelopus podocarpus*, así como también por la probabilidad de existencia de varias especies nuevas para la ciencia. Las cordilleras del Kutukú y El Cóndor, y la zona de conectividad hacia la zona de Puerto Morona, son zonas donde existe alta diversidad muy singular y poco estudiada. Es probable la ocurrencia de varias especies nuevas para el Ecuador y la ciencia (Cuesta et al. 2015b).

En adición a las estrategias descritas, para fortalecer las áreas actuales del PANE y complementarlas con áreas pertenecientes a los otros subsistemas, es importante pensar en estrategias efectivas de restauración de ecosistemas. Estrategias como el Plan Nacional de Restauración Forestal del MAE proveen un punto de partida importante para articular distintas prioridades de recuperación de la funcionalidad de los ecosistemas del Ecuador continental. Los escenarios generados en este estudio evidencian algunos lineamientos que pueden servir para fortalecer la implementación de actividades de restauración a distintas escalas.

A escala fina, existen paisajes donde se puede promover el mantenimiento y conservación de la conectividad de la vegetación remanente con una inversión relativamente modesta de recursos. Esto corresponde a las áreas donde los usos de la tierra existentes incorporan sistemas agroforestales, algunos cultivos perennes (p.ej. cítricos) formando mosaicos complejos con usos pecuarios y remanentes de bosque. En estos contextos pueden existir oportunidades para fortalecer prácticas que promuevan la cobertura forestal, especialmente en áreas donde es clave mantener la conectividad a lo largo de gradientes de elevación que van a jugar un papel importante en el futuro de la biodiversidad bajo un contexto de cambio climático (Sección 6).

A escalas más amplias, los retos para la restauración de ecosistemas son más importantes, especialmente en áreas donde la matriz del paisaje corresponde a usos agropecuarios intensivos. En estas áreas los esfuerzos de restauración se concentrarán en zonas críticas para la provisión de bienes y servicios ecosistémicos clave tales como la regulación hídrica, el mantenimiento de áreas críticas de hábitat, el mantenimiento de actividades ecoturísticas, entre otros. En áreas como la Costa centro y norte del Ecuador, la combinación de estos y otros objetivos de manejo del paisaje podría permitir recuperar algo de conectividad a lo largo de un importante gradiente norte-sur que incorpora, en un extremo, los ecosistemas xéricos en la provincia de Santa Elena y en el otro, los bosques húmedos de Esmeraldas.





El mantenimiento y recuperación de la conectividad es un objetivo de manejo del territorio que debe integrarse con otros objetivos vinculados al ordenamiento territorial y la promoción del desarrollo local. Para ello, será fundamental que los gobiernos sub nacionales acojan los “Lineamientos de gestión para la conectividad con fines de conservación”, expedidos por el Ministerio del Ambiente mediante Acuerdo Ministerial No. 105, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 135, del 02 de diciembre de 2013, con el propósito de establecer un marco de referencia que permita fortalecer los procesos de diagnóstico y formulación de los Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial, desde un abordaje integral del patrimonio natural.

Los escenarios propuestos en este documento, y que han sido generados a partir del estudio de Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador Continental, evidencian que los criterios de prioridad asociados a cambio climático, presiones antrópicas, mantenimiento de la conectividad y distribución de especies amenazadas, configuran áreas que no siempre coinciden espacialmente. Este patrón también es válido cuando se comparan modelos actuales de uso del territorio y la necesidad de mantener servicios ecosistémicos culturales, de regulación y provisión (Burkhard *et al.*, 2012). En este contexto, es necesario evidenciar la naturaleza normativa de los procesos de planificación territorial, donde múltiples objetivos de desarrollo pueden confluír en un área geográfica determinada. El mantenimiento de la biodiversidad a nivel nacional necesita una visión que integre de forma explícita el manejo de paisajes heterogéneos, donde el SNAP es una pieza clave en combinación con otras herramientas que promuevan sistemas productivos sostenibles.

Otro aspecto importante evidenciado por los escenarios generados de conectividad, impacto del cambio climático, presiones antrópicas y distribución de especies amenazadas, es la necesidad de generar información actualizada y a escalas relevantes para la planificación y gestión sostenible del territorio. Los efectos de distintas fuentes de presión sobre los ecosistemas remanentes se expresan a distintas escalas espaciales y temporales, lo que requiere herramientas de monitoreo que permitan detectar cambios relevantes para el manejo del paisaje. Por ejemplo, en la Amazonía del Ecuador y en otras áreas de bosques en el mundo, la infraestructura vial, la red de transporte fluvial y los patrones de deforestación están vinculados a través de los cambios en patrones de acceso a la tierra asociados a las carreteras (McConnell *et al.*, 2004; Mena *et al.*, 2006; Salonen *et al.*, 2012). Un sistema de

observación de presiones sobre bosques remanentes debería incorporar información actualizada sobre cambios en la red vial, especialmente en zonas rurales donde nuevas vías generan condiciones para la conversión de ecosistemas remanentes.

De igual manera, el monitoreo de cambios de cobertura y uso de la tierra (CCUT) debe incorporar distintas resoluciones temporales y espaciales. Los insumos de información generados por el MAE en relación a patrones históricos de CCUT (MAE, 2012), deforestación y mapeo de ecosistemas (MAE, 2013b) constituyen una base importante a nivel nacional. Es necesario pensar en los arreglos institucionales y operativos necesarios para articular esfuerzos de monitoreo de CCUT a escalas más finas. Por ejemplo, en la Costa del Ecuador será necesario establecer un monitoreo a una escala espacial más fina para evaluar los impactos de distintas estrategias de conservación y restauración de ecosistemas. De igual manera, en ciertos lugares de la Amazonía será necesario una frecuencia de monitoreo de CCUT mayor para entender mejor los procesos de sucesión en áreas bajo distintos esquemas de restauración.

En el ámbito internacional, los sistemas de información y monitoreo han sido conceptualizados como herramientas importantes para el fortalecimiento de capacidades en investigación y procesos de toma de decisiones, el intercambio y difusión de información y el seguimiento en la implementación de los tratados internacionales, tales como el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). En este marco, la generación de información espacial y temporal sobre la biodiversidad y los efectos de los cambios ambientales, se considera como una herramienta base para el monitoreo de la biodiversidad a escala global, sobre una base común de tratamiento de la información y de integración a diferentes escalas (Pereira & Cooper, 2006).

Sin embargo, en los Andes, las bases de datos con series de tiempo largas (p. ej. > 10 años) que puedan ser utilizadas para monitorear biodiversidad y sus cambios a través del tiempo son escasas. Adicionalmente, existen limitaciones en el conocimiento del funcionamiento de los sistemas naturales, en particular de sus dinámicas de cambio y la dirección de estos cambios. Estos vacíos de información dificultan detectar o aislar la naturaleza de

estos cambios, en particular respecto a si es debido a procesos naturales o son alteraciones por efectos antrópicos.

En este contexto, llenar este gran vacío es una tarea fundamental del país. El contar con programas y redes que generen series temporales de larga duración es fundamental para mejorar nuestra comprensión de los efectos de las actividades humanas en la biodiversidad. Esta comprensión nos permitirá orientar mejor la inversión en el desarrollo de acciones que apoyen la conservación, restauración y manejo de los ecosistemas andinos.

Las acciones de investigación priorizadas deben permitir cubrir los vacíos de conocimiento sobre cómo funcionan los ecosistemas y cómo responderán a los cambios ambientales y a la aplicación de una determinada política pública. El entendimiento de estos procesos requiere de series de tiempo con datos confiables que alimenten la construcción de modelos conceptuales a través del desarrollo de programas de investigación de mediano y largo plazo, bajo una orientación de monitoreo adaptativo que permita retroalimentar y validar la efectividad de los programas de manejo orientados a incrementar la resiliencia de los ecosistemas del país.



© Ricardo Jaramillo T.



© Peirah Altamiras

Referencias



- Alkemade, R., Bakkenes, R., Bobbink, R., Miles, L., Nellemann, C., Simons, H. & Tekelenburg, T. (2006) GLOBIOS: Framework for the assessment of global terrestrial biodiversity. Integrated modelling of global environmental change: An overview of IMAGE 2.4 (ed. by A.F. Bouwman, T. Kram and K. Klein), pp. 171-185. Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP), Bilthoven, The Netherlands.
- Araújo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D. & Thuiller, W. (2011) Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14, 484-492.
- Ball, I.R., Possingham, H. & Watts, M. (2009) Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritisation. *Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools* (ed. by A. Moilanen, K. Wilson and H. Possingham), pp. 185-195. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. & Müller, F. (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29.
- Cuesta, F., M. Peralvo, A. Ganzenmüller, M. Sáenz, J. Novoa, M. G. Riofrío & Beltrán, K. (2006) Identificación de vacíos y prioridades de conservación para la biodiversidad terrestre en el Ecuador Continental. Reporte Técnico. Fundación EcoCiencia, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Cuesta, F., Merino-Viteri, A., Baquero, F., Muriel, P., Freile, J.F., Torres, O. & Peralvo, M. (2015a) Escenarios de impacto del cambio climático en la Biodiversidad contenida en el sistema nacional de áreas protegidas del Ecuador. Condesan, PUCE, MAE, GIZ, Quito, Ecuador.
- Cuesta, F., Peralvo, M., Baquero, F., Bustamante, M., Merino-Viteri, A., Muriel, P., Freile, J.F. & Torres, O. (2015b) Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador Continental. In, p. 62. CONDESAN, PUCE, MAE, GIZ
- Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C. & Mace, G.M. (2011) Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science*, 332, 53-58.
- de Chazal, J. & Rounsevell, M.D.A. (2009) Land-use and climate change within assessments of biodiversity change: A review. *Global Environmental Change*, 19, 306-315.
- Dodson, C.H. & Gentry, A.H. (1991) Biological Extinction in Western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78, 273-295.
- Feeley, K.J. & Silman, M.R. (2010) Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology*, 16, 3215-3222.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. & Snyder, P.K. (2005) Global Consequences of Land Use. *Science*, 309, 570-574.
- Freile, J.F. & Rodas, F. (2008) Conservación de aves en Ecuador: ¿cómo estamos y qué necesitamos hacer? *Cotinga* 29, 48-55.
- Gavin, M.C., Solomon, J.N. & Blank, S.G. (2010) Measuring and Monitoring Illegal Use of Natural Resources. *Conservation Biology*, 24, 89-100.
- Granizo, T., Pacheco, C., Ribadeneira, M.B., Guerrero, M. & Suárez, L. (2002) Libro rojo de las aves del Ecuador. Simbiose Quito.
- Hannah, L., Midgley, G., Hughes, G. & Bomhard, B. (2005) The view from the Cape: extinction risk, protected areas, and climate change. *BioScience*, 55, 231-242.
- IUCN, C.I. & NatureServe (2006) Global amphibian assessment.
- Jarvis, A., Touval, J.L., Schmitz, M.C., Sotomayor, L. & Hyman, G.G. (2010) Assessment of threats to ecosystems in South America. *Journal for Nature Conservation*, 18, 180-188.
- Jurasinski, G. & Kreyling, J. (2007) Upward shift of alpine plants increases floristic similarity of mountain summits. *Journal of Vegetation Science*, 18, 711-718.
- León-Yáñez, S., R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa & Navarrete, H. (Eds.) (2011) Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2a. ed., . Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- 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, 2410-2422.
- MAE (2012) Línea base de deforestación del Ecuador continental. In, p. 30. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Programa Socio Bosque, Quito.
- MAE (2013a) Acuerdo Ministerial No. 114: Política Nacional de Gobernanza del Patrimonio Natural para la Sociedad del Buen Vivir 2013-2017. In. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- MAE (2013b) Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental. In. Ministerio de Ambiente del Ecuador, Quito.
- MAE (2015a) Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador y Plan de Acción (2015-2020). Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito, Ecuador.
- MAE (2015b) Análisis de la deforestación en el Ecuador Continental 1990 - 2014. In. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito - Ecuador.
- Malhi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W. & Nobre, C.A. (2008) Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science*, 319, 169-172.





© Rubén D. Jarrín E.

McConnell, W.J., Sweeney, S.P. & Mulley, B. (2004) Physical and social access to land: spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101, 171-184.

Mena, C.F., Barbieri, A.F., Walsh, S.J., Erlie, C.M., Holt, F.L. & Bilsborrow, R.E. (2006) Pressure on the Cuyabeno Wildlife Reserve: development and land use/cover change in the Northern Ecuadorian Amazon. *World Development*, 34, 1831-1849.

Olschewski, R., Tschardtke, T., Benítez, P., Schwarze, S. & Klein, A.-M. (2007) Economic evaluation of ecosystem services as a basis for stabilizing rainforest margins? The example of pollination services and pest management in coffee landscapes. *Stability of Tropical Rainforest Margins* (ed. by T. Tschardtke, C. Leuschner, M. Zeller, E. Guhardja and A. Bidin), pp. 263-276. Springer Berlin Heidelberg.

Peralvo, M., Sierra, R., Young, K.R. & Ulloa-Ulloa, C. (2007) Identification of biodiversity conservation priorities using predictive modeling: An application for the equatorial pacific region of South America. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2649-2675.

Phillips, O.L., Aragão, L.E.O.C., Lewis, S.L., Fisher, J.B., Lloyd, J., López-González, G., Malhi, Y., Monteagudo, A., Peacock, J., Quesada, C.A., van der Heijden, G., Almeida, S., Amaral, I., Arroyo, L., Aymard, G., Baker, T.R., Bánki, O., Blanc, L., Bonal, D., Brando, P., Chave, J., de Oliveira, Á.C.A., Cardozo, N.D., Czimczik, C.I., Feldpausch, T.R., Freitas, M.A., Gloor, E., Higuchi, N., Jiménez, E., Lloyd, G., Meir, P., Mendoza, C., Morel, A., Neill, D.A., Nepstad, D., Patiño, S., Peñuela, M.C., Prieto, A., Ramírez, F., Schwarz, M., Silva, J., Silveira, M., Thomas, A.S., Steege, H.t., Stropp, J., Vásquez, R., Zelazowski, P., Dávila, E.A., Andelman, S., Andrade, A., Chao, K.-J., Erwin, T., Di Fiore, A., C., E.H., Keeling, H., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Cruz, A.P., Pitman, N.C.A., Vargas, P.N., Ramírez-Angulo, H., Rudas, A., Salamão, R., Silva, N., Terborgh, J. & Torres-Lezama, A. (2009) Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science*, 323, 1344-1347.

Ponette-González, A., Brauman, K., Marín-Spiotta, E., Farley, K., Weathers, K., Young, K. & Curran, L. (2015) Managing water services in tropical regions: From land cover proxies to hydrologic fluxes. *Ambio*, 44, 367-375.

Ron, S.R., Guayasamin, J.M., Yanez-Muñoz, M.H., Merino-Viteri, A., Ortiz, D.A. & Nicolalde, D.A. (2014) *AmphibiaWebEcuador*. Version 2014.0. In: Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, < <http://zoologia.puce.edu.ec/Vertebrados/anfibios>>.

Sala, O.E., D.van Vuuren, H. M. Pereira, D. Lodge, J. Alder, G.Cumming, A. Dobson, V. Wolters, a. & Xenopoulos, M.A. (2005) Ecosystems and Human Well-being: Scenarios: Biodiversity across Scenarios. *The Millenium Ecosystem Assessment* (ed. by R.S.a.N.A. Rashid Hassan), pp. 375-406. Island Press, Washington D.C.

Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. & Wall, D.H. (2000) Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.

Salonen, M., Toivonen, T., Cohalan, J.-M. & Coomes, O.T. (2012) Critical distances: Comparing measures of spatial accessibility in the riverine landscapes of Peruvian Amazonia. *Applied Geography*, 32, 501-513.

Sanderson, E.W., Jaiteh, M., Levy, M.A., Redford, K.H., Wannebo, A.V. & Woolmer, G. (2002) The human footprint and the last of the wild. *Bioscience*, 52, 891-904.

Santander, T., Freile, J.F. & Loo-Vela, S. (2009) Ecuador. *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation* (ed. by C. Devenish, D.F. Díaz Fernández, R.P. Clay, I. Davidson and Y.Z. I.). BirdLife International Quito, Ecuador.

Sarkar, S., Pressey, R., Faith, D.P., Margules, C.R., Fuller, T., Stoms, D.M., Moffett, A., Wilson, K.A., Williams, K.J., Williams, P.H. & Andelman, S. (2006) Biodiversity conservation planning tools: Present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 123-159.

Sierra, R. (2000) Dynamics and patterns of deforestation in the western Amazon: the Napo deforestation front, 1986-1996. *Applied Geography*, 20, 1-16.

Sierra, R. & Stallings, J. (1998) The Dynamics and Social Organization of Tropical Deforestation in Northwest Ecuador, 1983-1995. *Human Ecology*, 26, 135-161.

Sierra, R., Campos, F. & Chamberlin, J. (2002) Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning*, 59, 95-110.

Tirira, D. (2011) *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador*. 2da. Edición. Murciélago Blanco Ediciones. Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 8. Quito,

Torres-Carvajal, O., Salazar-Valenzuela D. & A, M.-V. (2014) *ReptiliaWebEcuador*. Versión 2014.0. In: Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, <http://zoologia.puce.edu.ec/Vertebrados/reptiles/reptilesEcuador>.

Vuille, M., Bradley, R.S., Werner, M. & Keimig, F. (2003) 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results. *Climate Change*, 59, 75-99.

Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B.G. & Bradley, R.S. (2008) Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 89, 79-96.

Young, K.R. (2009) Andean Land Use and Biodiversity: Humanized Landscapes in A Time of Change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96, 492-507.







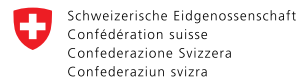
© Esteban Baus C.



© Esteban Baus C.



© Rubén D. Jarrín E.



Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación COSUDE