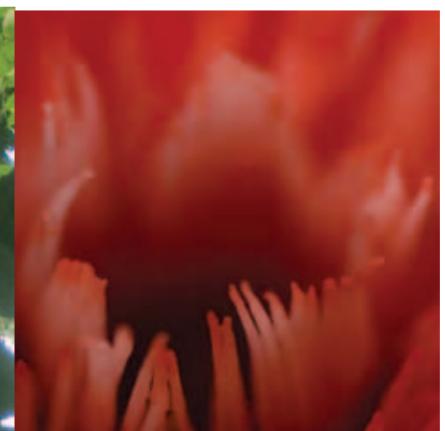


Indicadores

para evaluar y monitorear el estado de
la biodiversidad en los Andes Tropicales

—Propuesta metodológica para los
países de la Comunidad Andina—



Indicadores

para evaluar y monitorear el estado de la biodiversidad en los Andes Tropicales

—Propuesta metodológica para los países de la Comunidad Andina—



CONDESAN
Consortio para el Desarrollo Sostenible
de la Ecorregión Andina

**COMUNIDAD
ANDINA**
SECRETARIA GENERAL



© 2012, CONDESAN, SGCAN, INTERCOOPERATION, UICN

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN

OFICINA EN LIMA-PERÚ:

Mayorazgo 217, San Borja Lima 41
Tel. + 511 6189 400

OFICINA EN QUITO-ECUADOR:

Germán Alemán E 12-28 y Juan Ramírez
Tel. + 593 2 2469073/072

condesan@condesan.org
www.condesan.org

Secretaría General de la Comunidad Andina

Av. Aramburú - Cuadra 4, Esquina con Paseo de la República
San Isidro, Lima 27, Perú

Tel. + 51 1 7106400 / Fax: + 51 1 2213329

www.comunidadandina.org

Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION

Av. Ricardo Palma 857 Miraflores
Lima - Perú

Teléfono (51 1) 628 6152

Fax (51 1) 241 4012

UICN-Sur

UICN Oficina Regional para América del Sur (IUCN SUR)
Calle Quiteño Libre E15-12 y la Cumbre (Sector Bellavista)

Quito - Ecuador

Tel. + 593 2 2261075 Ext. 22

www.iucn.org/sur

Editores

Francisco Cuesta¹

María Teresa Becerra²

Macarena Bustamante¹

Gabriela Maldonado¹

Christian Devenish¹

Lloani Quiñonez²

¹ CONDESAN

² SGCAN

Elaboración de mapas

Edwin Ortiz

Corrección de texto y estilo

Adolfo Macías

Diseño y diagramación

Verónica Ávila  Activa Diseño Editorial

ISBN: 9978-0000000000

Agradecimientos

CONDESAN y la SGCAN agradecen los aportes de las siguientes personas que han participado en el desarrollo de la publicación: Manuel Peralvo (CONDESAN), Adriana Yepes (SGCAN) María de los Ángeles Barrionuevo, Carolina Chiriboga y Galo Medina (Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION), Ítala Yépez (BirdLife International – AmericasSecretariat), Carlos Arnillasy Carolina Tovar (Centro de Datos para la Conservación – Universidad Agraria La Molina), Andy Jarvis y Julián Ramírez-Villegas (Centro Internacional de Agricultura Tropical – Programa DAPA), Arturo Mora (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN) y WouterBuytaert (Imperial College of London, School of Civil Engineer).

Este documento es el resultado del trabajo interinstitucional del **Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), la Secretaría General de la Comunidad Andina (SGCAN), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Programa Regional ECOBONA de INTERCOOPERATION, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y BirdLife International. La información contenida en este documento incorpora resultados de la discusión técnica de los autores, no representa la posición de las organizaciones participantes.**



Con la colaboración de:



Con el apoyo de:



Se permite la reproducción de este libro para fines no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente.

Citas sugeridas:

Cita del libro: Cuesta, F., Becerra, M.T., Bustamante, M., Maldonado, G., Devenish, C., Quiñonez, LL., 2012. Indicadores para evaluar y monitorear el estado de la biodiversidad en los Andes Tropicales en el contexto de cambio climático - Propuesta metodológica para los países de la Comunidad Andina. SGCAN, CONDESAN, INTERCOOPERATION, UICN-Sur, Lima-Quito.

Cita de un indicador: Autores. 2012. Título del indicador. Pp XX-XX.

En: Cuesta, F., Becerra, M.T., Bustamante, M., Maldonado, G., Devenish, C., Quiñonez, LL., 2012. Indicadores para evaluar y monitorear el estado de la biodiversidad en los Andes Tropicales en el contexto de cambio climático - Propuesta metodológica para los países de la Comunidad Andina. SGCAN, CONDESAN, INTERCOOPERATION. Lima-Quito.

PRESENTACIÓN

En el marco de la Comunidad Andina, la Estrategia Regional de Biodiversidad constituye un acuerdo andino que ha permitido promover acciones subregionales que contribuyan al conocimiento, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, así como la distribución equitativa de los beneficios derivados de ella, en respuesta a los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

De acuerdo con el Plan Estratégico del CDB, en donde se plantea la meta de alcanzar una reducción significativa de los índices de pérdida de biodiversidad a una escala global, regional y nacional, como una contribución a la mitigación de la pobreza y en beneficio de todas las formas de vida en la Tierra, la Secretaría General de la Comunidad Andina facilitó en mayo de 2009 la reunión “Cuenta Atrás 2010 – Aportes y Desafíos desde América del Sur”. En esta reunión los Países Miembros de la CAN manifestaron su interés de avanzar en el análisis de propuestas de indicadores que permitan medir los objetos de conservación, de manera que se puedan desarrollar reportes para comunicar el estado de la biodiversidad en la región, así como comunicar los esfuerzos de gestión realizados desde las instituciones.

Conscientes de la vulnerabilidad de la biodiversidad andina frente a los cambios en el uso del territorio y el cambio climático, la SGCAN, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Intercooperación, el Centro Internacional para la Agricultura Tropical y BirdLife International hemos realizado acciones y estudios para contribuir al conocimiento de los ecosistemas andinos, los cuales reúnen propuestas metodológicas para el desarrollo de reportes a escala nacional y subregional. A partir de estas experiencias, esta publicación ofrece un análisis de posibles indicadores que podrían apoyar a la Subregión en la evaluación del estado de conservación de la biodiversidad con énfasis particular en los impactos del cambio climático, en línea con los compromisos de reporte asumidos por los Países Miembros en el marco del Convenio de Diversidad Biológica.

Adalid Contreras Bospinerio
Secretario General a.i.

RESUMEN

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) ha sido ratificado globalmente como un instrumento para la conservación de la biodiversidad frente a múltiples amenazas, incluido el cambio climático. El Convenio incluye un Plan Estratégico que plantea un conjunto de metas e indicadores que permiten evaluar y monitorear el desempeño de los países respecto a los compromisos adquiridos. Estas metas e indicadores pueden ser utilizados a diferentes escalas, desde lo nacional hasta lo global, de acuerdo a su función y características.

El presente estudio propone una serie de fichas metodológicas de indicadores útiles para evaluar y monitorear –medir de forma periódica y consistente– el estado de la conservación de la biodiversidad en el contexto del cambio climático. Los indicadores parten del esquema establecido en el marco global del CDB, tomando en cuenta las presiones que se ejercen sobre la biodiversidad, el estado del medio ambiente y los diferentes niveles de la biodiversidad, y las respuestas desarrolladas por los Estados y la sociedad civil para contrarrestar dichas presiones. Los seis indicadores propuestos son: 1) Cuantificación de la extensión de los biomas andinos, 2) Cambio en la distribución climática de los biomas andinos, 3) Cambio en el nicho climático de especies de origen andino, 4) Índice de la Lista Roja como indicador de la pérdida de la biodiversidad, 5) Representatividad de los biomas andinos en los sistemas nacionales de áreas protegidas, y 6) Institucionalidad, política pública y gestión de la sociedad civil a favor de la conservación de la biodiversidad. Con el objetivo de evaluar la relevancia de los indicadores propuestos y su aplicabilidad, tomando en cuenta la disponibilidad de información en la subregión andina, se realizaron ejercicios piloto de cada indicador en los Andes Tropicales.

Durante este ejercicio se han identificado algunas limitaciones críticas que deben ser superadas para la implementación de un sistema de monitoreo en la subregión: los vacíos de conocimiento, la escasa información base disponible en la subregión andina, la incertidumbre resultante de las proyecciones y modelos de cambio climático, y la necesidad de coordinación interinstitucional a escala subregional. Para ello se recomienda: 1) fortalecer la construcción de una visión subregional para la conservación de la biodiversidad, fomentado la colaboración interinstitucional para la construcción de metodologías con estándares mínimos que permitan su comparación, 2) desarrollar sistemas de información bajo estándares internacionales que permitan una gestión adecuada de la información generada, y 3) fortalecer las capacidades de trabajo a escalas subregionales, con acciones coordinadas con autoridades estatales, universidades y otros actores relevantes.



© Murray Cooper

P R E S E N T A C I Ó N	4
R E S U M E N	5
I N T R O D U C C I Ó N	8
C O N T E X T O	9
LA CDB COMO MARCO DE COLABORACIÓN GLOBAL	9
INTEGRACIÓN REGIONAL COMO RESPUESTA A LOS COMPROMISOS ADQUIRIDOS	12
LA NECESIDAD DE MONITOREO AMBIENTAL	14
CRITERIOS CLAVES PARA COMPRENDER LOS INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO	16
Escenarios de emisión y modelos climáticos	
Incertidumbre	
Á R E A D E E S T U D I O	2 0

2	L O S I N D I C A D O R E S	2 3
	CUANTIFICACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LOS BIOMAS ANDINOS	24
	CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS BIOMAS ANDINOS	28
	CAMBIO EN EL NICHU CLIMÁTICO DE ESPECIES DE ORIGEN ANDINO	32
	ÍNDICE DE LA LISTA ROJA COMO INDICADOR DE LA PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD	40
	REPRESENTATIVIDAD DE LOS BIOMAS ANDINOS EN LOS SISTEMAS NACIONALES DE ÁREAS PROTEGIDAS	44
	INSTITUCIONALIDAD, POLÍTICA PÚBLICA Y GESTIÓN DE LA SOCIEDAD CIVIL	48
3	O P O R T U N I D A D E S P A R A L A I M P L E M E N T A C I Ó N D E S I S T E M A S D E M O N I T O R E O	5 6
	RELEVANCIA DE LOS INDICADORES PROPUESTOS A NIVEL REGIONAL Y DENTRO DE LOS COMPROMISOS GLOBALES	56
	APLICACIÓN DE LOS INDICADORES PARA EL MONITOREO SUBREGIONAL DE LA BIODIVERSIDAD	61
	Sobre la incertidumbre	
	INSTITUCIONALIDAD ASOCIADA A PROCESOS DE MONITOREO	63
	R E F E R E N C I A S	6 6



© Murray Cooper



© Murray Cooper



© Murray Cooper

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de identificar los avances de los países de la Comunidad Andina en el cumplimiento de los compromisos adquiridos ante la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB), por iniciativa de la Secretaría General de la Comunidad Andina, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN-SUR) y el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), se diseñó un conjunto de indicadores para la evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los países de la Subregión, haciendo particular énfasis en aquellos que puedan desarrollarse con base en información existente o en metodologías de fácil implementación, y que sean efectivos para comunicar el cumplimiento de las Metas establecidas por el CDB. Los indicadores desarrollados buscan, además, apoyar la generación de síntesis regionales sobre el estado de conservación de la biodiversidad. Por lo tanto, se espera que estos indicadores apoyen significativamente a los países en la elaboración de las comunicaciones nacionales en el marco de la CDB y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Con el apoyo adicional de Intercooperation y la participación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y BirdLife International, durante el 2011 se iniciaron los estudios para una primera medición de los indicadores propuestos, con el propósito de tener insumos concretos que permitan validar su aplicabilidad y relevancia. Los indicadores fueron aplicados en el contexto de la región de los Andes Tropicales, en los países miembros de la CAN y Venezuela. El trabajo involucró cuantificar la extensión remanente de los biomas y ecosistemas teniendo en cuenta la cobertura de áreas protegidas en diferentes períodos de tiempo, evaluar los posibles impactos del cambio climático en los biomas a través de la construcción de modelos estadísticos, e identificar las acciones promovidas desde el sector gubernamental y la sociedad civil en relación con el cumplimiento de las Metas.

En este marco de colaboración, esta publicación presenta la propuesta de indicadores clave orientados a evaluar el estado de conservación de la biodiversidad de los Andes Tropicales, con énfasis particular en los impactos del cambio climático en el contexto del reporte de las Metas establecidas por el CDB. La primera sección del documento presenta una breve discusión del contexto respecto a la aplicación del CDB en la región andina, y la relevancia de los indicadores propuestos en el contexto global y regional. En la segunda sección se describe el área de estudio. La tercera sección presenta fichas metodológicas de los seis indicadores propuestos que incluyen: una descripción concisa de los métodos, la información requerida para su construcción, los resultados del ejercicio de aplicación, y la factibilidad de su implementación en la región. Finalmente, la sección final del documento plantea algunas limitaciones y recomendaciones para aplicar los indicadores propuestos, como parte de un sistema de monitoreo ambiental regional articulado a procesos globales, nacionales y locales.

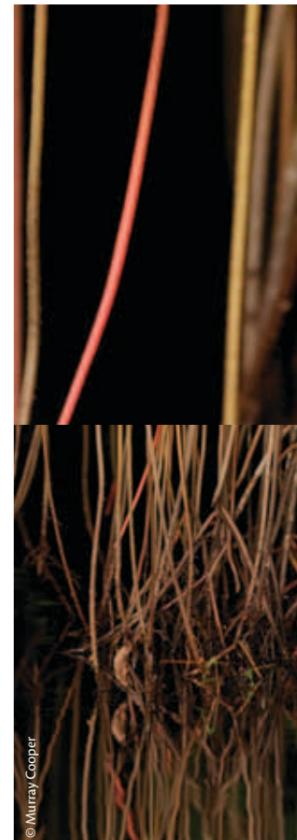
CONTEXTO

LA CDB COMO MARCO DE COLABORACIÓN GLOBAL

La biodiversidad es el eje sobre el cual se desarrollan las funciones ecosistémicas que sostienen la vida humana (Sala et ál. 2005). Sin embargo, la biodiversidad es uno de nuestros recursos más vulnerables en escenarios de cambios ambientales globales. La tasa de pérdida de la biodiversidad ha aumentado en tiempos recientes a niveles sin precedentes. Los escenarios desarrollados por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) para el 2015 proyectan pérdidas similares e incluso mayores a los registros históricos, especialmente al considerar los impactos esperados del calentamiento global (Sala et ál. 2000; Sala et ál. 2005). La gravedad de estos cambios se acentúa aún más en una región como los Andes Tropicales, dada su contribución a la biodiversidad global (Dinerstein et ál. 1995; Mittermeier et ál. 1998; Myers et ál. 2000) y la provisión de servicios ecosistémicos (Buytaert et ál. 2011; Gibbon et ál. 2010; Malhi et ál. 2010).

Reconociendo la necesidad urgente de revertir las tasas de pérdida de biodiversidad, la comunidad internacional adoptó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) como una herramienta de colaboración para su conservación, la utilización sostenible de sus componentes, y la distribución justa y equitativa de los beneficios obtenidos del uso de los recursos genéticos (United Nations 1992). En esta línea, los países adscritos al CDB adoptaron un Plan Estratégico en el 2002 (CDB 2002, Decisión VI/26), donde se plantea “alcanzar para el 2010 una reducción significativa de los índices de pérdida de biodiversidad a una escala global, regional y nacional, como una contribución a la mitigación de la pobreza y en beneficio de todas las formas de vida en la Tierra”. Esta meta –comúnmente identificada como la Meta 2010– es también parte de los Objetivos del Milenio (Objetivo 7) establecidos en la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, donde los líderes mundiales reiteraron su compromiso de actuar frente a los procesos y causas subyacentes de pérdida de la biodiversidad.

Posteriormente, durante la COP 10 en Nagoya, las partes adoptaron un Plan Estratégico post-2010, con una serie de metas adaptadas y complementarias a las Metas 2010, atendiendo a evaluaciones realizadas que reportan un limitado cumplimiento de las mismas (CDB 2010a, Decisión X/2; Butchart et ál. 2010). Las nuevas Metas de Aichi o Metas 2020 fueron planteadas con el propósito de “detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para el 2020, los ecosistemas tengan capacidad de recuperación [resiliencia] y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza” (CDB 2010a). El Plan comprende cinco metas estratégicas y 20 metas específicas, orientadas a disminuir la pérdida, reducir las presiones sobre la biodiversidad, mantener y mejorar el estado de la biodiversidad y sus beneficios, y fortalecer la implementación del Convenio. El conjunto de metas representa una nueva forma de organización, ya que agrupa en un solo esquema los indicadores del Plan Estratégico 2002 y el marco de implementación de la Meta 2010.



© Murray Cooper



© Murray Cooper

Tabla 1. Relación de los indicadores de este estudio con los Objetivos Estratégicos e indicadores principales de la Meta 2020.

TIPO	NO.	INDICADORES PRINCIPALES	INDICADOR DE ESTE ESTUDIO E INDICADOR OPERACIONAL 2020
Objetivo estratégico A			
A			
Abordar las causas subyacentes de la pérdida de diversidad biológica mediante la incorporación de la diversidad biológica en todos los ámbitos gubernamentales y de la sociedad			
Respuesta	1	Tendencias en el grado de concienciación, actitudes y participación pública en apoyo de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas	Gestión de la sociedad civil <i>Tendencias en la participación pública en relación con la biodiversidad</i>
Respuesta	2	Tendencias en la integración de la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y la participación en los beneficios en el marco de la planificación, la formulación y aplicación de políticas y los incentivos	Institucionalidad, política pública <i>Tendencias en la integración de los valores de la diversidad biológica y de los servicios de los ecosistemas en las políticas sectoriales y de desarrollo</i>
Objetivo estratégico B			
B			
Reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica y promover la utilización sostenible			
Estado	5	Tendencias en la extensión, condición y vulnerabilidad de los ecosistemas, biomas y hábitats	Extensión de biomas <i>Tendencias en la extensión de determinados biomas, ecosistemas y hábitats (decisiones VII/30 y VIII/15)</i>
Presión	10	Tendencias en las presiones provenientes de la conversión de hábitats, contaminación, especies invasoras, cambio climático, sobreexplotación e impulsores subyacentes	Cambio en la distribución climática de los biomas andinos <i>Tendencias en los impactos del cambio climático en el peligro de extinción</i> <i>Tendencias en la extensión y el ritmo de desplazamiento de los límites de los ecosistemas vulnerables</i> Cambio en nicho climático de las especies andinas <i>Tendencias en los efectos climáticos sobre la composición de las comunidades</i> <i>Tendencias en los efectos climáticos sobre las tendencias de población</i>
Objetivo estratégico C			
C			
Mejorar la situación de la diversidad biológica salvaguardando los ecosistemas, las especies y la diversidad genética			
Estado	11	Tendencias en la cobertura, situación, representatividad y eficacia de las áreas protegidas y otros enfoques basados en áreas	Cobertura de áreas protegidas <i>Tendencias en la cobertura representativa de las áreas protegidas y otros enfoques basados en áreas, incluyendo lugares de especial importancia para la diversidad biológica y sistemas terrestres, marinos y de aguas continentales (decisiones VII/30 y VIII/15)</i>
Estado	12	Tendencias en la abundancia, distribución y peligro de extinción de especies	Índice de la Lista Roja - Aves andinas <i>Tendencias en el peligro de extinción de especies (decisiones VII/30 y VIII/15) (indicador 7.7 de los Objetivos del Milenio) (utilizado también por la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias)</i>

Tabla 1. Relación de los indicadores de este estudio con los Objetivos Estratégicos e indicadores principales de la Meta 2020.

TIPO	NO.	INDICADORES PRINCIPALES	INDICADOR DE ESTE ESTUDIO E INDICADOR OPERACIONAL 2020
Objetivo estratégico D			
D			
Aumentar los beneficios de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas para todos			
Presión	15	Tendencias en la distribución, situación y sostenibilidad de los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano equitativo	Cambio en la distribución climática de los biomas andinos <i>Evaluación de vulnerabilidad y capacidad adaptativa</i>
Objetivo estratégico E			
E			
Mejorar la implementación a través de la planificación participativa, la gestión de los conocimientos y la creación de capacidad			
Respuesta	17	Tendencias en la integración de la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y la participación en los beneficios en el marco de la planificación, la formulación y aplicación de políticas y los incentivos	Institucionalidad, política pública (políticas subnacionales y locales) <i>Tendencias en la aplicación de las Estrategias y planes de acción nacionales sobre la diversidad biológica, incluyendo su desarrollo, integridad, adopción y ejecución</i>
Respuesta	19	Tendencias en la facilidad de acceso a los conocimientos tradicionales/científicos/técnicos y su aplicación	Gestión de la sociedad civil (capacitación) <i>Tendencias en la cobertura de las evaluaciones submundiales pertinentes a las políticas generales, incluida la creación de capacidad y la transferencia de conocimientos conexas, junto con las tendencias en la incorporación en las políticas</i>



INTEGRACIÓN REGIONAL COMO RESPUESTA A LOS COMPROMISOS ADQUIRIDOS

La Comunidad Andina (CAN), compuesta actualmente por Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, creó el Comité Andino de Autoridades Ambientales para asesorar y apoyar a la Secretaría General en la implementación de la política ambiental comunitaria. Para tal efecto, en el 2002, los Países Miembros de la CAN aprobaron la Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (ERB; Decisión Andina 523), la cual articula el trabajo realizado por los países andinos en el marco del CDB, y establece la base de una política andina común sobre biodiversidad. En su momento, la Estrategia constituyó uno de los primeros esfuerzos para desarrollar una plataforma para la acción comunitaria, con el objetivo de promover la cooperación entre los Países Miembros, y fue una contribución específica para alcanzar los objetivos del CDB. Actualmente, la estrategia orienta las acciones regionales sobre conocimiento, conservación, uso y distribución de los beneficios derivados de la biodiversidad. Como uno de sus principales ejes, destaca el desarrollo de conocimientos científicos, innovaciones y tecnologías para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, previniendo y minimizando los riesgos en el ambiente y la salud humana.

Por su parte, la Agenda Ambiental Andina 2012-2016 involucra los ejes temáticos de biodiversidad, cambio climático y recursos hídricos, y reafirma lo estipulado en la ERB. Para el eje de Biodiversidad, la Agenda define como líneas

de acción aumentar y compartir conocimiento científico, e impulsar acciones tendientes a la generación de información sobre biodiversidad y el cambio climático. Además, la nueva Agenda Ambiental 2012-2016 tiene un mayor énfasis en fortalecer capacidades, promover investigación y crear redes de investigación y monitoreo para el trabajo en cambio climático en la región.

Reconociendo este contexto, los indicadores propuestos en este documento buscan fortalecer la consolidación de metodologías estándar que faciliten el trabajo de los países y apoyen la generación de síntesis regionales sobre el estado de conservación de la biodiversidad, con énfasis particular en los impactos del cambio climático. Se espera que los indicadores propuestos complementen los esfuerzos de los países en la elaboración de las Comunicaciones Nacionales en el marco de los compromisos internacionales. Se espera también que, a partir de la generación de este conjunto de indicadores cuantificables, replicables, comunicables y de fácil implementación, se contribuya a desarrollar una visión regional.

Por último, es importante mencionar que los indicadores propuestos han sido desarrollados a partir de información existente ya recopilada y sistematizada, brindando de esta forma mayores posibilidades de aplicación. Asimismo, al considerar instrumentos políticos vigentes de conservación de biodiversidad (p.ej. áreas protegidas, listas rojas, CITES), se apunta a la eficacia de las acciones que pudieran surgir de la aplicación de dichos indicadores.



LA NECESIDAD DEL MONITOREO AMBIENTAL

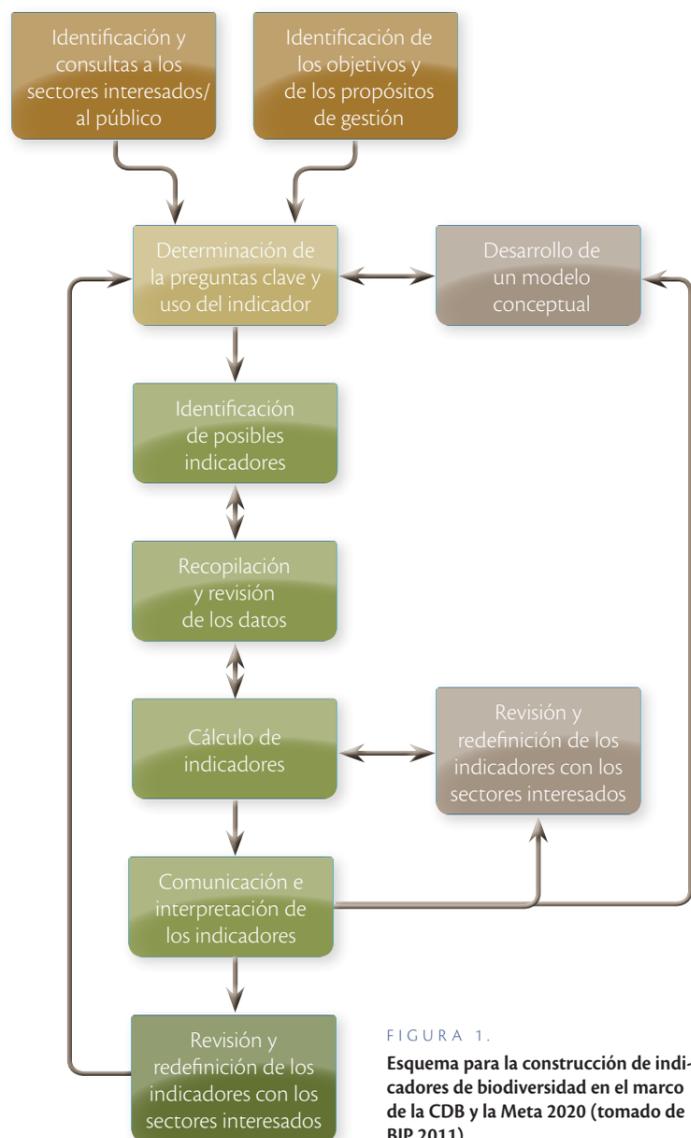


FIGURA 1. Esquema para la construcción de indicadores de biodiversidad en el marco de la CDB y la Meta 2020 (tomado de BIP 2011).

En cualquier esquema de monitoreo, es fundamental establecer la relación entre los objetivos del monitoreo y los objetivos de la gestión (p. ej. conservación) que se pretende medir con los indicadores propuestos (Lovett et ál. 2007). En este caso, el requerimiento consiste en tener información para respaldar los procesos de toma de decisiones y la formulación de acciones de adaptación necesarias para la conservación de la biodiversidad frente a los impactos del cambio climático en los Andes Tropicales. Una vez establecido el porqué del monitoreo, se puede proceder a la selección de los indicadores, donde prima el balance entre la utilidad de la información y la facilidad y factibilidad de su generación. Adicionalmente, los indicadores deben representar una información más amplia de los mismos datos recogidos; en otras palabras, deben dar cuenta de las características de un sistema, y no solamente del estado del objeto de monitoreo, lo que, a la postre, es el atributo fundamental de un indicador. Finalmente, es necesario establecer responsabilidades en cuanto al desarrollo de los indicadores, tanto en el proceso de implementar los resultados en la toma de decisiones, como en la retroalimentación de todo el proceso dentro de un enfoque adaptativo (Figura 1).

Para que los indicadores sean útiles a la hora de informar el diseño e implementación de políticas, estos deben ser construidos para evaluar: 1) el estado de los sistemas socio-ambientales, 2) las

amenazas directas e indirectas, 3) y la efectividad de las respuestas. Los indicadores propuestos se desarrollaron en base a la propuesta teórica que describe las presiones que se ejercen sobre la biodiversidad, el estado del medio ambiente y de los diferentes niveles de la biodiversidad, y las respuestas tomadas para contrarrestar las presiones (Mace y Baillie 2007, Linster 2003; Levrel et ál. 2008). Es así que los indicadores, en la presente publicación, se pueden agrupar de la siguiente manera:

Presión: toma en cuenta las consecuencias, directas e indirectas, de las condiciones socio-económicas y políticas sobre la biodiversidad, incluyendo cambios en el uso de la tierra y emisiones de CO₂ derivadas. Estos indicadores se relacionan con la medición de factores que causan la pérdida de biodiversidad, tales como la deforestación y la fragmentación de hábitat, entre otros. En este documento, los indicadores de presión son conceptualizados como factores directos que causan una variación en el estado de los elementos de la biodiversidad (ecosistemas, especies) pero se miden indirectamente (p.ej. mediante el cambio observado en la extensión de los ecosistemas).

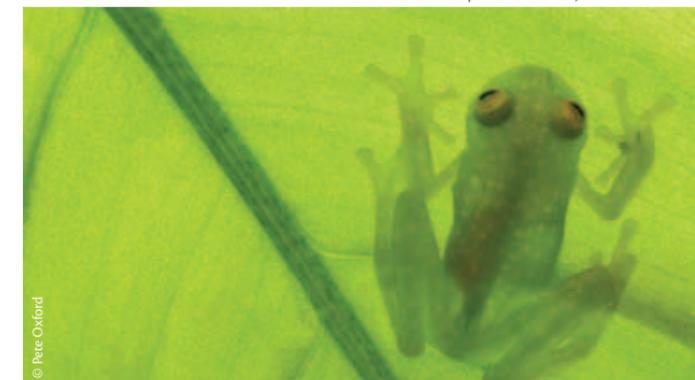
Estado: hace referencia a las condiciones del ambiente —tanto abióticas como bióticas— como resultado de los factores de presión. En el contexto de este documento se entiende al estado en relación con los impactos de los cambios ambientales globales (es decir, cambio climático y la dinámica de cambios de cobertura y uso de la tierra). Estos indicadores giran en torno a la biodiversidad y utilizarán elementos tales como el número de especies o las condiciones de los hábitats.

Respuesta: son las medidas o estrategias tomadas para la conservación de la biodiversidad, especialmente con relación a su estado, uso o presión, tanto in situ como ex situ. Ello incluye la creación de políticas y el establecimiento de áreas protegidas o de prioridades para conservación, entre otras. Las respuestas también pueden incluir las acciones tomadas para entender las causas de las presiones y para generar información, instrumentos de política y otros factores que promuevan la conservación de la biodiversidad.

Aunque las Metas 2010 no fueron enmarcadas formalmente dentro de este esquema —comúnmente conocido como Presión-Estado-Respuesta—, estas pueden ser reclasificadas dentro de estas tres categorías (Mace y Baillie 2007). Aún se considera un esquema vigente, que encaja bien tanto con las Metas 2010 como 2020 (CDB 2004, 2010b), sin la complejidad de otros esquemas que incluyen impactos y causas subyacentes (CDB 2003). Además, este esquema ha sido modificado recientemente (Sparks et ál. 2011) para incluir aspectos como el uso y los beneficios derivados de la biodiversidad y ha sido adoptado por la COP 11 como el marco conceptual para comunicar las Metas 2020 del CDB (CDB 2011a, Recomendación SBSTTA/REC/XV/1).



Reemplazo del bosque del piedemonte andino por plantaciones de palma africana.



Especie de ranita de cristal (Centrolenidae). Grupo de ranas arbóreas endémicas de los bosques nublados de los Andes Tropicales.



Plantaciones de cacao de sombra que permiten mantener los estratos superiores de los bosques tropicales y a su vez generar beneficios directos del aprovechamiento del bosque.

CRITERIOS CLAVES PARA COMPRENDER LOS INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Para facilitar la comprensión de los indicadores que evalúan los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad, y para apoyar la reflexión sobre su implementación en la región (ver secciones: 2.2 Cambio en la distribución climática de los biomas andinos, y 2.3 Cambio en el nicho climático de especies de origen andino), se resaltan a continuación dos aspectos claves: la construcción de proyecciones de impacto (desarrolladas a partir de la utilización de modelos globales de clima junto con los escenarios de emisión), y la incertidumbre inherente a estas fuentes de información.

ESCENARIOS DE EMISIÓN Y MODELOS CLIMÁTICOS

Dentro de diferentes escenarios de emisión (SRES), se utilizan los Modelos Globales de Circulación (GCMs, por sus siglas en inglés) para proyectar cambios futuros en el clima (temperatura y precipitación). La base conceptual de la que parten los cuatro escenarios de emisión representa el futuro del mundo en dos dimensiones: un mundo enfocado en un desarrollo ambiental o económico, y un mundo con patrones de crecimiento global o regional (Figura 2). Para el presente estudio se emplean dos de los escenarios (A1B y A2); lo que permite un contraste entre el escenario más extremo y uno menos crítico. Comparar entre escenarios es un componente metodológico básico en estudios que modelan impactos del cambio climático, dada la incertidumbre en las proyecciones de clima.

La línea argumental A1 presupone: 1) un crecimiento económico mundial muy rápido, 2) un máximo de la población mundial hacia mediados de siglo, 3) y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos, que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico: intensiva en combustibles fósiles (A1FI), energías de origen no fósil (A1T), y equilibrio entre las distintas fuentes de energía (A1B). A2 describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico medio y cambio tecnológico lento.

Por su parte, B1 describe un mundo convergente, con la misma población mundial que A1, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información. Es decir que B2 representa un planeta con: 1) una población intermedia, 2) y un crecimiento económico intermedio, más orientado a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental.

Es importante considerar que no se han asignado niveles de probabilidad a ninguno de los escenarios de emisión (Tabla 2).

FIGURA 2.
Dimensiones sobre las cuales parten los escenarios de emisiones del IPCC. Fuente: Arnell et ál. 2004.

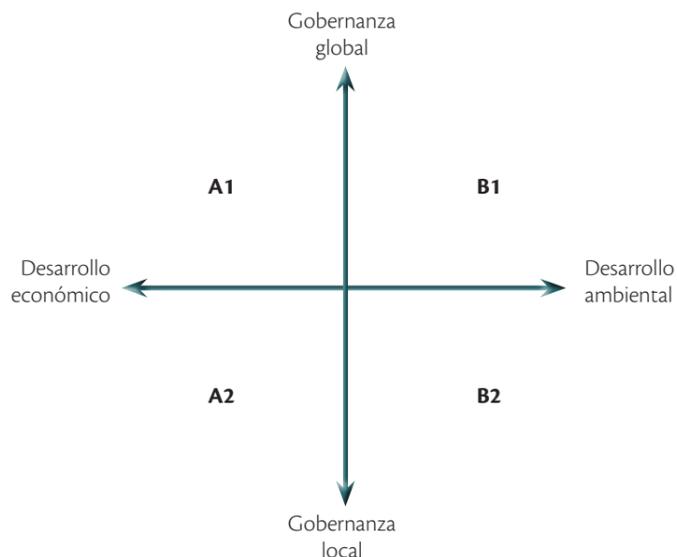


TABLA 2. Indicadores cuantitativos de los SRES desarrollados por el IPCC (2000) para el año 2100.

	ESCENARIOS DE EMISIÓN			
	A1	A2	B1	B2
Crecimiento poblacional	Bajo ~7 billones	Alto ~15 billones	Bajo ~7 billones	Medio ~10 billones
Crecimiento PIB	Muy alto 525-550	Medio 243	Alto 328	Medio 235
Consumo energético	Muy alto/Alto	Alto	Bajo	Medio
Cambios de uso de la tierra	Bajo-medio Agricultura +3% Bosque +2%	Medio-alto	Alto Agricultura -28% Bosque +30%	Medio Agricultura +22% Bosque +5%
Disponibilidad de recursos de petróleo y gas	Alto/medio	Bajo	Bajo	Medio
Velocidad del cambio tecnológico	Rápido	Lento	Medio	Medio



INCERTIDUMBRE

Se puede decir que la incertidumbre es el hecho de no contar con una información 100% completa –lo que es el *status quo* en la ciencia– en el sentido de que los resultados científicos se basan en la acumulación de consensos basados en la investigación (Oreskes 2004), y no en declaraciones irrefutables. No obstante, lo que es importante en cuanto a la incertidumbre es conocer el grado de desconocimiento que se tiene de un valor, el cual puede ser expresado como un rango de variación, sea cuantitativo o cualitativo.

En términos del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad, aún hay mucha incertidumbre sobre su intensidad, duración, magnitud y ubicación. En esto inciden numerosos factores, desde los insumos básicos que miden la biodiversidad y las condiciones socio-ambientales, los métodos de proyección, evaluación e interpretación de los impactos, hasta la definición de los conceptos necesarios para su análisis (IPCC 2008). Sin embargo, la incertidumbre no es una razón para excluir información científica de los insumos para la toma de decisiones, como los indicadores en este estudio. En el caso del cambio climático, no será posible salir de un cierto grado de incertidumbre, especialmente en la medida en que la Tierra se calienta y el comportamiento del clima se vuelve menos predecible (Glantz et ál. 2009). En este sentido, puede ser útil acoger una propuesta



de cambio de paradigma en la toma de decisiones con base en escenarios. Hablamos de explorar, mas no predecir, el futuro (Haasnoot y Middelkoop 2012). De la misma forma, De Bievre et ál. (en prensa) afirman que la relación predicción-control, debe pasar a un cambio de visión hacia estrategias adaptivas y flexibles que puedan ajustarse de acuerdo a procesos de aprendizaje e información continua, lo que exige la incertidumbre.

Sin duda, entre estos indicadores, una de las mayores fuentes de incertidumbre viene del uso de GCMs para modelar posibles impactos del cambio climático sobre la biodiversidad andina. Se ha documentado que estos modelos globales, debido a diferencias en su resolución, no capturan la heterogeneidad de los procesos meteorológicos presentes en los Andes, ni representan adecuadamente las gradientes ambientales propias de los ecosistemas andinos (Buytaert y Ramírez-Villegas en prensa). Una ilustración de esta incertidumbre se evidencia al comparar entre un conjunto de GCMs, considerando diez modelos para A1B y ocho modelos para A2. La comparación entre ellos demuestra una gran discrepancia entre los modelos, no solo

en el grado de aumento o disminución de la precipitación, sino en la dirección del cambio (Figura 3). Una manera para reducir este grado de incertidumbre en la construcción de este tipo de indicadores es generar proyecciones de impacto que utilizan la mayor cantidad posible de GCMs disponibles para una variedad de escenarios de emisión y períodos de tiempo. De esta manera, es posible reportar una estimación de la incertidumbre vinculada a las fuentes de información empleadas. Por lo tanto, los patrones y la magnitud del impacto reportados por estos indicadores deben interpretarse como una referencia general para identificar tendencias como, por ejemplo, identificación de áreas más sensibles por su grado de exposición a los impactos, y grupos de especies que, por sus características ecológicas y sus patrones de distribución, podrían sufrir impactos mayores bajo nuevas condiciones climáticas. Por lo tanto, estos indicadores no pueden ser utilizados para identificar especies particulares o áreas más susceptibles a impactos a escalas subnacionales.

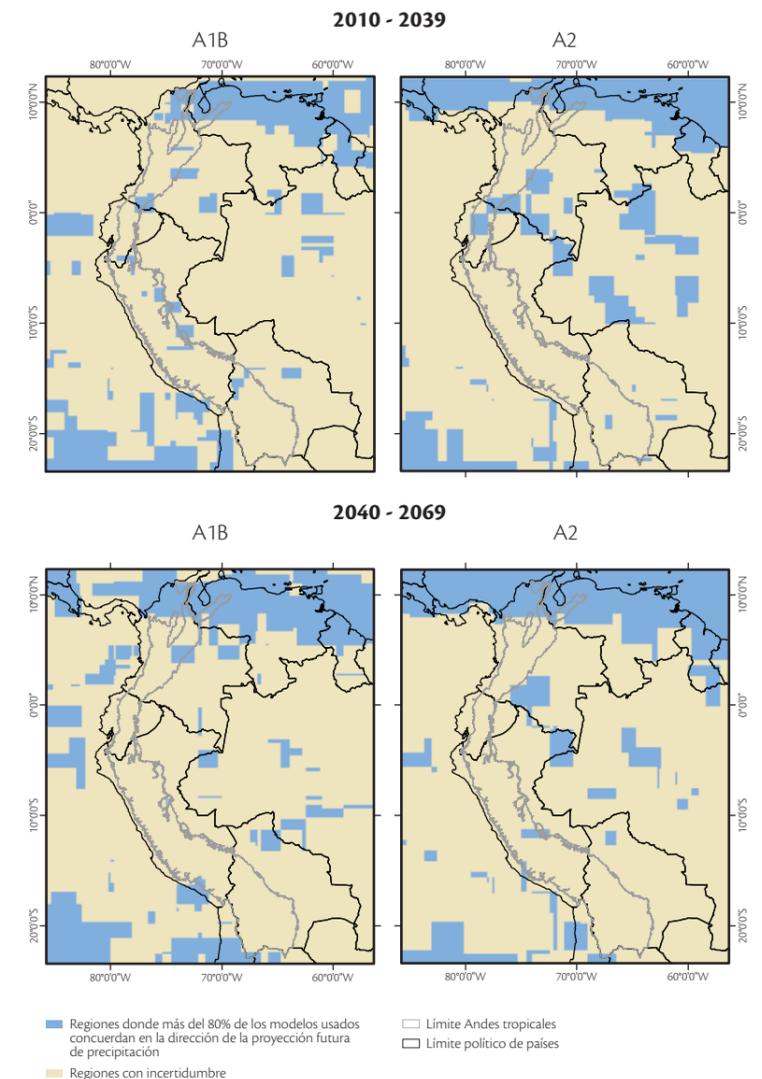


FIGURA 3. Proyección futura de precipitación en los Andes Tropicales. Fuente: Buytaert y Ramírez-Villegas en prensa.

ÁREA DE ESTUDIO

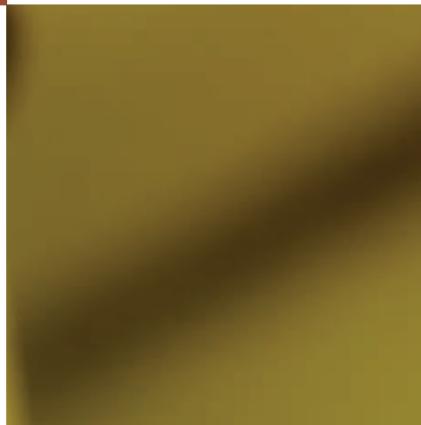
El área de estudio incluye todas las regiones montañosas de los Andes de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela que se encuentran sobre los 500 metros de elevación respecto del nivel del mar. Esta región, en su conjunto, ha sido denominada como los Andes Tropicales, y cubre una extensión aproximada de 1'500.000 km² desde el oeste de Venezuela hasta la frontera entre Bolivia, Chile y Argentina, constituyéndose en el sistema montañoso tropical más extenso y continuo del mundo (Clapperton 1993; Fjeldså y Krabbe 1990).

También considerada como la región de mayor riqueza y diversidad biológica de la Tierra, los Andes Tropicales contienen alrededor de 45.000 plantas vasculares (20.000 endémicas) y 3.400 especies de vertebrados (1.567 endémicas) en apenas el 1% de la masa continental de la Tierra (Myers et ál. 2000). Esta singularidad de los ecosistemas de los Andes Tropicales es el resultado de su historia geológica y climática (Fjeldså 1995, Gentry 1995), que ha permitido el desarrollo de sistemas naturales construidos a partir de un conjunto de adaptaciones evolutivas determinadas por gradientes ambientales pronunciados (García-Moreno et ál. 1999, Kessler et ál. 2001). Estas particularidades de las especies y ecosistemas andinos, hacen que estos sistemas sean frágiles y susceptibles a procesos de alteración por los efectos de los cambios ambientales globales (IPCC 2008, Sala et ál. 2005). Por ello, los Andes Tropicales son una de las áreas de importancia de biodiversidad global más amenazadas por los efectos combinados de la pérdida y fragmentación de hábitat, la sobre-explotación de los recursos naturales (Mittermeier et ál. 1998, Wassenaar et ál. 2007) y el cambio climático (Jetz et ál. 2007, Sala et ál. 2000).

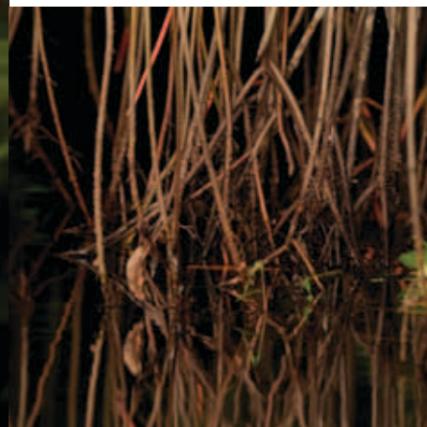
La fisiografía de los Andes Tropicales se caracteriza por empinadas pendientes, quebradas profundas, fondos de extensos valles y picos escarpados. Esta topografía, combinada con diferencias de clima creadas por agudos gradientes de altitud, genera una gran diversidad ecosistémica. De acuerdo con el trabajo de Josse et ál. (2009), en los Andes Tropicales existen 113 ecosistemas distintos. Esta inmensa diversidad de la cordillera andina puede ser caracterizada de manera general en nueve grandes biomas que estructuran el paisaje andino: los glaciares y áreas rocosas, los páramos, la puna húmeda, la puna xerofítica (incluyendo los salares), los bosques montanos siempreverdes, los bosques montanos semi-decíduos, los bosques montanos deciduos, los valles interandinos (arbustales semi-decíduos y deciduos) y los desiertos de altura (prepuna xerofítica) (Figura 4).

FIGURA 4.
Distribución remanente de los biomas en los Andes Tropicales (sig. pag.)





Fichas de indicadores



Cuantificación de la extensión de los biomas andinos

FRANCISCO CUESTA, MANUEL PERALVO Y EDWIN ORTIZ

OBJETIVO

Cuantificar la extensión remanente de los biomas y ecosistemas en los Andes Tropicales.

EL TRASFONDO

Los biomas consisten en grandes paisajes (Figura 4) representados a través de la agrupación de varios ecosistemas andinos que comparten características de cobertura (vegetación) y clima similares (ritmos de precipitación y temperatura). El grado de alteración de los ecosistemas naturales por actividades humanas, como la agricultura, la industria extractiva y la urbanización, tiene importantes implicaciones para sus funciones esenciales, como la regulación hídrica, la regulación climática regional y el ciclo del carbono. Con los efectos esperados del cambio climático (por ejemplo, los cambios en los patrones de lluvia), esta alteración podría ser aún más pronunciada, volviéndose imperativo discutir las posibles interacciones entre ambos procesos.

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La extensión remanente de los biomas y ecosistemas puede constituirse en uno de los principales indicadores del estado de conservación de la biodiversidad andina. El entendimiento de los procesos de cambio en la extensión de los paisajes naturales puede ser aplicado como un primer análisis macro del estado de conservación de especies y el mantenimiento de los principales procesos naturales que los sustentan. Para escalas subregionales como la de este estudio, la información sobre la extensión, distribución y estado de conservación de los biomas es un indicador muy valioso, pues permite de manera sintética y rápida evaluar el estado del medio ambiente. A través de la medición periódica de este indicador, es posible identificar áreas susceptibles ("hotspots" de deforestación) a cambios por efectos de la deforestación, evaluar la representación de la biodiversidad andina en los sistemas nacionales de áreas protegidas, o evaluar el estado de la cobertura vegetal en las cuencas hidrográficas transfronterizas.

¿Qué mide el indicador?

El indicador de extensión de biomas mide, en un periodo de tiempo, la superficie o extensión remanente en kilómetros cuadrados (km²), es decir, el área que no ha sido transformada por actividades humanas y mantiene sus condiciones naturales. La medición periódica de este indicador permite analizar la dinámica de cambio en la superficie de los biomas (contracciones o expansiones), generar matrices de transición o derivar indicadores complementarios de presión y estado de los biomas en la región Andina.

¿Cómo se mide?

La extensión de los biomas para un período actual o pasado se puede derivar a partir de un mapa de unidades ambientales o ecosistemas remanentes, donde se distinguen tanto las áreas intervenidas como las áreas naturales. El análisis se desarrolla con base en la comparación de diferentes cortes de tiempo para un período previamente establecido. El contraste de la superficie de cada bioma para cada corte de tiempo, permite identificar las áreas más estables y las más dinámicas en el paisaje, así como los biomas que han sufrido mayores pérdidas en su superficie o que se encuentran en un mejor estado de conservación.

¿Cómo se presentan los resultados?

Tablas que reportan superficies por cada bioma, histogramas u otro tipo de gráficos estadísticos que reportan la tendencia de cambio en la superficie, y mapas temáticos generalmente a una resolución digital de 1 km².

¿Qué datos hay disponibles para el indicador?

Mapa de ecosistemas y biomas (base de datos espacial).

¿A qué resolución?

Entre 1 a 5 km² de resolución digital (pixel).

¿A qué escala aplica?

Nacional, regional.

¿Cada cuánto se mide?

Cada 5 años.

¿QUÉ HICIMOS?

Como punto de partida, la extensión remanente de los biomas andinos fue estimada a partir del Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Josse et ál. 2009), el cual fue reclasificado en nueve grandes biomas (Cuesta et ál. 2009) (Tabla 3). A partir de esta cobertura, se estimó la extensión remanente de los biomas al año 2000. Si bien en los Andes existe un complejo mosaico de áreas en diferentes estadios de degradación, este mapa representa las áreas primordialmente naturales, por lo que las estadísticas derivadas representan un escenario conservador.



Tabla 3. Superficie remanente de los biomas andinos para el año 2000 en los Andes Tropicales con definiciones breves de cada bioma (CAN 2009).

BIOMAS	SUPERFICIE (KM ²)	SUPERFICIE (%)
Bosque montano deciduo Norte de Perú hasta sur de Bolivia, con pocos parches en los Andes del Norte; entre 600 a 4.100 m; bosques de copas bajas, especies adaptadas a 6-10 meses de sequía al año.	76.645	5,1
Bosque montano semi-deciduo Centro de Perú hasta sur de Bolivia, con parches pequeños en Ecuador, Colombia y Venezuela; entre 600 y 3.100 m; vegetación de bosques de hasta 25 m en altura, que pierden parcialmente las hojas durante época seca	84.964	5,6
Bosque montano siempre verde Bosques norandinos (Venezuela, Colombia, Ecuador), Yungas (Perú y Bolivia) y Boliviano-Tucumano; entre 1.500 y 3.000 m; vegetación muy tupida, con árboles de hasta 35 m y con abundancia de epifitas.	210.859	13,9
Bosques extra-andinos Bosques típicos de otros biomas (p. ej. amazónicos, chocoanos) que suben a la altura del área de estudio en pocos lugares.	224.589	14,8
Arbustales semi-decíduos y deciduos (valles interandinos) Perú, Bolivia, con pequeñas zonas en los Andes del Norte; entre 1.900 y 3.500 m; arbustos leñosos de unos 4 o 5 m de altura, típicamente en los valles.	58.513	3,9
Páramo Oeste de Venezuela hasta norte de Perú; generalmente por encima de 3.000 m, con vegetación baja y pajonales, adaptados a altas variaciones diurnas de temperatura.	34.453	2,3
Puna húmeda (incluye los pajonales yungueños) Norte de Perú hasta centro de la Cordillera Oriental de Bolivia; entre 2.000 y 6.000 m; vegetación baja con pajonales y cactácea, adaptados a una disponibilidad de agua estacional.	224.789	14,8
Puna xerófitica Centro del oeste de Bolivia y suroeste de Perú; entre 2.000 y 6.000 m; con vegetación incluye bosques espinosos y salares, adaptados a suelos y ambientes secos.	184.021	12,1
Prepuna xerófitica Centro y sur de Bolivia hasta el noroeste de Argentina; entre 1.900 y 3.500 m; arbustales y bosques muy bajos, espinosos y con numerosas cactáceas.	30.967	2,0
Glaciares y áreas rocosas Áreas puntuales en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia; generalmente sobre los 4.800 m; áreas de vegetación muy rala entre áreas rocosas por encima de páramo y puna; glaciares.	26.225	1,7
Cuerpos de agua Lagos	25.084	1,7
Áreas intervenidas Áreas con producción agropecuaria y asentamientos humanos	335.232	22,1
Total	1.516.341	100,0

RESULTADOS DEL PILOTO

La vegetación remanente en los Andes Tropicales cubre el 78% del área, mientras que el 22% restante corresponde a áreas transformadas (p. ej. cultivos, pastizales o áreas urbanas) (Tabla 3). Sin embargo, la distribución de las áreas transformadas es asimétrica, con mayor concentración en los Andes del Norte que en los del Centro. En los Andes del Norte la superficie transformada (236.689 km²) es mayor que el área que ocupa la vegetación remanente (197.635 km²), mientras que en los Andes Centrales ocurre lo inverso. Apenas el 9% de la vegetación natural ha sido clasificada como áreas sin cobertura vegetal natural (Josse et ál. 2009). No obstante, esto puede ser producto de una subestimación de las áreas semi-naturales de uso agrícola y pecuario extensivas (p. ej. pastoreo de camélidos) en la Puna de Bolivia y Perú. Los resultados muestran igualmente que es necesario tener mejor información para mapear consistentemente estas áreas. Es probable que los valores de remanencia en los Andes Centrales sean menores, en particular en los biomas de la puna xerófitica y húmeda.

El bosque montano siempre verde es el bioma con mayor extensión junto con la puna húmeda y la xerófitica. Al contrario, los biomas con menor extensión son los arbustales, el pajonal yungueño, la prepuna xerófitica y el páramo (Tabla 3). Los biomas pajonal yungueño y prepuna xerófitica son unidades exclusivas de los Andes bolivianos y peruanos (Figura 4).

FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN PARA LOS PAÍSES DE LA CAN

El primer paso requiere estandarizar una metodología de representación y mapeo de unidades biológicas o ecosistemas a escala subregional, que sea validada por los países de la CAN.

Para monitorear cambios en la extensión de los biomas andinos, es necesario que los países de la región generen información espacial y temáticamente estandarizada sobre cobertura de la tierra, en períodos de tiempo apropiados (p. ej. cada cinco años). Esta información periódica servirá de insumo para analizar las dinámicas de cambio de la cobertura de la tierra sobre los biomas y coberturas naturales. Metodológicamente, esto implica llegar a acuerdos mínimos que garanticen que los mapas de cobertura o vegetación nacionales puedan ser comparables y, por lo tanto, integrados para generar una visión regional consistente.



Cambio en la distribución de los biomas andinos

CARLOS ARNILLAS, CAROLINA TOVAR, FRANCISCO CUESTA Y WOUTER BUYTAERT

OBJETIVO

Evaluar potenciales cambios en la distribución espacial de los biomas en los Andes Tropicales a raíz del cambio climático¹.

EL TRASFONDO

Los Andes Tropicales son una de las regiones identificadas como altamente sensibles y expuestas a los efectos del calentamiento global. Las series climáticas de tiempo del último siglo reportan un incremento promedio de la temperatura de 0.7°C en las últimas siete décadas (1939 – 2006; Vuille et ál. 2008), y a escalas subcontinentales se proyecta un incremento en la temperatura de 3+/- 1,5 °C para fines del siglo actual (Urrutia y Vuille 2009, Vuille et ál. 2008). En los Andes, los modelos climáticos de circulación global (GCMs por su siglas en inglés) sugieren cambios fuertes en las condiciones climáticas actuales a lo largo de la Cordillera, con mayores cambios en las partes más altas, donde la contracción de las condiciones climáticas serían mayores y la exposición a los impactos se incrementaría (Williams et ál. 2007a, Williams et ál. 2007b).

Los impactos en la distribución geográfica de los ecosistemas andinos están determinados, en gran medida, por cambios en temperatura y humedad ambiental. Un incremento en la temperatura sugiere un desplazamiento vertical hacia arriba del gradiente ecotonal entre los ecosistemas boscosos y el páramo o la puna. Con un *lapse rate* constante del alrededor de 0,6-0,7°C * 100 m⁻¹, las predicciones sugieren que las condiciones de temperatura actuales (óptimo climático) se desplazarían entre 140 y 800 m hacia arriba para finales de este siglo (Buytaert et ál. 2011) lo que incidiría en una alta tasa de extinción de muchas de las especies asociadas a estos biomas (diversidad alfa y beta).

Los estudios recientes sobre modelos de cambios climáticos regionales para los Andes (Urrutia y Vuille 2009) sugieren un incremento en la humedad del aire, lo cual tiene una relación directa con una disminución en el *lapse rate*, creando un mayor calentamiento en los ecosistemas altoandinos. Estas alteraciones tienen un efecto en la formación y condensación de las nubes (lluvia horizontal), lo que incide directamente en los ecosistemas andinos. No obstante, dada la complejidad topográfica y climática de los Andes Tropicales, se espera una respuesta diferenciada en cuanto a cambios en la diversidad y distribución de los biomas por efectos del cambio climático (Tovar et ál. en prensa).

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

A gran escala, los ecosistemas o biomas son las entidades de agregación de la biodiversidad más importantes para el sostenimiento de las sociedades humanas y la diversidad en sus escalas finas de especies y genes (Sala et ál. 2005). Así, los sistemas de clasificación de ecosistemas y biomas son herramientas importantes en la gestión del medio ambiente; por ejemplo, en los enfoques de priorización para la conservación a grandes escalas (p. ej. Olson y Dinerstein 2002, Rodrigues et ál. 2004). También, en los estudios a escalas nacionales, se los utiliza como indicadores importantes para definir áreas prioritarias de conservación (Margules et ál. 2002). De allí la importancia de entender y poder modelar los cambios esperados en ellos por efectos del cambio climático, para identificar áreas con mayor sensibilidad y priorizar estudios más detallados en estos lugares. De esta manera, se podrán desarrollar estrategias para mitigar efectos como extinciones locales de especies (o globales, en el caso de especies de distribución muy restringida), cambios en la representatividad de las áreas protegidas, y cambios en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

¿Qué mide el indicador?

En complemento al indicador anterior, este indicador compara la variación, en el área de ocurrencia (en kilómetros cuadrados) de los biomas andinos, entre las condiciones actuales y las futuras, a partir de diferentes escenarios de emisión y modelos climáticos globales, acordados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

¿Cómo se mide?

Este indicador proyecta el área de ocupación de los biomas andinos a diferentes condiciones futuras de clima, de acuerdo con los escenarios globales de cambio climático disponibles. Los modelos climáticos se construyen con base en el supuesto de que existe una relación cuantificable entre la distribución de un bioma y el conjunto de factores ambientales que la controla (Guisan y Zimmermann 2000).

La construcción de este tipo de modelos para vegetación requiere tres fuentes de datos: 1) la distribución actual de los biomas; 2) las variables climáticas para el período presente, comúnmente la serie de datos 1960-1990, (p. ej. precipitación y temperatura mensual) que controlan su distribución; y 3) los GCMs que representan las proyecciones climáticas futuras para el mismo conjunto de variables actuales para diferentes escenarios de emisión (A2 y A1B en este caso). La relación entre la distribución del bioma y el conjunto de condiciones actuales se construye con un modelo estadístico (p. ej. regresión logística, modelos generalizados lineales, entre otros). Estos resultados (el sobre climático), que determinan la influencia de las variables climáticas en la distribución del bioma, son utilizados para proyectar la distribución de los biomas en las nuevas condiciones climáticas modeladas.

Los resultados de estos análisis permiten estimar la sensibilidad de cada bioma al cambio climático, a través de la comparación de la distribución actual y futura de los biomas modelados a nivel de cada pixel del área de estudio. El análisis permite identificar patrones espaciales de cambio que pueden ser agrupados en tres métricas: áreas sin cambio (áreas que permanecen climáticamente estables en las proyecciones futuras); áreas de ganancia, definidas como los pixeles en donde se proyecta que el bioma ocurrirá en el futuro pero no en el presente; y áreas de pérdida, definidas como los pixeles donde ocurrirá un replazo del bioma actual por otro bioma en el futuro. A partir de esto, se reportan los valores promedio, máximos y mínimos para cada tipo de cambio en cada bioma, para cada escenario y período analizado. De esta manera, se puede estimar la incertidumbre vinculada al escenario y a las proyecciones realizadas (Peterson et ál. 2001; Loehle y LeBlanc, 1996).

¹ Este indicador se generó como insumo para la publicación Panorama Andino sobre Cambio Climático (Cuesta et ál. en prensa).

¿Cómo se presentan los resultados?

Mapas y tablas estadísticas de las áreas con probabilidad de pérdida o ganancia.

¿Qué datos hay disponibles para el indicador?

La medición de este indicador requiere contar con información climática actual y futura, junto con mapas de ecosistemas o clases de vegetación, que permitan identificar el área que actualmente ocupan los biomas de interés. Las variables climáticas actuales y futuras pueden ser obtenidas de la base de datos global WORLDCLIM (<http://www.worldclim.org/>), la cual contiene datos para condiciones históricas observadas (período 1960-2000) y proyecciones futuras a 1 y 5 km² de resolución para varios GCMs en diferentes escenarios de emisión. Respecto a los biomas, existen varias fuentes globales y regionales para derivar la distribución actual de los biomas (Global Land Cover 2000: Hansen et ál. 2000, Ecorregiones: Olson y Dinerstein 2000), las cuales han sido construidas a escalas globales con diferentes aproximaciones metodológicas. Sin embargo, todavía no se cuenta con información estandarizada oficial de biomas o ecosistemas para los países miembros de la CAN. Por lo tanto, para el ejercicio piloto se usó el mapa de ecosistemas de los Andes del Norte y Centro, agregado a los nueve biomas descritos previamente (ver indicador 1).

¿A qué resolución?

Aproximadamente 5 km² de resolución digital (de acuerdo con la resolución de la información de clima, biomas y modelos de circulación global o regional).

¿A qué escala aplica?

Regional.

¿Cada cuánto se mide?

Cada 5 años. Aunque el alcance temporal del indicador (2020, 2050) no cambiaría con esta periodicidad, se espera tener mejoras significativas en los modelos de climas futuros (por ejemplo, en cuanto a los modelos regionales), lo que justificaría volver a correr los modelos cada cierto periodo de tiempo.

Prueba del indicador

¿QUÉ HICIMOS?

Para el piloto se utilizaron las siguientes fuentes de información: La distribución remanente al año 2000 de los biomas andinos (Cuesta et ál. 2009). Los datos climáticos actuales (Hijmans et ál. 2005) y futuros (IPCC 2008) son los mismos que se utilizaron para el indicador de especies (ver indicador 3).

El modelo de nicho climático de cada bioma bajo los escenarios de emisiones A1B y A2, en los periodos 2010-2039 ("2020s") y 2040-2069 ("2050s"), se proyectó usando datos climáticos de un grupo representativo de diez GCMs, para SRES-A1B, y ocho, para SRES-A2, que contaban con información de temperatura máxima y mínima mensual.

Para estimar la sensibilidad de cada bioma al cambio climático y generar los patrones de cambio, se comparó la distribución del nicho actual y futuro de cada escenario. De esta manera, se puede tener una estimación de la incertidumbre vinculada al escenario y a las proyecciones realizadas. Los cambios en superficie de cada bioma constituyen el indicador de impacto generado.



¿Qué aprendimos del piloto?

RESULTADOS DEL PILOTO

Los resultados generados muestran que los biomas andinos son muy susceptibles a los efectos del calentamiento global, pero que su sensibilidad está determinada por su ubicación geográfica, sus condiciones actuales de humedad y su fenología (i.e. estacionalidad). La mayoría de los biomas evidencian un desplazamiento vertical ascendente en su límite inferior de distribución. Las proyecciones sugieren que los impactos para los dos escenarios de emisión (A1B y A2) empleados son similares y no existen diferencias estadísticamente significativas.

Los biomas ubicados a mayor altitud tienden a una mayor contracción de su área de distribución climática para ambos escenarios y cortes de tiempo. Por ejemplo, para el corte 2020 en el escenario A1B, los glaciares y áreas crioturadas perderían cerca del 57% de su actual superficie para el período 2020, mientras que los páramos se contraerían en un 29% en promedio para el mismo período y escenario. Para el periodo 2050 se espera que la pérdida promedio sea de 80% y 50% respectivamente para el escenario A2 (Figura 5).

De todos los biomas andinos, el BMS es el que reporta la mayor superficie de pérdida total para ambos cortes de tiempo y escenarios de emisión. Para el corte 2020, se proyecta una pérdida promedio para los bosques montañosos de 18,5% y una ganancia promedio de 6,5%, lo que determina una pérdida absoluta de 12,5% de su superficie climática; para el período 2050, la pérdida absoluta incrementa al 20%. Por el contrario, los escenarios proyectados para los ambientes secos reportan un incremento en su área de ocurrencia. Los bosques semidecíduos y decíduos montañosos tienen un incremento absoluto del 15% para el período 2020 y de 34% para el 2050 (Figura 5).

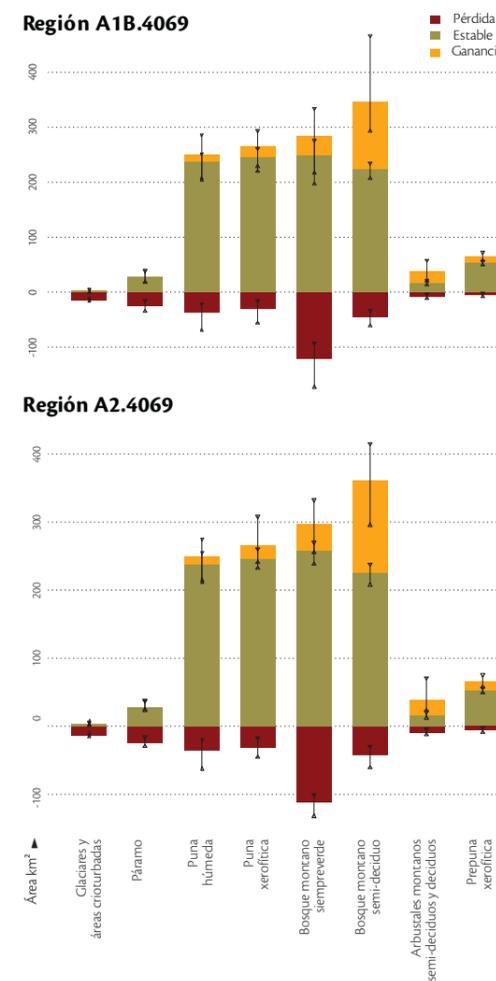


FIGURA 5. Cambio promedio en las áreas de los biomas andinos para cada escenario (A1B y A2) y para el periodo 2050 con respecto al año base 2000. Las barras muestran los valores promedios de todos los modelos, mientras que las líneas muestran el intermedio del valor máximo y mínimo de todos los modelos.

FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN PARA LOS PAÍSES DE LA CAN

Como se mencionó en el indicador anterior, para lograr un análisis a escala regional para este indicador, es importante tener información sobre biomas y ecosistemas estandarizada a escala subregional. Esto implica promover un trabajo articulado entre los países, orientado al desarrollo de metodologías de mapeo y análisis de vegetación. Adicionalmente, se recomienda reducir la incertidumbre de este tipo de ejercicios a través del fortalecimiento de la investigación climatológica, el cual permitirá desarrollar modelos climáticos regionales que simulen las condiciones actuales y futuras de los Andes de manera correcta (Buytaert y Ramírez-Villegas en prensa).

Cambio en el nicho climático de especies de origen andino

JULIÁN RAMÍREZ-VILLEGAS, FRANCISCO CUESTA, CHRISTIAN DEVENISH, ANDY JARVIS, MANUEL PERALVO Y EDWIN ORTÍZ

OBJETIVO

Evaluar posibles impactos del cambio climático en la distribución espacial de las poblaciones y la composición de comunidades de origen andino.

EL TRASFONDO

Muchas de las especies andinas, especialmente las que viven en las zonas más altas de los Andes, constituyen un excelente indicador temprano para estudiar y monitorear los efectos del cambio climático en la biota. Conceptualmente, se espera que las especies presenten tres tipos de respuestas generales a las anomalías climáticas: el desplazamiento, la adaptación (ya sea en términos de cambios evolutivos o adaptaciones fisiológicas) o su extinción local (Holt 1990). Es posible que los efectos del cambio climático a escala local se reflejen en uno de estos tipos de respuesta, evidenciando alteraciones en la composición y funciones de las comunidades presentes en los ecosistemas andinos (Parmesan y Yohe 2003).

Las características fisiológicas y evolutivas de las especies determinan, en gran medida, el grado de sensibilidad de éstas a los efectos del cambio climático, por lo tanto se espera respuestas diferentes entre los diferentes grupos de organismos en los Andes. Es posible una mayor probabilidad de extinciones locales para las especies que tienen una distribución restringida (p. ej. endémicas) o que tienen un nicho climático muy pequeño o una capacidad de dispersión limitada (Cuesta et ál. en prensa). Así, las especies que ocupan un área marginal en relación con su nicho en un área determinada serán las más vulnerables a cambios climáticos futuros (p. ej. desaparición del nicho climático). Por el contrario, las especies que ocupan un nicho coincidente (p. ej. especies con distribuciones amplias) con las condiciones prevalecientes en la región se verán, probablemente, menos afectadas (Thuiller et ál. 2005).

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Poder comparar el riesgo de extinción relativo entre especies ha sido uno de los principales instrumentos para la planeación en la conservación en los últimos años, especialmente por medio del método estandarizado de la UICN (2001). El riesgo de extinción, según este esquema, se mide principalmente a través de cambios observados, estimados o proyectados en el tamaño poblacional de las especies o, alternativamente, a través de analizar cambios en su área de ocupación. Por lo tanto, modelar posibles cambios en el área de ocupación de las especies andinas en escenarios de cambio climático constituye una herramienta para identificar áreas de mayor probabilidad de impacto para las especies que allí ocurren o para identificar especies potencialmente más sensibles y expuestas a estos impactos. Esta información es muy útil para el diseño de estrategias de respuesta que permitan reducir el riesgo de extinción, en particular de las especies más vulnerables.

¿Qué mide el indicador?

El indicador mide el cambio en el área de distribución de una especie (porcentaje) y la tasa de recambio de especies entre el periodo actual (T0) y uno futuro (T1), de acuerdo con diferentes modelos y escenarios de emisiones bajo cambio climático. Esta comparación permite generar, a nivel de pixel y de la distribución de cada especie, las tres métricas descritas para los biomas: áreas estables, áreas de pérdida y áreas de ganancia. El contraste de estas métricas permite analizar los impactos en el rango de distribución climático de cada especie y evaluar su grado de sensibilidad a estos escenarios. Adicionalmente, es posible generar un sub-indicador complementario a nivel de pixel para analizar los cambios en la riqueza de especies (diversidad alpha). El cambio de riqueza de especies se evalúa al comparar el número de especies presentes en un pixel en T0 respecto del número de especies presentes en T1 en el mismo pixel.

¿Cómo se mide?

Este indicador requiere tres insumos claves: 1) la recopilación de información sobre ocurrencia de especies, 2) la generación de modelos de nicho, y 3) las variables climáticas actuales y futuras para diferentes cortes de tiempo y escenarios de emisión. Al igual que en el indicador previo, la evaluación del impacto del CC en la distribución se basa en la construcción de modelos estadísticos fundamentados en la teoría ecológica del nicho (Pearson y Dawson 2003). Los modelos de nicho se construyen en base al supuesto de que existe una relación que puede ser cuantificada entre el factor de interés (p. ej. Abundancia de una especie) y un conjunto de factores que –se asume– controlan su respuesta (Guisan y Zimmermann 2000). Incluso en escenarios de cambio climático se asume que esas relaciones se mantienen y que las especies tienen una alta capacidad de adaptación y desplazamiento. La construcción de los modelos de nicho para especies requiere de la utilización de técnicas estadísticas asimétricas, debido a que los registros de ausencia para las especies de interés no existen (Raxworthy et ál. 2003; Anderson et ál. 2002a; Anderson et ál. 2002b). En este contexto, las técnicas de modelamiento que requieren solo puntos de presencia son muy útiles (Graham et ál. 2004; Loiselle et ál. 2003). Elith et ál. (2006) compararon 16 técnicas de modelamiento (GAM, Bioclim, GARP, MAXENT, entre otros) en 226 especies en 6 regiones del planeta. Los resultados muestran que MAXENT junto con otros modelos no lineales tienen un mejor desempeño y producen mejores resultados.



¿Cómo se mide? Con base en estas consideraciones, se propone la utilización de MAXENT, un algoritmo de aprendizaje (*machine learning algorithm*) basado en la teoría de la máxima entropía, el cual ha sido implementado en una plataforma de análisis gratis muy robusta y amigable. Adicionalmente, el sitio web de esta plataforma de modelamiento provee de ayuda en línea y documentación especializada. Una vez que los modelos de nicho han sido desarrollados utilizando las condiciones climáticas actuales, estas mismas relaciones del sobre climático pueden ser proyectadas geográficamente en las condiciones climáticas futuras (Cuesta et ál. en prensa).

Subindicador 1 – Cambio en la diversidad de las comunidades

Para cada pixel (por ejemplo, a una escala de 1 km²) se calcula el porcentaje de ganancia y pérdida de especies como se explicó anteriormente, comparando la diferencia entre los valores de pérdida y ganancia de especies, para cada unidad de muestra en cada escenario seleccionado (Thuiller et ál. 2005, Cuesta et al 2009).

Subindicador 2 - Cambio en las áreas de distribución

El cambio en el área de distribución de las especies es calculado como la diferencia entre la pérdida de nicho y la ganancia. Esta estimación representa el porcentaje de expansión o contracción del área de distribución en relación al nicho climático actual de cada especie, bajo cada escenario y para cada punto en el tiempo.

¿Cómo se presentan los resultados? Para evaluar los cambios en la distribución se pueden usar mapas, tablas y gráficas. El análisis de cambio en la riqueza de especies se puede evaluar comparando el número de especies presentes en un pixel en las condiciones actuales, y contrastarlo con el número de especies potencialmente presentes en los escenarios modelados.

¿Qué datos hay disponibles para el indicador? El desarrollo del indicador requiere de información sobre variables climáticas, modelos de circulación global y escenarios de emisiones. Para los análisis de composición y riqueza se utilizan bases de datos de ocurrencia de especies. Al igual que en el indicador anterior, las variables climáticas actuales y futuras pueden ser obtenidas de la base de datos WORLDCLIM (<http://www.worldclim.org/>), la cual contiene datos para condiciones históricas observadas (período 1960-2000) y proyecciones a futuro, a 1 y 5 km² de resolución, para 6 modelos del IPCC y dos escenarios de emisión. Para los datos de ocurrencia de especies hay varias fuentes, como bases de datos en línea (p. ej. GBIF, iniciativas nacionales de bases de datos de registros de especies, p. ej. eBird, BioMap), museos de historia natural nacionales, literatura, entre otros (ver comentarios abajo sobre su confiabilidad).

¿A qué resolución? 5 km² de resolución digital (de acuerdo con la resolución de la información de clima, biomas y modelos de circulación global o regional).

¿A qué escala aplica? Nacional, regional.

¿Cada cuánto se mide? Se recomienda hacer mediciones cada 5 años, teniendo en cuenta que las especies pueden responder a efectos de cambio climático en periodos más largos o más cortos de tiempo. Si se hacen estos análisis para un grupo particular de especies, es recomendable evaluar el tiempo necesario de análisis según las características biológicas del grupo evaluado.

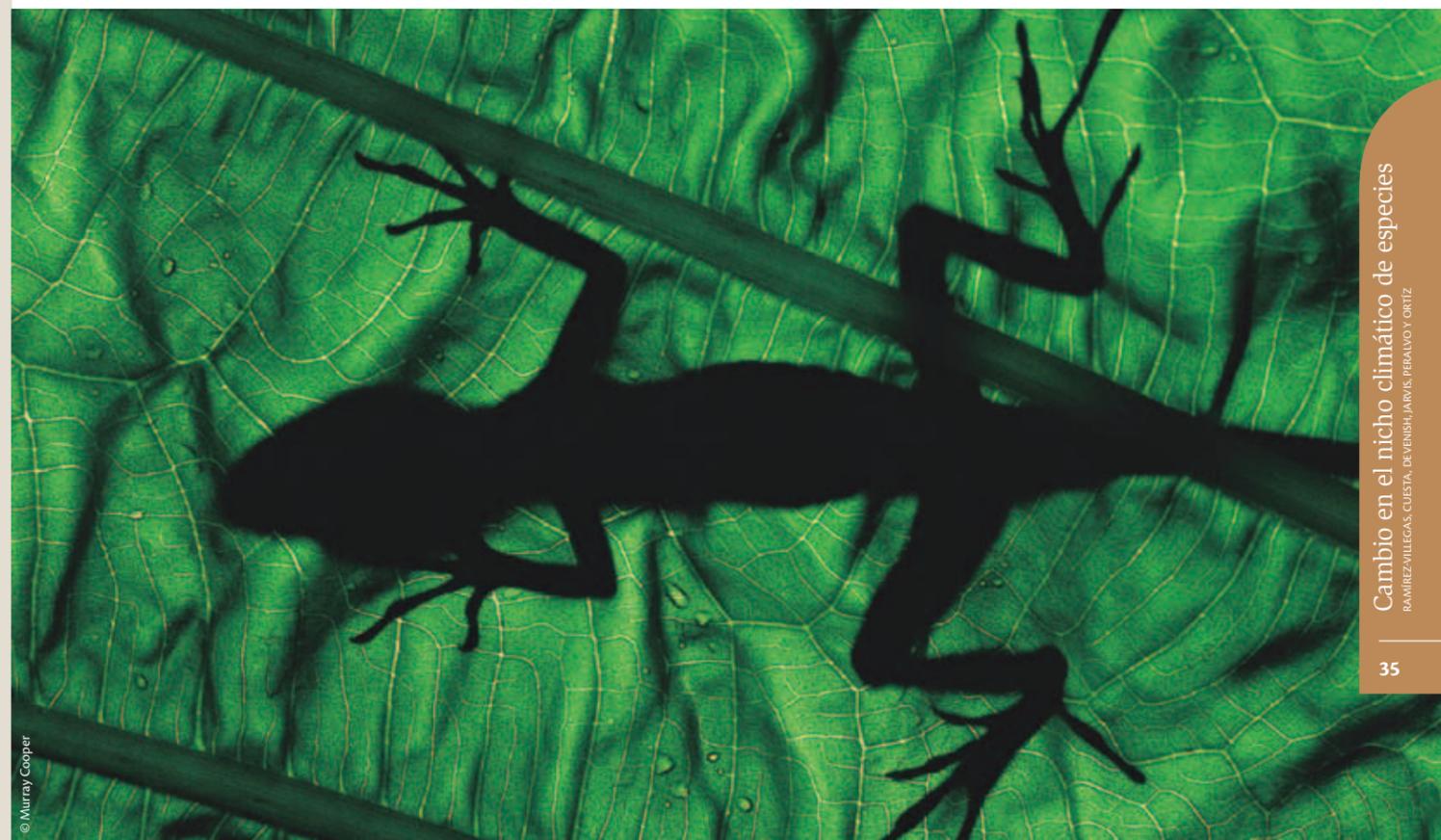
Prueba del indicador

¿QUÉ HICIMOS?

Se desarrolló una base de datos de ocurrencia de especies a partir de tres bases de datos: CONDESAN, Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (CDC-UNALM) y Global Biodiversity Information Facility (GBIF, disponible en <http://www.gbif.org/>), las cuales a su vez articulan múltiples fuentes de dominio público compiladas por varias instituciones e investigadores. De esta integración se obtuvo más de 500.000 registros de presencia para 11.012 especies (1.555 aves y 9.427 plantas) que presentaban al menos un registro de ocurrencia dentro del área de estudio. Estos datos de ocurrencia fueron revisados y verificados en su consistencia.

Los modelos de nicho fueron generados a partir del software Maxent (Phillips et ál. 2006) a partir de la climatología actual caracterizada en la base de datos WORDCLIM (Hijmans et ál. 2005) y proyectados a escenarios futuros (IPCC 2008). Las distribuciones actuales fueron modeladas para todas las especies, y proyectadas en dos escenarios futuros de cambios (2020s, 2050s) bajo los escenarios de emisión (SRES por sus siglas en inglés) A1B y A2, como un promedio de la combinación (Araujo y New 2007) de nueve GCMs utilizados (ver Cuesta et al 2009), dada la inherente incertidumbre en los diferentes modelos.

Las métricas de recambio y cambio en el área fueron calculadas según lo descrito arriba (para mayor detalle sobre el método empleado, ver Cuesta et al 2009). Como ejemplo de los subgrupos de especies o áreas geográficas que se pueden implementar con este indicador, se evaluó el recambio de especies dentro de áreas protegidas. Adicionalmente, se podría llegar a estimar cambios en el riesgo de extinción debido a cambios en el área de distribución de las especies.



RESULTADOS DEL PILOTO

En primer lugar, las métricas de reporte de los modelos de nicho generados por MaxEnt evidencian que éstos son estadísticamente válidos, y que el nicho climático potencial de las especies seleccionadas en los Andes fue bien definido.

A partir de los modelos de nicho generados para 9.062 especies de plantas vasculares y 1.456 especies de aves, se construyeron mapas de síntesis, que representan los patrones de riqueza actuales en los Andes Tropicales a escala de píxel (Figura 6). Los modelos de riqueza para las condiciones climáticas de referencia reportan para las aves un valor máximo de 452 especies (media = 185) y de 1.535 (media = 664) para las plantas vasculares. Estos patrones descritos, son coherentes con lo reportado en varios estudios para los Andes Tropicales realizados sobre diferentes grupos de plantas y algunos gremios de aves (Arctander y Fjeldså 1997, Borchsenius 1997, Gentry 1982, 1995, Heindl y Schuchmann 1998, Knapp 2002, Luteyn 2002), por lo que podemos considerar que el conjunto de especies seleccionadas para los dos grupos modelados se ajusta a los patrones de diversidad reportados para los Andes Tropicales.

FIGURA 6. Patrones actuales de riqueza de especies para (a) plantas vasculares y (b) aves en los Andes Tropicales.

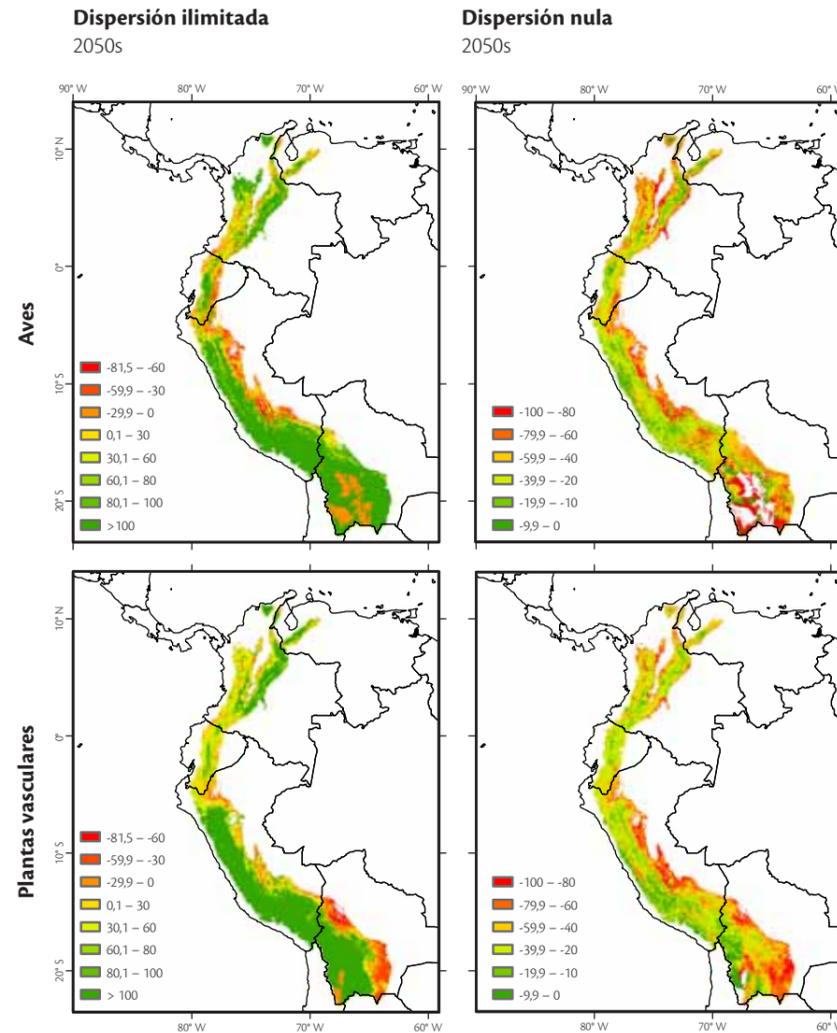
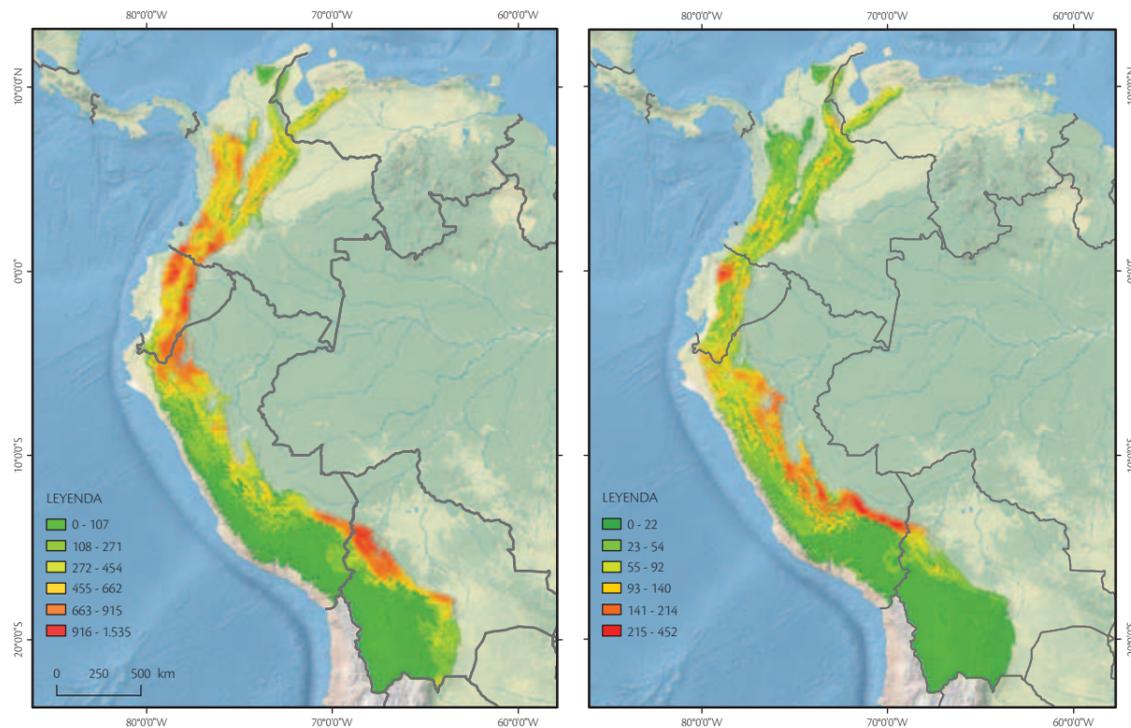


FIGURA 7. Patrones espaciales de cambio en la riqueza de aves y plantas vasculares para ambos escenarios de dispersión para el periodo 2050.

CAMBIOS EN LOS PATRONES DE RIQUEZA DE LAS COMUNIDADES DE PLANTAS Y AVES EN LOS ANDES TROPICALES

Los cambios en los patrones de riqueza muestran diferencias, dependiendo de los mecanismos de dispersión de las especies asumidos y los períodos de análisis (2020 – 2050). Por el contrario, los patrones y tendencias de riqueza son similares en los dos escenarios de emisión utilizados (Figura 7). Los escenarios con dispersión ilimitada proyectan un desplazamiento vertical ascendente de las especies de aves y plantas, provocando cambios importantes en la configuración de los patrones de diversidad en los Andes, patrón que se acentúa para el período 2050. Muchas de las especies de aves y plantas del piedemonte a lo largo de la Cordillera de los 5 países reportan valores de pérdidas de hasta 81 especies (áreas entre 600 a 1500 metros de elevación).

Los escenarios con **dispersión nula** evidenciaron una pérdida sustancialmente mayor en la riqueza de especies de plantas y aves que el escenario de dispersión ilimitada. Para ambos grupos las áreas de mayor pérdida se distribuyen a lo largo de toda la cordillera, especialmente para el período 2050. Los valores máximos de pérdida de riqueza en este escenario fueron de 1.244 especies para las plantas (media = 163; Sd ± 178) y 295 para las aves (media = 29; Sd ± 36). Las áreas que reportaron una mayor pérdida (>60% de la riqueza de especies) son las Yungas de la cordillera oriental de Bolivia y Perú entre

los 500 y 1.200 metros, los bosques Boliviano-Tucumanos en Bolivia, los flancos del piedemonte de la vertiente oriental en Ecuador y Colombia y la vertiente pacífica del norte de Ecuador y Colombia (Figura 4). Por otro lado, las áreas con pérdidas menores se concentraron en el altiplano Boliviano-Peruano, y en la vertiente pacífica de los Andes del Perú. Estos resultados sostienen lo reportado para estudios globales donde el calentamiento global genera un desplazamiento altitudinal y latitudinal (hacia el sur) en los nichos de las especies (Feeley y Silman 2010a, Jetz et ál. 2007, Sala et ál. 2000).

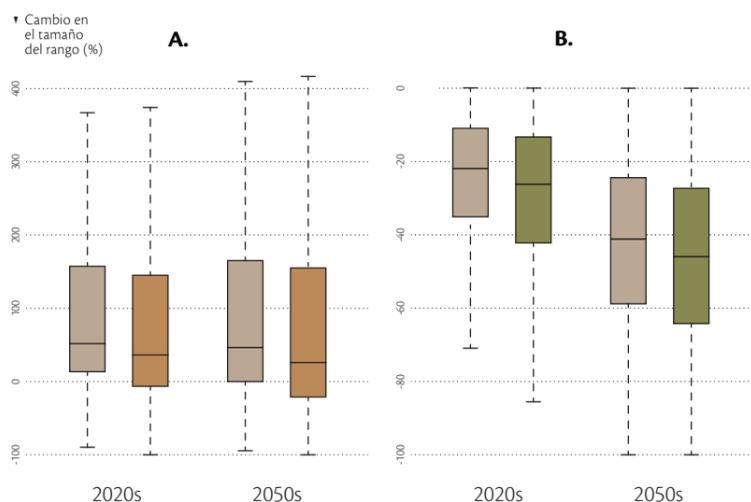
Sin embargo, es importante resaltar que los dos escenarios de dispersión utilizados son proyecciones extremas y fueron generados como una manera de reportar la incertidumbre inherente en estos ejercicios, y en la necesidad de evidenciar la importancia de incorporar criterios ecológicos de las especies modeladas. Es muy probable que las respuestas de las especies sean idiosincráticas, las cuales posiblemente estén determinadas por sus características ecológicas (e.g. capacidad de dispersión) y evolutivas (e.g. amplitud de su nicho), dentro del contexto de la matriz del paisaje (e.g. patrones de fragmentación y conectividad de parches de hábitat remanentes). No obstante, varias de las especies andinas podrían encontrarse en uno de estos dos escenarios.



CAMBIO EN EL ÁREA DE OCUPACIÓN DEL NICHO CLIMÁTICO

Los cambios promedio en las áreas de distribución potencial de las especies analizadas evidencian la sensibilidad del análisis al variar los parámetros de dispersión, así como el alto grado de incertidumbre asociado a este tipo de ejercicios. Cuando la respuesta de las especies es a través de una dispersión ilimitada, los resultados reportan a la mayoría de las especies con un incremento del área de su nicho climático actual. Algunas de ellas podrían incrementar su área (promedio) en más del 300 % (Figura 8a), independientemente del período analizado o del escenario de emisión. Este es el caso para muchas de las especies de bosques montanos, como las aves de los géneros *Grallaria* y *Eriocnemis*, en los que las especies de estos grupos que tienen una mayor amplitud de nicho reportan incrementos mayores al 100% en los escenarios de dispersión ilimitada. En particular *Eriocnemis cupreiventris* y *E. nigrivestis* incrementan considerablemente su nicho para este escenario para el 2020 y el 2050.

En contraste, al incorporar una respuesta de las especies donde no existe capacidad de desplazamiento (i.e. dispersión nula) los resultados muestran una respuesta muy diferente. El nicho climático de las especies se contrae significativamente en todos los períodos y escenarios, siendo más evidentes las proyecciones para el período 2050 y el escenario de emisión A2 (Figura 8b). Para el período 2020, el cambio máximo esperado es la reducción promedio del área del nicho climático en 50% para aves y 80% para las plantas, mientras que para el 2050, en ambos casos, muchas especies reportan una contracción del 100 % de su nicho climático sugiriendo la extinción de muchas de ellas en este escenario (Figura 8b). Este también es el caso para las especies de aves del género *Eriocnemis* (*E. nigrivestis* y *E. cupreiventris*) para el escenario del 2050, donde, sin capacidad de dispersión, el nicho climático se contrae en 69% y 65% respectivamente. Casos similares se reportan para todas las especies modeladas del género *Grallaria*, resaltando los casos de *G. alleni*, *G. aplonota*, *G. gigantea* y *G. hypoleuca*, en los cuales la contracción para el SRES-A2 2050 es de 59%, 83%, 54% y 63% respectivamente.



Patrones similares se reportan para las especies de plantas de los géneros *Polylepis* y *Gynoxys*. Las especies *Polylepis lanuginosa* y *P. tomentela* reportan incrementos sustantivos en su área de distribución para el escenario de dispersión universal para los dos períodos, pero reducciones considerables en el escenario de dispersión limitada. No obstante, algunas especies de estos géneros (e.g. *Polylepis incana*, *P. reticulata*, *Gynoxis buxifolia* y *G. caracensis*) que reportan una contracción de su nicho climático para los dos escenarios de dispersión y para los dos períodos de tiempo (Tabla 2). Quizá estas especies podrían ser identificadas como de mayor sensibilidad y ser priorizadas para desarrollar estudios más específicos que generen una mejor comprensión de esta gran sensibilidad. Posiblemente ésta ocurre en zonas muy altas (i.e. páramos, punas), donde la contracción de las áreas climáticas es mayor y la exposición a los impactos incrementa (Williams et ál. 2007a, Williams et ál. 2007b).

FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN PARA LOS PAÍSES DE LA CAN

La información disponible actualmente para la construcción de este tipo de indicador es bastante buena. Sin embargo, existen algunos aspectos que podrían mejorar sustancialmente su calidad y reducir su incertidumbre. Entre las principales recomendaciones sugerimos las siguientes:

1. Apoyar el fortalecimiento de los centros de investigación (museos y herbarios) que albergan colecciones museológicas requeridas para este tipo de indicadores. Es prioritario generar estándares de manejo de información que permitan construir una plataforma andina de información vinculada a los estándares globales del GBIF como Darwincore y Pliniancore. Esto permitirá mejorar sustancialmente la calidad de la información que actualmente es fragmentada y no siempre accesible.
2. Es necesario mejorar la información sobre la biología y ecología de las especies, para poder desarrollar o integrar modelos mecanísticos con modelos de nicho. De esta manera sería factible incorporar criterios de capacidad de desplazamiento, éxito de colonización o sensibilidad a áreas perturbadas. Teniendo en cuenta los resultados de los indicadores anteriores, este indicador podría complementar los análisis sobre dinámicas de cambio de la extensión de los biomas, y permitir análisis más integrales a estas dos escalas de análisis.
3. Generar modelos acoplados entre cambio climático y uso de la tierra. Esto permitirá incorporar de una forma integral los efectos de los dos grandes factores de impacto en la biodiversidad andina.

FIGURA 8. Cambios en el área de distribución de aves (barras sin sombreado) y plantas vasculares (barras sombreadas) para a) Dispersión ilimitada, y b) Dispersión nula, para el SRES-A2 escenario, durante los períodos 2020s y 2050s (1.555 aves y 9.457 plantas).

Índice de la Lista Roja como indicador de la pérdida de la biodiversidad

CHRISTIAN DEVENISH

OBJETIVO

Evaluar para especies en riesgo de extinción los cambios en su categoría de amenaza de la UICN, como medida de representación de la tasa de pérdida de la biodiversidad.

EL TRASFONDO

La extinción es una medida de la pérdida de la biodiversidad. El seguimiento al estado de vulnerabilidad de una especie se puede medir por medio del monitoreo de los cambios en las categorías de amenaza de la UICN, los cuales expresan un riesgo de extinción relativo entre especies y se utilizan actualmente para la elaboración de Libros Rojos. El riesgo de extinción de una especie está determinado por factores como su tamaño y densidad poblacional, su área de distribución y otras características ecológicas, en contraste con las diferentes presiones, generalmente antrópicas, que influyen en la persistencia de las poblaciones de estas especies.

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La lista roja de la UICN es una de las herramientas más utilizadas para definir prioridades de conservación, debido a que permite construir indicadores para evaluar el estadio de conservación de las especies a nivel global y su grado de amenaza, apoyando la formulación de políticas públicas (Mace et ál. 2008, Collar 1996).

La evaluación de cambios de categoría de riesgo de extinción de un conjunto de especies permite identificar tendencias hacia su extinción o recuperación. En este caso de estudio, se seleccionaron las especies de aves de zonas de montaña de los países de la CAN; sin embargo, esto es aplicable a cualquier grupo de especies de interés, ya sea por tipo de amenaza (p. ej. especies invasoras - McGeoch et ál. 2010), tipos de usos (p. ej. medicina o comida - Butchart et ál. 2010) o tipo de hábitat (p. ej. dependencia de bosque - 2010BIP 2010).

¿Qué mide el indicador?

Este índice representa la proporción de especies que cambian su estatus de conservación en un futuro próximo sin la intervención de acciones de conservación. Una tendencia hacia abajo en el tiempo representa un aumento en la tasa de pérdida de la biodiversidad, mientras una tendencia hacia arriba corresponde a una disminución en la tasa esperada de extinción de especies.

¿Cómo se mide?

Para calcular el valor del índice, solo se tienen en cuenta los cambios verdaderos entre categorías de la UICN, aplicándose con un mínimo recomendado de 10 especies. Un cambio verdadero representa un cambio real en el estado de la especie, y no un cambio en la categoría de riesgo debido a un aumento en el nivel de conocimiento sobre la especie o cambios taxonómicos durante el último periodo de evaluación.

Para los casos regionales, habrá especies que presentan cambios verdaderos con un área de distribución mayor al área de interés. En estos casos, es necesario evaluar el alcance geográfico de los factores que amenazan a la especie (y son responsables por el cambio de categoría). Este criterio permite seleccionar solamente aquellas especies para las cuales el factor o los factores de amenaza tienen una incidencia importante al interior del área de interés, en este caso los Andes Tropicales.

Para fines de este índice, se asigna un peso a cada categoría de la UICN, y se calcula como la sumatoria de los pesos de las especies que presentan cambios verdaderos dentro del periodo de tiempo analizado (p. ej. entre 1988 y 1994) dividida por el producto máximo posible (número total de especies multiplicado por el peso máximo), para dar un valor entre 0 y 1; o sea, la proporción de especies que se espera sigan en la categoría menor de riesgo de extinción.

¿Cómo se presentan los resultados?

Los resultados se representan en gráficos de valores entre 0 y 1. Un valor de 1 del índice quiere decir que todas las especies se encuentran en la categoría de menor riesgo de extinción, y por lo tanto, se espera que ninguna se extinga en un futuro próximo; un valor de 0 equivale a que todas las especies se han extinguido.

¿Qué datos hay disponibles para el indicador?

Por lo menos dos evaluaciones globales o nacionales de la lista roja. A nivel global, se cuenta con cinco evaluaciones hasta la fecha (1988, 1994, 2000, 2004 y 2008). En Colombia y Perú están finalizando una segunda evaluación de la lista roja nacional.

¿A qué resolución?

n/a

¿A qué escala aplica?

Nacional, regional.

¿Cada cuánto se mide?

Usando los categorías globales de la UICN: cada cuatro años; usando categorías nacionales: cuando haya actualizaciones de las listas rojas.

¿QUÉ HICIMOS?

El índice fue aplicado para las especies de aves cuya distribución se encuentra total o parcialmente sobre los 500 metros sobre el nivel de mar, y en relación con el ámbito geográfico de los Países Miembros de la CAN. A la fecha de desarrollo de la prueba, solo existían series de evaluación suficientes para aves. Para el cálculo se tomaron en cuenta las evaluaciones globales realizadas para los años 1988, 1994, 2000, 2004 y 2008. El indicador también fue desarrollado para la región andina completa, América Latina, y a nivel global, para poder comparar los valores.

¿Qué aprendimos del piloto?

RESULTADOS DEL PILOTO

En los países de la CAN existen 2.641 especies de aves, de las cuales 2.343 se encuentran en la región andina ($\geq 500\text{m}$), lo que corresponde al 88% de la diversidad de aves en los países de la CAN. En comparación con la riqueza de la avifauna de América Latina, los países de la CAN alojan el 67% de las especies, la región de los Andes el 60% (BirdLife International 2005).

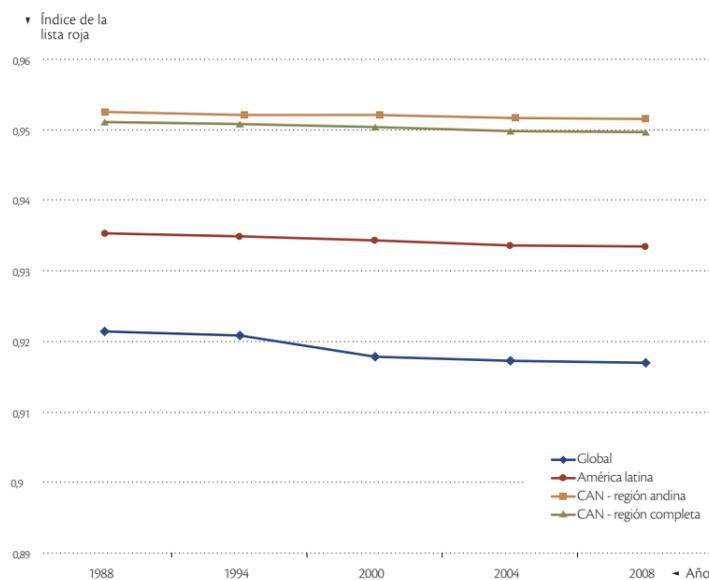
Entre la primera evaluación de la lista roja en 1988 y la última evaluación completa en 2008, se reportaron 24 especies con cambios verdaderos en su estado durante este período de tiempo. De estas, 12 entran en el área del presente estudio y son aptas para aplicar el índice, es decir: ocurren por encima de 500 metros sobre el nivel del mar, y los factores de amenaza, responsables por su cambio entre categoría de la UICN, ocurren en su mayoría al interior del área de estudio.

El índice demuestra una tendencia descendente, lo que quiere decir que la tasa esperada de extinciones en aves aumenta en este periodo en la región andina de la CAN. Un mayor número de aves presentaron cambios verdaderos en su categoría de la UICN, desde menor riesgo hacia mayor riesgo de extinción (Figura 9).

Cuando se compara el índice de la lista roja en la región andina de la CAN con el índice global o para América Latina, se observa una tendencia similar, aunque con valores mayores (Figura 9).

La diferencia entre la región andina de la CAN y todas las especies de la CAN probablemente se debe a la presencia de varias aves marinas en el segundo grupo, las cuales han presentado más cambios verdaderos debido a un incremento de las especies amenazadas en los últimos años.

FIGURA 9.
Índices de la lista roja para la región de la CAN, América Latina y global.



FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN PARA LOS PAÍSES DE LA CAN

Implementar un índice como este sería altamente factible dentro de la región de la CAN, ya que los datos desglosados del nivel global ya existen y se actualizan cada cuatro años. Además, el índice tiene la ventaja de estar basado en cambios verdaderos en el estado de especies, medidos por una gran red de expertos en la región, debido al proceso participativo de las listas rojas, tanto a nivel global, como nacional.

El índice tiene potencial para aplicación nacional entre diferentes grupos taxonómicos, en la medida que se desarrollen las evaluaciones nacionales de distintas listas rojas. Por ejemplo, sería posible dentro de poco tiempo aplicarlo a nivel nacional o regional, empleando las listas rojas nacionales para las aves, ya que en todos los países existe por lo menos una evaluación (Granizo et ál. 2002; Renjifo et ál. 2002; Ministerio de Medio Ambiente y Agua 2009). Una segunda evaluación está actualmente en progreso en Colombia y Perú, y en fase de planeación en Ecuador.

En este piloto no fue posible detallar el grupo de las aves andinas de la CAN para desarrollar análisis complementarios para la región, dados los pocos cambios observados en la avifauna andina; sin embargo, este índice podría ser aplicado integrando varios grupos o utilizando las listas rojas nacionales. Ejemplos de estos grupos podrían ser: a) especies invasoras o traficadas (Butchart 2008); b) grupos de especies de ecosistemas o biomas críticos (Butchart et ál. 2005); c) especies que se encuentran dentro o fuera de áreas protegidas (Butchart et ál. 2012); y d) especies afectadas por el cambio climático (McGeoch et ál. 2010). Sin embargo, esto depende de que hayan suficientes especies con cambios verdaderos en su categoría de amenaza para permitir calcular el índice (mínimo 10 especies).

Representatividad de los biomas andinos en los sistemas nacionales de áreas protegidas

FRANCISCO CUESTA, EDWIN ORTÍZ, LLOANI QUIÑONEZ, ADRIANA YEPES Y MARÍA TERESA BECERRA

OBJETIVO

Evaluar la representatividad de la biodiversidad a escala ecosistémica en los sistemas nacionales de áreas protegidas, y su evolución temporal.

EL TRASFONDO

La conservación *in situ* de la diversidad biológica depende de la preservación de hábitats naturales, razón por la cual las áreas protegidas y otros esquemas de manejo del paisaje son componentes fundamentales de las estrategias nacionales y mundiales de conservación de la diversidad biológica (CDB, 2004). La finalidad del Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (2004) desarrollado en el marco del CDB, es apoyar el establecimiento y mantenimiento de sistemas nacionales y regionales de áreas protegidas: completos, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos. Los compromisos de este Programa de Trabajo incluyen el establecimiento de metas e indicadores de áreas protegidas a niveles nacional y regional, convenientes y medibles en un plazo determinado de tiempo.

En este contexto, el desarrollo de un indicador que permita evaluar el grado de representación de los ecosistemas existentes a nivel nacional o subregional en los sistemas nacionales de áreas protegidas, contribuirá al reporte de los avances realizados en cumplimiento de las metas de ampliación de la red de áreas protegidas, y al análisis de las acciones y estrategias que necesitan implementar los estados para asegurar la representación de su riqueza biológica.

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

La representatividad ecológica de las áreas protegidas, ya sean privadas o públicas, es un elemento importante para asegurar que los esquemas de conservación *in situ* están acordes con las prioridades y objetivos de conservación.

Teniendo en cuenta que los cambios de uso de la tierra y los potenciales impactos del cambio climático tienen implicaciones directas sobre la distribución de las especies y en la calidad de los ecosistemas, es un desafío para los sistemas nacionales de áreas protegidas el crear redes regionales eficaces que permitan la adaptación de las especies a condiciones cambiantes, y con ello asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica en todos sus niveles de agregación.

En el ámbito regional y de acuerdo con las actividades sugeridas para las Partes en el marco del Programa de Trabajo, el análisis de la representatividad de las áreas protegidas y la evaluación del avance realizado por los países en la conservación de áreas representativas de sus ecosistemas, apoyarán el establecimiento de mecanismos de coordinación para la gestión de ecosistemas comunes, el fortalecimiento de la administración de las áreas protegidas transfronterizas existentes, y la colaboración entre los sistemas nacionales de áreas protegidas. La Estrategia Regional de Biodiversidad y la Agenda Ambiental Andina priorizan acciones en este sentido, por lo que la aplicación de indicadores relacionados igualmente contribuye a la implementación de estos instrumentos de carácter subregional.

¿Qué mide el indicador?

El indicador mide dos aspectos:

1. Variaciones temporales en la superficie ocupada por los sistemas de áreas protegidas respecto a la superficie total del territorio.
2. Porcentaje de representación de los ecosistemas en las áreas protegidas, en un periodo de tiempo definido.

¿Cómo se mide?

La medición del indicador se basa en dos fuentes de información principales:

1. El indicador requiere información espacial de los sistemas nacionales de áreas protegidas, e información asociada sobre fechas de creación de cada una de las áreas. Con esta información, se desarrolla un primer indicador que represente el porcentaje de la superficie de un país o región que está resguardada en los sistemas nacionales de áreas protegidas, el cual puede ser analizado temporalmente.
2. El indicador parte de una base de información cartográfica sobre biomas, ecosistemas o unidades biológicas. Esta información permite determinar el porcentaje de la superficie de los biomas o ecosistemas que están incluidos en el sistema nacional de áreas protegidas u otros esquemas de protección, respecto a su cobertura total a escala nacional o subregional.

Por ejemplo, el CDB estableció como meta que el 10% de cada ecosistema esté representado en los sistemas nacionales de áreas protegidas. Este indicador permitiría evaluar temporalmente el cumplimiento de esta meta en general o, por ejemplo, evaluar si los biomas principales o ecosistemas de un país o subregión tienen una representación mínima del 10% en su sistema.

¿Cómo se presentan los resultados?

Los resultados se presentan en gráficos de porcentajes que permitan evaluar la variación temporal de la superficie de un territorio conservada en áreas protegidas, o en tablas que muestren la representación de ecosistemas en los sistemas nacionales de áreas protegidas u otros esquemas. La evaluación de representatividad puede expresarse en porcentajes, los cuales se presentan en tablas y gráficos.

¿Qué datos hay disponibles para el indicador?

La medición de este indicador requiere una base cartográfica regional de áreas protegidas que puede generarse a partir de las bases de datos nacionales. Como se ha mencionado anteriormente, todavía no se cuenta con información estandarizada oficial de biomas o ecosistemas para los Países Miembros de la CAN. Por lo tanto, para el ejercicio piloto se utilizó el mapa de ecosistemas de los Andes del Norte y Centro, agregado a los nueve biomas descritos previamente (ver indicador 1).

¿A qué resolución?

Ecosistemas: 1 km²
Áreas protegidas: variable.

¿A qué escala aplica?

Nacional, regional.

¿Cada cuánto se mide?

Cada 5 años.



¿Qué aprendimos del piloto?

¿QUÉ HICIMOS?

La representatividad de los biomas andinos en los sistemas nacionales y a nivel regional se analizó a partir de dos fuentes de datos temáticos: la distribución de biomas en los Andes Tropicales elaborada a partir de la cobertura de Josse et ál. (2009), y una cobertura integrada de las áreas protegidas de los sistemas nacionales de los Países Miembros de la CAN y Venezuela.

El proceso de integración requirió de ajustes en los límites de seis áreas protegidas fronterizas, donde existían traslapos entre los polígonos. Los traslapos fueron mínimos en las áreas protegidas andinas sobre los 500 metros de elevación.

La representatividad de los biomas se evaluó como el porcentaje de área que cada uno ocupa dentro de las áreas protegidas ubicadas por sobre los 500 msnm. En este caso se consideró que, si el valor es mayor o igual al 10%, el ecosistema en cuestión se encuentra bien representado o viceversa.

La evolución temporal del indicador se analizó con base en la fecha de creación de cada área protegida, lo que permitió generar un indicador dinámico que analiza el incremento de la representatividad de los biomas andinos en los sistemas nacionales para 5 períodos: (1) < 1970, (2) 1971-1980, (3) 1981-1990, (4) 1991-2000, y (5) 2001-2010. El cálculo fue realizado a dos escalas: para cada país y para los Andes Tropicales.

RESULTADOS DEL PILOTO

Para el año 2010, los sistemas nacionales de áreas protegidas de los países andinos albergan en su interior el 14% de la superficie remanente de los 9 biomas de los Andes, equivalente a 118.516 km². El páramo es el bioma mejor representado con un 42,2% de su superficie total remanente dentro de áreas protegidas. Por el contrario, los arbustales semi-decíduos, los bosques montanos decíduos, y las punas (húmeda y xerofítica) están sub-representados (< 10% superficie remanente) en los sistemas nacionales de áreas protegidas (Tabla 4).

TABLA 4. Superficie de biomas protegidos en los Andes Tropicales.

BIOMAS	SUPERFICIE (km ²)	SUPERFICIE PROTEGIDA (km ²)	SUPERFICIE PROTEGIDA (%)
Arbustales semidecíduos y decíduos	58.513	1.341	2,3
Bosque montano decíduo	76.645	3.638	4,7
Bosque montano semidecíduo	84.964	10.268	12,1
Bosque montano siempre verde	210.859	61.636	29,2
Pajonal yungeño	39.848	4.165	10,5
Puna húmeda	184.941	11.215	6,1
Puna xerofítica	184.021	11.724	6,4
Páramo	34.453	14.527	42,2
Total	874.244	118.516	13,6

Al analizar la evolución de la representatividad de los biomas en los sistemas nacionales, es evidente que existe una tendencia, sostenida durante los últimos 40 años, hacia lograr una representación mayor de cada bioma andino en los sistemas nacionales de áreas protegidas (Figura 10).

Adicionalmente, si se observa la evolución de áreas protegidas en cada país y la región andina, es evidente que existe un continuo incremento de la superficie protegida en cada país y la CAN en su conjunto (Figura 11). Es importante resaltar el gran incremento de las áreas protegidas en Perú durante las dos últimas décadas (1990-2010), períodos en los cuales ha existido un aumento de más del 100% en la superficie absoluta representada en los sistemas nacionales de áreas protegidas. El caso de Bolivia es similar, con una ampliación considerable de su superficie total durante la década de los 90 respecto de las décadas anteriores (Figura 11). Por su parte, Ecuador y Colombia han mantenido un proceso continuo y sostenido de incrementar la superficie total de protección de los biomas andinos.

FIGURA 10.

Evolución de la representatividad de los biomas andinos en los sistemas nacionales de áreas protegidas de la Comunidad Andina (CAN).

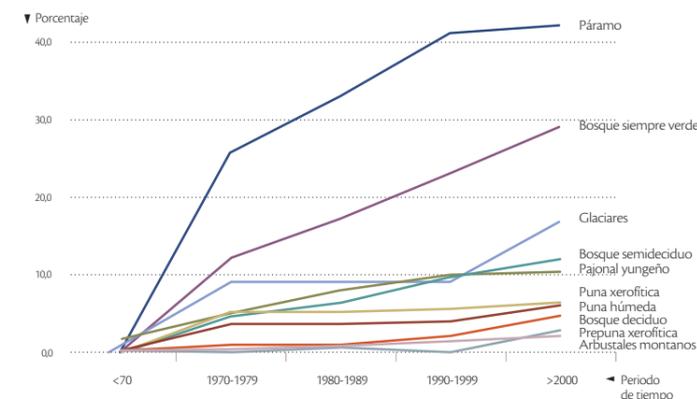
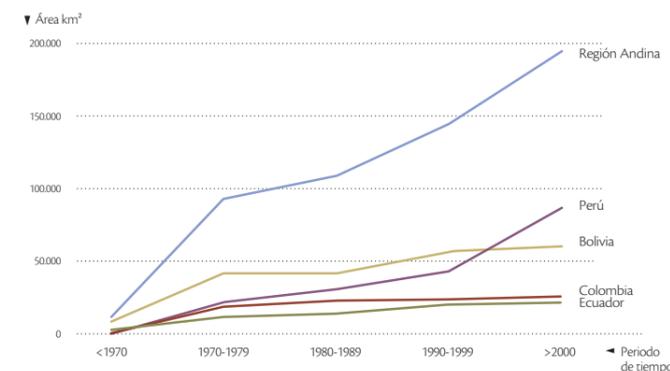


FIGURA 11.

Evolución del área absoluta bajo protección en los sistemas nacionales de áreas protegidas de la Comunidad Andina (CAN) y los Países Miembros.



Desde una perspectiva relativa al tamaño del país y su porcentaje protegido, la región de los Andes en los países de la CAN tiene una protección del 27% de su vegetación nativa remanente, equivalente a más de 300.000 km², siendo Bolivia el país con el mayor porcentaje protegido (44%) seguido de Ecuador (34%), Colombia (23%) y Perú (15%). Es relevante aclarar que existen otros esquemas de protección en cada país que pueden ser incorporados para tener un análisis más detallado.

FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN PARA LOS PAÍSES DE LA CAN

Aunque no hay información regional sobre biomas, es factible desarrollar el indicador a nivel nacional con los mapas de vegetación y ecosistemas existentes.

Este indicador sería igualmente aplicable a figuras de importancia para la conservación, como son las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (Devenish et ál. 2009) y los sitios Alianza para la Extinción Cero (Ricketts et ál. 2005) que han sido incrementados en los últimos 10 años, con un total de 566 sitios en la región andina establecidos en este periodo (Devenish y Gianella 2012).



Institucionalidad, política pública y gestión de la sociedad civil a favor de la conservación de la biodiversidad

CAROLINA CHIRIBOGA Y GABRIELA MALDONADO

OBJETIVO

Evaluar la gestión estatal y las acciones promovidas desde los sectores sociales para la conservación de la biodiversidad en sus distintos niveles y su sostenibilidad financiera, en relación al cumplimiento del CDB y las Metas 2010/2020.

EL TRASFONDO

El análisis de la institucionalidad y la política pública pretende determinar los temas relativos a la biodiversidad que son abordados por el Estado, y los mecanismos políticos, jurídicos y financieros establecidos para su implementación. La importancia de una institucionalidad sólida en un país cobra relevancia cuando se considera que un país es más propenso a ser ambientalmente sustentable en la medida que, tanto sus instituciones como su andamiaje/entrelazado social, tienen la capacidad de fomentar respuestas eficaces a los desafíos ambientales (Esty et ál. 2005). Es así como el análisis de las formas en las que la sociedad civil expresa su interés en la biodiversidad resulta relevante para completar el entendimiento de las respuestas que se generan desde el Estado para promover la conservación.

En esa línea, algunos estudios establecen la idea de que países donde se respetan más los derechos ciudadanos, tienen también una mayor preferencia por adoptar políticas ambientales (Tonn 2007). Asimismo, las políticas diseñadas para resolver problemas de tipo ambiental tienen pocas posibilidades de éxito, a menos que cuenten con un amplio soporte y participación pública (Inglehart 1995).

A la importancia que tiene el marco institucional se suma la necesidad de contar con esquemas que ofrezcan mayor sostenibilidad financiera a los estados, para ejecutar las actividades, programas o proyectos que contribuyan a una mejor gestión de la biodiversidad. En estas inversiones se incluye la inversión de la cooperación internacional para el desarrollo, en el rubro de medio ambiente y recursos naturales (específicamente para el tema biodiversidad), entre otros, realizada en el marco de la política internacional.

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La suscripción del Convenio de Diversidad Biológica implica de manera sustancial que los Estados firmantes se comprometan a implementar políticas orientadas a la conservación de la biodiversidad, su uso sostenible y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de esta. En tal sentido, resulta fundamental evaluar las gestiones realizadas por un país para saber su progreso en cumplimiento de los objetivos del Convenio.

La gestión estatal se desarrolla de modo general sobre la base de estructuras legales, formas administrativas, organizativas y esquemas políticos. La base fundamental para la implementación del CDB, y por ende, la gestión del Estado relativa a la conservación de la biodiversidad, es la Estrategia y Plan de Acción Nacional en Materia de Diversidad Biológica. Tomando como marco este documento y sus actualizaciones, se deben derivar los demás aspectos de planeación y bases legales en todos los sectores que pueden tener un impacto sobre la diversidad biológica desde lo nacional a lo local. Dentro de la gestión, se puede destacar aspectos como la construcción de políticas regionales de biodiversidad y sus planes operativos, así como planes de manejo para áreas protegidas. También es importante actualizar o crear legislación ambiental de acuerdo con los conceptos enmarcados en el CDB, donde es clave la participación de la sociedad civil desde su desarrollo hasta su implementación. La continuidad de la implementación de las estrategias y actividades derivadas del marco institucional depende, en gran parte, de la continuidad financiera para las iniciativas, con importantes implicaciones en la efectividad de las acciones, y por ende, en el grado de cumplimiento de los objetivos del Convenio.



¿Qué mide el indicador?

El indicador evalúa los mecanismos políticos, jurídicos y financieros que permiten la implementación del CDB, lo que en realidad hace de este indicador un conjunto de varios subindicadores. Cabe anotar que para este estudio se entiende por institucionalidad a la organización político administrativa a través de la cual el Estado ejerce sus atribuciones y, por lo tanto, su soberanía respecto a la conservación de la biodiversidad. Los mecanismos evaluados incluyen programas, proyectos e iniciativas dentro de siete áreas temáticas (ver pág. 52), políticas y estrategias nacionales, acuerdos internacionales y regionales, normatividad ambiental, desembolsos de asistencia oficial para el desarrollo y otras fuentes de financiación nacional e internacional. En cuanto a la gestión de la sociedad civil, el indicador permite identificar aspectos como acciones de trabajo en red, proyectos, programas académicos e iniciativas de incidencia política relativas a la conservación de la biodiversidad.

¿Cómo se mide?

Los aspectos evaluables de una política, programa o proyecto son: su formulación, los insumos con los que cuenta, su gestión, sus productos, sus resultados y sus impactos (DEPP GAPI 2003). En este contexto, al escoger el objeto de evaluación, es imperioso determinar el tiempo que este lleva vigente, de tal modo que se pueda establecer qué es lo que se medirá de dicha política, programa o proyecto. De este modo, se considera a la evaluación como un proceso que puede realizarse en distintos momentos, ya sea previamente a la implantación, es decir, en la etapa de diseño; o en el momento del ejercicio de la acción, que tiene que ver con el uso de los recursos, el ajuste a la programación de la generación de los productos y otros aspectos relativos al cumplimiento de objetivos. Finalmente, se puede realizar una revisión de la intervención sobre la base de efectos observables, a fin de identificar los resultados inmediatos, intermedios e impactos o resultados finales (Bonney y Armijo 2005).

Subindicadores

Siempre y cuando se cuente con suficiente información, se puede desarrollar subindicadores cuantitativos que demuestren el cambio en gestión estatal entre dos periodos de tiempo. De lo contrario, con base en la información levantada, se construye una narrativa o descripción de las principales tendencias o avances dentro del periodo de interés, en aspectos como incidencia política, estado de implementación de programas, institucionalidad y normativa jurídica. Los sub-indicadores cuantitativos se pueden desarrollar con fórmulas sencillas (Cuesta et ál. 2009) en las siguientes áreas:

- **Formulación:** incluye planes de desarrollo, objetivos, estrategias y planes de acción. Esta fase se concentra en el diseño y el conjunto de enunciados que determinan la estrategia y los objetivos.
- **Insumos:** tiene que ver con la medición de los recursos financieros, humanos y físicos que se requieren para la implementación de las acciones de una política, programa o proyecto. Se recomienda al finalizar actividades en el marco de la política, programa o proyecto.
- **Gestión:** permite medir los procesos, acciones y operaciones hechos durante la etapa de implementación de una política, programa o proyecto. Al medir gestión, se mide el desarrollo de las intervenciones, los procesos y las acciones. Un indicador de gestión debe ir más allá de relacionar lo ejecutado frente a lo programado, porque lo programado puede no estar bien elaborado.

- **Productos:** Los indicadores de producto miden la eficiencia de los bienes o servicios que se obtienen con un programa, proyecto o acción; muestran cuantitativamente los bienes y servicios que han sido producidos.
- **Resultados a corto plazo:** efectos inmediatos de los productos de una política, programa o proyecto. Los indicadores miden los resultados a corto plazo, y su aplicación se hace sobre la base de resultados observables de la política, programa o proyecto.
- **Impactos de largo plazo:** efectos a largo plazo sobre la población en general, atribuibles a la formulación de una política, programa o proyecto. Los indicadores miden los resultados a largo plazo y necesariamente se los aplicaría al contar con las consecuencias visibles de la aplicación de una política, programa y proyecto.

¿Cómo se presentan los resultados?

Estos indicadores pueden ser útiles para el desarrollo de reportes sobre la gestión estatal o privada en materia de biodiversidad en el marco del CDB.

¿Qué datos hay disponibles para el indicador?

Este indicador requiere la recopilación de la siguiente información:

- Planes, estrategias en páginas oficiales de los países (p. ej. Ministerios de Medio Ambiente, Relaciones Exteriores o equivalentes, gobiernos seccionales).
- Bases de datos en línea sobre iniciativas y proyectos ambientales (p. ej. base de datos de GEF, Banco Interamericano de Desarrollo, EcoIndex).
- Bases de datos en línea sobre financiamiento (p. ej. OECD, GEF, CAF).
- Información secundaria (p. ej. reportes, estudios, documentos, investigaciones).
- Se recomienda la aplicación de encuestas y el desarrollo de entrevistas a grupos de interés.

¿A qué resolución?

n/a

¿A qué escala aplica?

Local, nacional, regional.

¿Cada cuánto se mide?

Cada 5 años.

Prueba del indicador

¿QUÉ HICIMOS?

La recopilación de información se realizó a través de la recolección de datos primarios sobre las acciones del estado o la sociedad civil relacionadas con la gestión de la biodiversidad. Con este propósito se utilizó un cuestionario electrónico y se realizó una revisión de información secundaria. El cuestionario consistía en preguntas abiertas y cerradas dirigidas a autoridades nacionales y regionales, organismos de cooperación nacional e internacional, organizaciones no gubernamentales (ONG) y organizaciones sociales, vinculadas a iniciativas de biodiversidad y cambio climático. El conjunto de instituciones contactadas no incluye de manera completa ni equitativa a todas las organizaciones trabajando en la región. Las iniciativas o proyectos fueron agrupados de acuerdo a las siguientes siete áreas temáticas, en función a los temas focales de las Metas 2010:

1. Impactos del cambio ambiental global en los ecosistemas.
2. Impactos del cambio ambiental global en las especies.
3. Mitigación-adaptación al cambio climático.
4. Impactos en la calidad de vida humana.
5. Desarrollo sostenible.
6. Gestión del paisaje.
7. Gestión de conocimiento y fortalecimiento de capacidades.

Los datos secundarios se recopilaron a partir de una revisión de legislación, reportes, estudios, documentos e investigaciones promovidas desde el Estado u organismos con incidencia en la región andina. En su mayoría, se procuró utilizar información sistematizada y difundida en internet o en publicaciones nacionales o regionales. Fuentes consultadas para información de financiación incluyeron el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

¿Qué aprendimos del piloto?

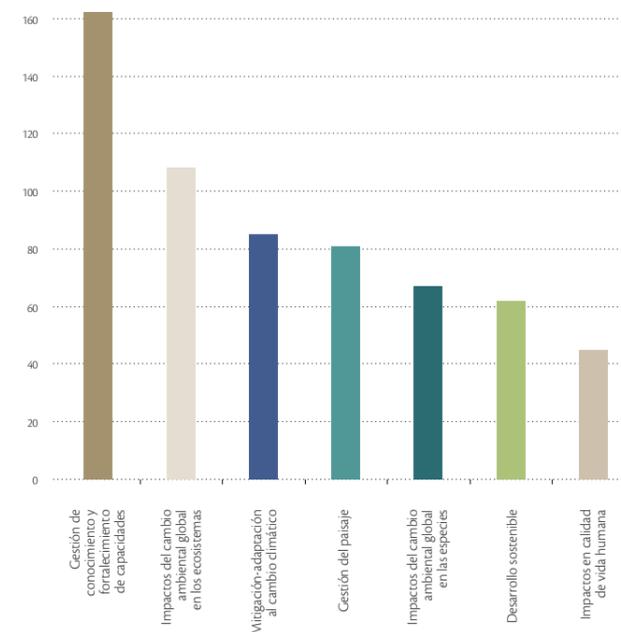
RESULTADOS DEL PILOTO

Las encuestas se enviaron a un total de 883 contactos con un nivel de respuesta de apenas el 13% (112 respuestas), y estuvieron disponibles entre el 15 de agosto y el 30 de septiembre de 2010. De las 112 respuestas recibidas, solo el 45% estaban completas, lo que impidió realizar un análisis estadístico de los subindicadores cuantitativos. Otra limitante fue la falta de información equiparable entre países, dado el grado de diferencia en la tasa de respuesta. En cuanto al tipo de organizaciones que respondieron la encuesta, predominó la sociedad civil, y se obtuvo relativamente poca participación de las entidades gubernamentales. Con respecto a las actividades, se recopiló información sobre 90 programas, proyectos o iniciativas. Estaban uniformemente distribuidas entre actividades regionales, nacionales o locales, con predominancia en el tema “gestión de conocimiento y fortalecimiento de capacidades” (Figura 12). La información financiera recopilada fue insuficiente para poder realizar un análisis cuantitativo.

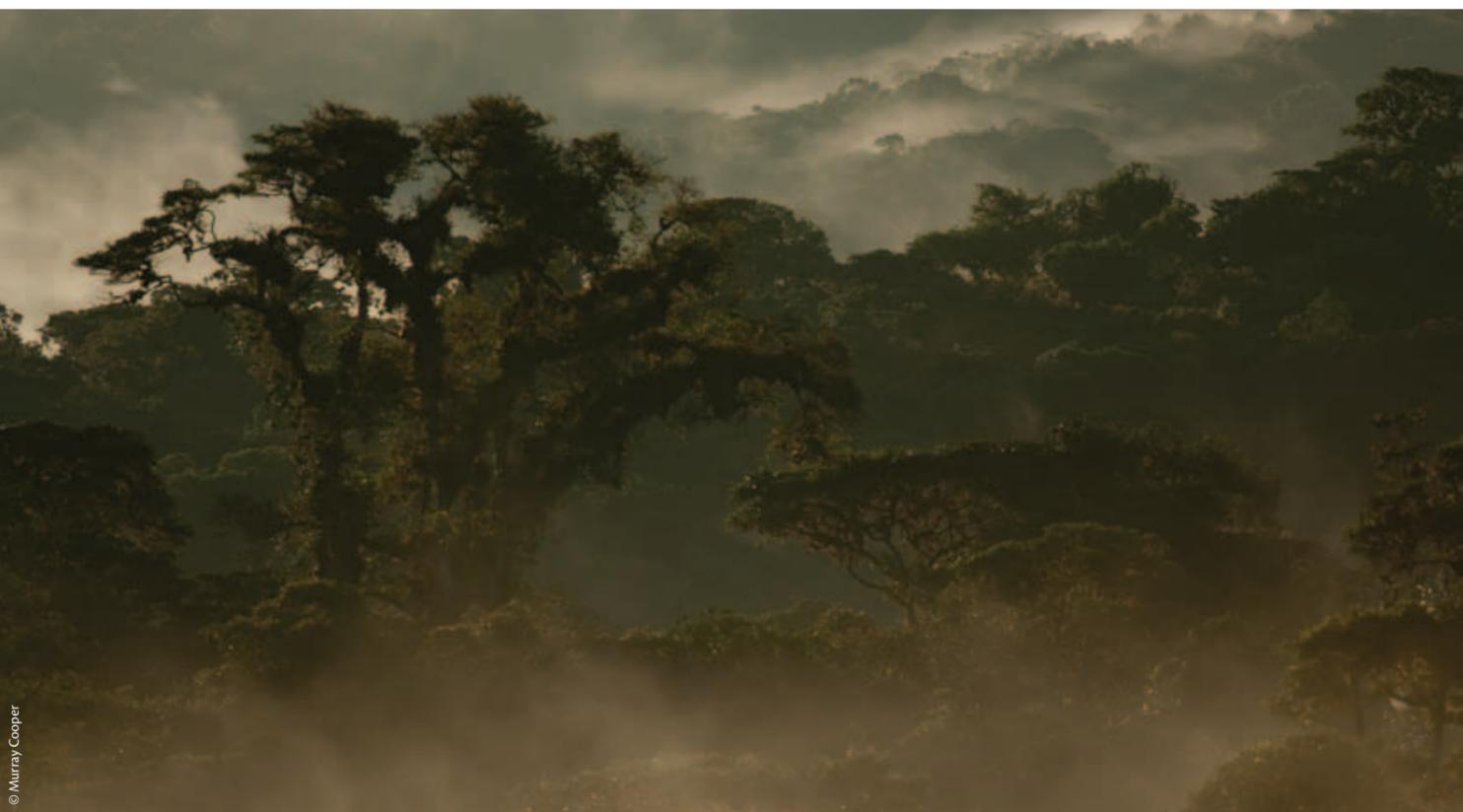
La revisión de información secundaria permitió identificar las siguientes tendencias sobre el fortalecimiento de las instituciones y de la normativa relacionada a temas ambientales como respuesta a los compromisos internacionales:

- El reconocimiento del derecho a un ambiente saludable
- El reconocimiento a la responsabilidad del Estado de brindar la máxima protección al medio ambiente
- Legislación ambiental con dificultades en su aplicación y cumplimiento
- El acceso a la justicia efectiva en defensa del medio ambiente requiere una legitimación activa amplia, la facilitación de la prueba y el dictado de sentencias en beneficio del grupo o la colectividad afectada
- La sanción de delitos ambientales
- La creación de fiscalías especializadas

FIGURA 12.
Número de respuestas obtenidas dentro de las siete áreas temáticas.



Aunque los resultados del piloto demuestran la dificultad de obtener información a través de encuestas en línea –en particular información financiera–, la revisión de información disponible en fuentes de acceso relativamente fácil (p. ej. páginas web oficiales de los países) permite mostrar tendencias en el tiempo sobre aspectos claves de la respuesta estatal en cuanto a la gestión ambiental.



FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION
PARA LOS PAÍSES DE LA CAN

En el caso de los indicadores de institucionalidad, política y gestión de la sociedad civil, los requerimientos de información son aún más complejos debido a la multiplicidad de fuentes, datos y esferas de interés. Además, es evidente la falta de mecanismos que sistematicen este tipo de información a escalas nacionales y regionales. El abanico de estrategias es amplio y puede incluir actividades de levantamiento de fuente de información primaria en cada uno de los países andinos. Esto implica el despliegue de recursos humanos y técnicos, y un acuerdo político que facilite el adecuado acceso a información a nivel regional. Sin embargo, en el mediano y largo plazo, se hace evidente la necesidad de articular un sistema de monitoreo con mecanismos de recolección y sistematización de datos sobre los indicadores de respuesta coordinados al interior de cada país y entre países.

Este último requerimiento se contrasta con procesos estructurales que son difíciles de resolver. En el sector público, el problema persiste debido a diferencias en las estrategias de sistematización de información en los países andinos. Dentro de un contexto de descentralización de la gobernanza ambiental, existen también problemas para caracterizar acciones de conservación a distintos niveles de gobierno.

Por un lado, las iniciativas de conservación de la biodiversidad que nacen desde la sociedad surgen, por definición, de contextos descentralizados con distintos niveles de articulación entre actores. Esta característica genera un escenario donde el levantamiento de información primaria sobre el alcance, enfoque y esfuerzo asociado a distintas acciones de conservación a nivel regional es extremadamente complejo.

Por lo tanto, este indicador requiere el desarrollo de un marco metodológico común, coordinado con las principales organizaciones de la sociedad civil y entidades estatales, para generar un proceso estandarizado a nivel país, que permita hacer una lectura regional. En este sentido, un trabajo cercano con instancias regionales que puedan ayudar a articular este proceso es clave.

Finalmente, ante la reciente aprobación de la Agenda Ambiental Andina 2012-2016 (SGCAN 2012) y el interés de los Países Miembros de la CAN de hacer seguimiento a su implementación, a este indicador se podría añadir un componente para evaluar la implementación y el impacto de la agenda, de manera que la región pueda hacer reportes del avance en aspectos de interés común en los Andes Tropicales.



OPORTUNIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MONITOREO AMBIENTAL

Los resultados obtenidos de la aplicación de los seis indicadores analizados en este estudio permiten identificar propuestas generales para el monitoreo de los impactos de cambios globales sobre la biodiversidad en la subregión andina. Además, estos indicadores son relevantes y han sido considerados en el contexto de cambio climático. La naturaleza heterogénea de los indicadores construidos plantea temas importantes relacionados con su implementación, replicación y relevancia para procesos de toma de decisiones a varios niveles. Sin intentar dividir artificialmente los aspectos político-institucionales de los aspectos conceptuales y metodológicos asociados con el monitoreo de la biodiversidad, la discusión que se presenta a continuación se enfoca en cada una de estas dimensiones de forma separada. Antes que intentar sintetizar la información generada sobre los indicadores en una visión instantánea del estado de la biodiversidad en los Andes Tropicales, la discusión busca validar la aplicabilidad y relevancia de los mismos dentro de un proceso de monitoreo a largo plazo a nivel subregional.

A nivel general, la aplicabilidad y pertinencia del conjunto de los indicadores propuestos depende de varios factores. Entre ellos resalta la existencia y disponibilidad de información que permita construir una línea base y su posterior monitoreo. En la mayoría de los casos, mucha de la información requerida existe en escalas nacionales o locales. No obstante, esta información debería estar estructurada y sistematizada de manera que alimente el desarrollo de un sistema andino de indicadores, con el propósito de evaluar el estado de la biodiversidad. Un sistema de estas características permitiría también evaluar la vulnerabilidad de la subregión andina al cambio climático, con el propósito de delinear acciones de mitigación y adaptación acordes al tipo y magnitud de los impactos esperados.

RELEVANCIA DEL DESARROLLO DE INDICADORES EN EL MARCO DE LA COMUNIDAD ANDINA

Los Países Miembros de la Comunidad Andina, como signatarios del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), adquirieron una serie de compromisos y acuerdos encaminados a generar marcos institucionales e instrumentos de política para promover la conservación de la biodiversidad a nivel nacional y regional. En ese marco, se han generado avances importantes en la formulación de sus estrategias nacionales de biodiversidad y la

implementación de acciones en las diferentes áreas temáticas contempladas por el Convenio (p.ej. Áreas protegidas). Los esfuerzos y avances nacionales son documentados y consolidados en los reportes nacionales de los países presentados a la Secretaría del CDB; al año 2011, los países andinos, a excepción de Bolivia, han realizado cuatro reportes y han iniciado el periodo de preparación del quinto reporte, con plazo hasta el 31 de marzo de 2014.

Tanto los reportes presentados por los países andinos, como las comunicaciones oficiales del CDB (CDB 2010), resaltan la limitación de la información disponible para generar indicadores que evalúen el estado de conservación de la biodiversidad a diferentes escalas de agregación.



Las principales limitantes que se evidencian de los reportes nacionales son:

1. Las fuentes de información necesarias para la construcción de los indicadores son generadas puntualmente para cada reporte, sin un marco metodológico común y consistente.
2. Los enfoques y metodologías utilizados por los Países Miembros son diferentes entre sí (p.ej. Mapas de ecosistemas) y, por lo tanto, no son comparables o agregables a nivel subregional. Por lo tanto, la posibilidad de generar reportes para la CAN que partan de insumos de los países, a la fecha de este estudio, es limitada.
3. Existe la necesidad de crear y consolidar un sistema de monitoreo a largo plazo que permita generar periódicamente análisis del estado de conservación de la biodiversidad a escala nacional y subregional. Ello requiere una institucionalidad fuerte, capaz de respaldar: 1) los procesos de generación y reporte de este tipo de información, 2) y el seguimiento a la implementación de las estrategias nacionales de biodiversidad.
4. Los indicadores de estado, presión y respuesta reportados a nivel global (ver Butchart et ál. 2010; Mace y Baillie 2007; CDB 2010) reflejan tendencias globales, pero carecen del detalle necesario para ser aplicables a nivel subregional (CAN) o nacional. Por lo tanto, la necesidad de realizar un proceso de conceptualización del indicador a escalas regionales y nacionales es fundamental.
5. Los países adolecen de estudios que estimen la tasa de deforestación o cambios de cobertura y uso de la tierra de manera sistemática, y que permitan analizar la evolución histórica de los cambios en la extensión de hábitats críticos o de los ecosistemas.
6. En la mayoría de los reportes no existen datos sobre los impactos de las especies exóticas en la biodiversidad andina. Este es un tema sensible que no ha sido revisado con detenimiento en la medida que amerita, salvo contadas excepciones.
7. Las evaluaciones del estado de conservación de las especies generalmente son realizadas a partir de indicadores de cambios en la remanencia del hábitat que ocupan, más no sobre el estado de las poblaciones de estas especies. En contados casos existen datos de censos poblacionales periódicos que permitan generar una evaluación de las poblaciones a partir de datos sobre tamaños y tendencias.
8. Ejercicios globales como la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005) han resaltado que el cumplimiento de la Meta 2010 no puede ser entendido al margen de otros grandes problemas de la región, tales como el modelo de desarrollo, la seguridad alimentaria, la pobreza, y la globalización. En este contexto, la generación de indicadores sobre el estado de la biodiversidad en los países y la subregión andina debe estar acompañada de indicadores que consideren estos otros aspectos de forma integral.
9. En la mayoría de los casos, los indicadores sobre los impactos del cambio climático son análisis teóricos que carecen de datos empíricos o procesos de experimentación. Al contrario, los resultados reportados se basan en extrapolaciones de ejercicios globales o realizados en otras latitudes.
10. Muchos de los datos sobre el estado de la biodiversidad, sean estos los de los reportes nacionales u otros generados por la sociedad civil, son fruto de procesos puntuales que no han sido replicados en el tiempo, y por lo tanto, no se trata de indicadores medidos regularmente ni de un sistema de monitoreo embebido

en sistemas de soporte de toma de decisiones para el manejo y gestión de la biodiversidad.

11. La generación de los indicadores requiere de instituciones robustas con la capacidad de generar información de manera permanente como una de sus funciones en el mediano y largo plazo.

Para la generación de indicadores relativos a nivel nacional y subregional, en concordancia con los que se generan a nivel global, es necesario reflexionar sobre dos aspectos básicos: (1) Generación de capacidades en los países, y (2) los objetivos y propósitos con los que se generan los indicadores a estas diferentes escalas son distintos (Figura 13). Ello parte de consultas a tomadores para identificar objetivos de manejo y determinar preguntas claves que sustenten el desarrollo de un modelo conceptual para la selección de indicadores. Con base

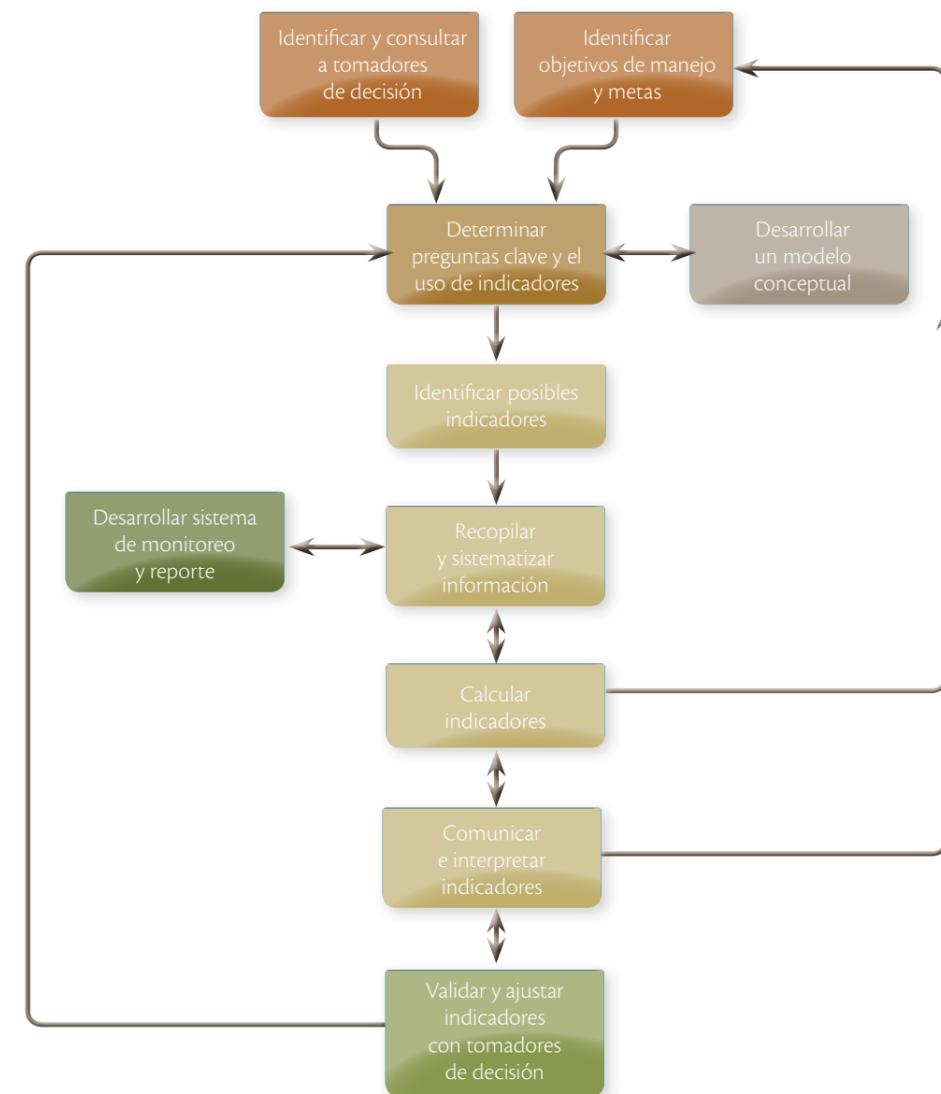


FIGURA 20. Esquema para la construcción y desarrollo de indicadores de biodiversidad en el marco del CBD y la Meta 2010 (Fuente: <http://www.bipnational.net/biodiversityindicatordevelopmentframework>, Acceso: 23/05/2011).

en ello, se recopila y sistematiza información existente, y se calculan e interpretan los indicadores, como parte del desarrollo del sistema de monitoreo y reporte. Finalmente, se debe validar y ajustar los indicadores con tomadores de decisión, y comunicarlos en el marco de metas y objetivos planteados.

En el marco de la Estrategia de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino (ERB) aprobada a través de la Decisión 523 de la Comunidad Andina, se contempla el desarrollo de instrumentos de información para adelantar con los procesos de actualización y seguimiento en la aplicación de la ERB. En este marco, se contempla el desarrollo de sistemas de información y monitoreo, así como la promoción de redes temáticas de especialistas que apoyen la implementación de la ERB.

Aunque el desarrollo de indicadores para su seguimiento es aún una tarea pendiente, la misma ERB contempla procesos que propicien el intercambio de información y evalúen esquemas para desarrollar información sobre el estado de la biodiversidad a escala subregional. Con estos antecedentes, consideramos que los indicadores propuestos constituyen un primer aporte para establecer prioridades para la generación de información a escala subregional, fortaleciendo y apoyando la implementación de la ERB y de la nueva Agenda Ambiental Andina.



APLICACIÓN DE LOS INDICADORES PARA EL MONITOREO SUBREGIONAL DE LA BIODIVERSIDAD

Una de las características más importantes de un indicador es su sensibilidad para caracterizar un fenómeno, o medir cambios en procesos de interés. Los indicadores propuestos miden, conceptualmente, aspectos relacionados, directa o indirectamente, con el estado de la biodiversidad en distintas escalas temporales. Por ejemplo, el indicador de extensión de biomas mide directamente la afectación de ecosistemas naturales por conversión a usos de suelo de origen antrópico. También ofrece información temporal sobre las dinámicas de cambio de cobertura y uso de la tierra (CCUT), y sus efectos a una escala subregional, incluso en períodos anuales. En contraste, otros indicadores como los cambios en el área de los sistemas nacionales de áreas protegidas presentan dinámicas más lentas, con tendencias que pueden cambiar abruptamente o permanecer estables por períodos largos de tiempo (p.ej. cuando las condiciones políticas de un país no favorecen la creación de nuevas áreas). En consecuencia, las estrategias de recolección de datos para generar los indicadores deberán ajustarse a la frecuencia temporal requerida para caracterizar de manera adecuada los procesos de interés.



SOBRE LA MEDICIÓN DE LOS INDICADORES

Para la medición de indicadores y la evaluación de efectos de cambios globales sobre la biodiversidad, es necesario que los países de la región generen información sólida y confiable en múltiples temáticas, tales como las dinámicas de cobertura de la tierra, biomas o ecosistemas, especies de interés, entre otros. Metodológicamente, esto implica llegar a acuerdos metodológicos mínimos que garanticen que los productos nacionales puedan ser integrados y la información analizada a una escala subregional, la cual permita tener una visión consistente de los fenómenos que afectan la biodiversidad. Las recomendaciones más relevantes en este sentido son:

- El monitoreo de cambios en la extensión de los biomas andinos requiere que se cuente con información espacial y temáticamente coherente sobre la cobertura de la tierra en períodos de tiempo apropiados (p.ej. cada cinco años) y bajo acuerdos metodológicos comunes.
- La estimación de los impactos del cambio climático sobre la distribución de especies requiere recolectar de forma continua datos sobre ocurrencia de las mismas a nivel subregional. Existen iniciativas de investigación cuyo objetivo es sistematizar y facilitar el acceso a datos de colecciones biológicas (p.ej. W³TROPICOS del MOBOT). Sin embargo, eventualmente, la generación de visiones regionales sobre el estado de la biodiversidad requerirá mecanismos de sistematización de datos, al interior de cada país, que incluyan la articulación entre bases de datos nacionales.

- Las estimaciones sobre cambios en el estado de conservación en especies de interés especial (p.ej. especies amenazadas) deben estar de acuerdo con metodologías estándar como la utilizada en el Índice de la Lista Roja, y requieren articular bases de datos existentes o generar nuevos espacios institucionales para recopilar datos en campo, especialmente en grupos y ambientes poco estudiados.
- El monitoreo de las redes nacionales de áreas protegidas requerirá de procedimientos específicos que faciliten la sistematización y actualización de la información sobre los límites de estas áreas a nivel regional. Lamentablemente, subsiste el problema de definir un nivel arbitrario de representatividad dentro de áreas protegidas sobre el cual se considera que la persistencia de la biodiversidad a distintos niveles (especies, ecosistemas) está garantizada (Soulé y Sanjayan 1998).
- Los indicadores que evalúan el avance de la institucionalidad y gestión de la sociedad civil requieren del apoyo de organizaciones nacionales y regionales para establecer mecanismos formales de recopilación de la información necesaria. Aunque metodológicamente se han dado pasos para evaluar estos aspectos, el mayor desafío a superar es la falta de una institución que recopile y agregue la información proveniente de una multiplicidad de fuentes y esferas de interés. Sin embargo, solo así, este indicador podrá alcanzar los niveles de confiabilidad de los datos que los otros indicadores transmiten.
- El desarrollo de indicadores sobre institucionalidad y gestión es necesario para evaluar la implementación de los instrumentos de políticas, tales como la Agenda Ambiental Andina, e invita a actores públicos, cooperación y sociedad civil a contribuir al desarrollo de acciones de interés regional.

SOBRE LA INCERTIDUMBRE

Otro aspecto metodológico a considerarse en la aplicación de los indicadores seleccionados se relaciona con las fuentes de incertidumbre vinculadas al uso de modelos. La aplicabilidad de indicadores que utilizan modelos estadísticos para estimar la distribución actual y futura, tomando en cuenta posibles condiciones de cambio climático, depende en gran medida de la calidad de información que se utilice. Por lo tanto, es necesario considerar los siguientes elementos:

- La información de base para generar la climatología actual proviene de bases de datos de redes de estaciones hidrometeorológicas operadas por los países andinos. Persiste la necesidad de fortalecer estas redes, incrementar la densidad de estaciones, y propiciar la creación de mecanismos de integración de datos base de clima a nivel subregional.
- El uso de modelos globales de clima (GCMs) para inferir impactos potenciales del cambio climático a nivel subregional es una de las fuentes principales de incertidumbre. Se ha documentado que estos modelos globales no capturan la heterogeneidad de los procesos meteorológicos presentes en los Andes y, por lo tanto, que los patrones geográficos de impacto estimados deberán interpretarse como una referencia general para identificar regiones que sufrirían de estrés potencial bajo condiciones ambientales cambiantes.
- Los modelos de impactos potenciales del cambio climático sobre la distribución de especies andinas presentan ventajas sobre los modelos de distribución de biomas. Los primeros representan de forma más directa la respuesta idiosincrática de las especies a la distribución de gradientes ambientales. Sin embargo, queda en pie el problema de la adecuada caracterización de las distintas dimensiones biofísicas que definen el nicho de una especie. De igual manera, se debe verificar el supuesto de que los impactos modelados sobre las especies seleccionadas representan los impactos sobre la biodiversidad a distintos niveles.



INSTITUCIONALIDAD ASOCIADA A PROCESOS DE MONITOREO

La medición de indicadores de escala subregional requiere de procesos de fortalecimiento de capacidades y trabajo en redes que contribuyan con la generación de información y faciliten procesos de gestión por parte de autoridades de nivel local, nacional y subregional. Teniendo en cuenta que el trabajo a escalas superiores, como la subregional, implica un nivel de complejidad institucional, estos espacios pueden promover el intercambiar experiencias, información y propuestas metodológicas. En el marco de la integración andina, esto constituye una importante oportunidad de cooperación entre los Países Miembros de la Comunidad Andina, e incluso con otros países o iniciativas, para el aprendizaje y la réplica.

La colaboración para evaluar el estado de la biodiversidad y los potenciales impactos de los cambios globales entre autoridades del sector público, científicos de centros de investigación y representantes de organizaciones de la sociedad civil, puede dar lugar al desarrollo de programas de monitoreo de largo plazo. En el futuro, estos podrían ser institucionalizados, favoreciendo la generación de información sistemática útil para la toma de decisiones. En este contexto, la articulación de redes de investigación con los Estados podría constituirse en una alternativa factible para apoyar a los Países en el delineamiento de acciones concretas de gestión de biodiversidad, adaptación al cambio climático y planificación territorial. A continuación, se presentan algunas recomendaciones para el fortalecimiento del trabajo en red en la Comunidad Andina, a partir de lo propuesto por Lovette et ál. (2007):

- Fortalecer y articular instituciones con capacidad de comprometerse en el manejo de información y la gestión de programas de monitoreo de largo plazo.
- Fortalecimiento de capacidades de trabajo a escalas subregionales, a través de trabajo coordinado con autoridades estatales, universidades y otros actores.
- Promover las sinergias para la estandarización de metodologías y el intercambio de información.
- Generar intercambios novedosos entre disciplinas que pueden tener resultados innovadores.
- Desarrollo de mecanismos de información que pongan a disposición de tomadores de decisiones y otros actores el nuevo conocimiento generado.
- Promover el diseño de procesos de monitoreo sistemáticos para generación de conocimiento sobre temas prioritarios.
- Facilitar el análisis de información y la generación de reportes que faciliten el trabajo de los tomadores de decisiones.
- Gestionar cooperación que contribuya a institucionalizar procesos de gestión de información en la política pública vinculada a los ministerios de ambiente, como estrategia para lograr sostenibilidad a largo plazo.
- Generación de información para identificar temas prioritarios y nuevos horizontes de trabajo a escala subregional.



REFERENCIAS

- Anderson R., M. Gómez-Laverde y A. T. Peterson. 2002a. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. *Global Ecology and Biogeography* 11: 131-141.
- Anderson R., A. T. Peterson y M. Gómez-Laverde. 2002b. Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos*, 98, 3-16.
- Araujo, M. B. y M. New. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. - *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.
- Arctander P. y J. Fjeldså. 1997. Andean Tapaculos of the Genus *Scytalopus* (Rhicocryptidae): A study of speciation using DNA sequence data. Birkhauser Verlag. Basel.
- Arnell, N. W., M. J. L. Livermore, S. Kova, E. Levy, R. Nicholls, M. L. Parry, y S. R. Gaffin. 2004. Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change* 14: 3-20.
- BIP. 2010. Biodiversity Indicators and the 2010 Biodiversity Target: Outputs, experiences and lessons learnt from the 2010 Biodiversity Indicators Partnership. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada.
- BIP. 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional. Alianza sobre indicadores de Biodiversidad: PNUMA World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, U.K.
- BirdLife International. 2005. Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International, Quito.
- Bonnefoy J. C. y M. Armijo 2005. Indicadores de Desempeño en el Sector Público. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social – ILPES, Programa CEPAL/GTZ “Modernización del Estado, Administración Pública y Desarrollo Económico Local y Regional” (GER/04/002). Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Borchsenius F. 1997. Patterns of plant species endemism in Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 6: 379-399.
- Bubb, P., A. M. Chenery, P. Herkenrath, V. Kapos, A. Mapendembe, D. Stanwell-Smith, y M. Walpole. 2011. National Indicators, Monitoring and Reporting for the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. UNEP–WCMC, Cambridge, U.K.
- Butchart, S. H. M. 2008. Red List Indices to Measure the Sustainability of Species Use and Impacts of Invasive Alien Species. *Bird Conservation International* 18:S245–S262.
- Butchart, S. H. M., J. P. W. Scharlemann, M. I. Evans, S. Quader, S. Aricò, J. Arinaitwe, M. Balman, L. A. Bennun, B. Bertzky, C. Besançon, T. M. Boucher, T. M. Brooks, I. J. Burfield, N. D. Burgess, S. Chan, R. P. Clay, M. J. Crosby, N. C. Davidson, N. De Silva, C. Devenish, G. C. L. Dutton, D. F. D. z Fernández, L. D. C. Fishpool, C. Fitzgerald, M. Foster, M. F. Heath, M. Hockings, M. Hoffmann, D. Knox, F. W. Larsen, J. F. Lamoreux, C. Loucks, I. May, J. Millett, D. Molloy, P. Morling, M. Parr, T. H. Ricketts, N. Seddon, B. Skolnik, S. N. Stuart, A. Uppgren, y S. Woodley. 2012. Protecting Important Sites for Biodiversity Contributes to Meeting Global Conservation Targets. *PLoS ONE* 7:e32529.
- Butchart, S. H. M., A. J. Stattersfield, J. Baillie, L. A. Bennun, S. N. Stuart, H. R. Akçakaya, C. Hilton-Taylor, y G. M. Mace. 2005. Using Red List Indices to measure progress towards the 2010 target and beyond. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360:255.
- Butchart, S. H. M., A. J. Stattersfield, L. A. Bennun, S. M. Shutes, H. R. Akçakaya, J. E. M. Baillie, S. N. Stuart, C. Hilton-Taylor, y G. M. Mace. 2004. Measuring Global Trends in the Status of Biodiversity: Red List Indices for Birds. *PLoS Biology* 2:e383.
- Butchart, S. H. M., M. Walpole, B. Collen, A. van Strien, J. P. W. Scharlemann, R. E. A. Almond, J. E. M. Baillie, B. Bomhard, C. Brown, J. Bruno, K. E. Carpenter, G. M. Carr, J. Chanson, A. M. Chenery, J. Csirke, N. C. Davidson, F. Dentener, M. Foster, A. Galli, J. N. Galloway, P. Genovesi, R. D. Gregory, M. Hockings, V. Kapos, J.-F. Lamarque, F. Leverington, J. Loh, M. A. McGeoch, L. McRae, A. Minasyan, M. H. Morcillo, T. E. E. Oldfield, D. Pauly, S. Quader, C. Revenga, J. R. Sauer, B. Skolnik, D. Spear, D. Stanwell-Smith, S. N. Stuart, A. Symes, M. Tierney, T. D. Tyrrell, J.-C. Vie, y R. Watson. 2010. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science* 328:1164–1168.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho, y C. Tobón. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20:19–33.
- Buytaert, W., y J. Ramírez-Villegas. En prensa. Generación de escenarios desagregados del cambio climático para los Andes Tropicales. En *Panorama Andino - Cambio Climático*. CONDESAN, Lima.
- CAN. 2009. Atlas de los Andes de norte y centro. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima.
- CDB. 2002. Strategic Plan for the Convention on Biological Diversity - Decision VI/26. Convention on Biological Diversity. Disponible en from <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7200>.
- CDB. 2003. Report of the Expert Meeting on Indicators of Biological Diversity including Indicators for Rapid Assessment of Inland Water Ecosystems SBSTTA/9/INF/7. Convention on Biological Diversity.
- CDB. 2004. Strategic Plan: future evaluation of progress. Decision VII/30. Convention on Biological Diversity.
- CDB. 2010a. The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets. Decision X/2. Convention on Biological Diversity.

- CDB. 2010b. National Biodiversity Targets For 2010 And Beyond 2010. Nota en .pdf/.doc, disponible en <http://www.cbd.int/doc/meetings/sp/em-stratplan-01/official/em-stratplan-01-sp-prep-03-en.doc> y <http://www.cbd.int/doc/nbsap/2010-and-post-2010-national-targets.pdf>
- CDB. 2011. Indicator framework for the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets - SBSTTA/REC/XV/1. Convention on Biological Diversity.
- Clapperton, C. M. 1993. Quaternary Geology and Geomorphology of South America. Elsevier Press. Amsterdam.
- Collar, N. J. 1996. The reasons for Red Data Books. *Oryx* 30:121-130.
- Cuesta, F., M. Peralvo, E. Ortiz, N. Valarezo, M. T. Becerra, A. Yepes, L. Quiñonez, C. Chiriboga, M. Barrionuevo, G. Medina, C. Devenish, J. Ramírez, A. Jarvis, C. Arnillas, A. Mora. 2009. Indicadores de evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los países de la comunidad andina. SGCAN, Lima.
- Cuesta, F., S. Báez, J. Ramírez, C. Tovar, C. Devenish, W. Buytaert, A. Jarvis. En prensa. Síntesis de los impactos y estado del conocimiento de los efectos del Cambio Climático en la biodiversidad de los Andes Tropicales
- De Bièvre, B., M. Bustamante, W. Buytaert, F. Murtinho y M. T. Armijos. En prensa. Síntesis de los impactos de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en los Andes Tropicales y las estrategias de adaptación desarrolladas por los pobladores. En Panorama Andino - Cambio Climático. CONDESAN, Lima.
- DEPP - GAPI - Dirección de Evaluación de Políticas Públicas - DEPP- y Grupo Asesor de la Gestión de Programas y Proyectos de Inversión Pública- GAPI- del Departamento Nacional de Planeación. 2003. Guía para elaboración de Indicadores del Departamento Nacional de Planeación de Colombia Documento de trabajo (Instrumento Metodológico). Bogotá
- Devenish, C., D. Díaz, R. Clay, I. Davidson, y I. Yépez (Eds.). 2009. Important Bird Areas AMERICAS - Priority sites for biodiversity conservation, 1st edition. BirdLife International, Quito, Ecuador.
- Devenish, C., y C. Gianella. 2012. 20 years of Sustainable Mountain Development in the Andes - from Rio 1992 to 2012 and beyond -. CONDESAN, SDC, Lima, Peru.
- Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder, y G. Ledec. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. World Bank, Washington D.C., USA.
- Elith J, Graham CH, Anderson RP, et ál. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Esty, Daniel C., Marc Levy, Tanja Srebotnjak, y Alexander de Sherbinin. 2005 Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship. New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy.
- Feeley K.J., y M.R. Silman. 2010. Modelling the responses of Andean and Amazonian plant species to climate change: the effects of georeferencing errors and the importance of data filtering. *Journal of Biogeography* 37: 733-740.
- Fjeldså, J. y N. Krabbe. 1990. Birds of the High Andes - A Manual to the Birds of the Temperate Zone of the Andes and Patagonia. South America. Zoological Museum - University of Copenhagen and Apollo Books. Svendborg.
- Fjeldså, J. 1995. Geographical patterns of neoendemic and older relict species of Andean forest birds: The significance of ecologically stable areas. New York. USA.
- García-Moreno J., P. Arctander y J. Fjeldså. 1999. Strong Diversification at the Treeline among Metallura Hummingbirds. *The Auk* 116: 702-711.
- Gentry, A. H. 1982. Neotropical Floristic Diversity: Phytogeographical Connections Between Central and South America. Pleistocene Climatic Fluctuations. or an Accident of the Andean Orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 557-593.
- Gentry A. H. 1995. "Patterns of Diversity and Floristic Composition in Neotropical Montane Forests". En: Churchill, S.P., Balslev, H., Forero, E. y Luteyn J.L. (eds.) "Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forests" Proceedings of the Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium. The New York Botanical Garden, New York.
- Gibbon A., M. Silman, Y. Malhi, J. Fisher, P. Meir, M. Zimmermann, G. Dargie, W. Farfan y K. Garcia. 2010. Ecosystem Carbon Storage Across the Grassland-Forest Transition in the High Andes of Manu National Park, Peru. *Ecosystems* 13: 1097-1111.
- Glantz, M. H., R. Gomme, y S. Ramasamy. 2009. Coping with a changing climate: considerations for adaptation and mitigation in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Graham CH, Ron SR, Santos JC, Schneider CJ, Moritz C (2004) Integrating Phylogenetics and Environmental Niche Models to Explore Speciation Mechanisms in Dendrobatid Forgs. *Evolution* 58: 1781-1793.
- Guisan A, Zimmermann N. E. 2000 Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Granizo, T., C. Pacheco, M. B. Ribadeneira, M. Guerrero, y Suárez (Eds.). 2002. Libro rojo de las aves del Ecuador 1a. ed. SIMBIOE; Conservation International; Unión Mundial para la Naturaleza; Ministerio del Ambiente; Ecociencia, Quito, Ecuador.
- Haasnoot, M., y H. Middelkoop. 2012. A history of futures: A review of scenario use in water policy studies in the Netherlands. *Environmental Science & Policy* 19-20:108-120.
- Hansen M., R. Defries, J. Townshend, y R. Sohlberg. 2000. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing* 21: 1331-1364.
- Heindl M. y Schuchmann K-L. 1998. Biogeography, geographical variation and taxonomy of the Andean hummingbird genus *Metallura* GOULD 1847. *Journal of Ornithology* 139: 425-473
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.

- Holt, R. D. 1990. The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in Ecology & Evolution* 5:311–315.
- Inglehart, Ronald. 1995. *Political Science and Politics* 28 (1): 57-72.
- IPCC. 2000. Emissions scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- IPCC. 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Geneva, Switzerland: IPCC
- IPCC. 2008. Climate change 2007: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.
- Jetz, W., D. S. Wilcove, y A. P. Dobson. 2007. Projected Impacts of Climate and Land-Use Change on the Global Diversity of Birds. *PLoS Biol* 5:e157.
- Josse, C., F. Cuesta-Camacho, V. Barrera, E. Cabrera, E. Chacón-Moreno, W. Ferreira, M. Peralvo, J. Saito, y A. Tovar. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima.
- Kessler M., S. K. Herzog, y J. Fjeldså. 2001. Species richness and endemism of plant and bird communities along two gradients of elevation, humidity and land use in the Bolivian Andes. *Diversity and distribution* 7: 61-67.
- Knapp S. 2002. Assessing Patterns of Plant Endemism in Neotropical Uplands. *The Botanical Review* 68: 22-37
- Levrel, H., C. Kerbiriou, D. Couvet, y J. Weber. 2008. OECD pressure–state–response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve. *Biodiversity and Conservation* 18:1719–1732.
- Linster, M. 2003. OECD Environmental Indicators - Development, Measurement and Use. Reference Paper, OECD, Paris, France.
- Loehle C, y D. LeBlanc. 1996. Model-based assessments of climate change effects on forests: a critical review. *Ecological Modelling* 90: 1-31.
- Loiselle BA, Howell CA, Graham CH, Goerck JM, Brooks T, Smith KG, Williams PH (2003) Avoiding Pitfalls of Using Species Distribution Models in Conservation Planning. *Conservation Biology* 17: 1591-1600.
- Lovett G. M., D. A. Burns, C. T. Driscoll, J. C. Jenkins, M. J. Mitchell, L. Rustad, J. B. Shanley, G. E. Likens y R. Haeuber. 2007. Who needs environmental monitoring? *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 253-260.
- Luteyn J. L. 2002. Diversity, adaptation, and endemism in neotropical ericaceae: Biogeographical patterns in the vaccinieae. *The Botanical Review* 68: 55-87.
- Mace, G. M., y J. E. M. Baillie. 2007. The 2010 Biodiversity Indicators: Challenges for Science and Policy. *Conservation Biology* 21:1406–1413.
- Mace, G. M., N. J. Collar, K. J. Gaston, C. Hilton-Taylor, H. R. AkçAkaya, N. Leader-Williams, E. J. Milner-Gulland, y S. N. Stuart. 2008. Quantification of Extinction Risk: IUCN’s System for Classifying Threatened Species. *Conservation Biology* 22:1424–1442.
- Malhi, Y., Silman, M., Salinas, N., Bush, M., Meir, P. y Saatchi, S. 2010. Introduction: Elevation gradients in the tropics: laboratories for ecosystem ecology and global change research. *Global Change Biology* 16: 5.Margules, C. R., y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243–253.
- Margules C, Pressey R, Williams P. 2002. Representing biodiversity: Data and procedures for identifying priority areas for conservation. *Journal of Biosciences* 27(4):309-326.
- McGeoch, M. A., S. H. M. Butchart, D. Spear, E. Marais, E. J. Kleynhans, A. Symes, J. Chanson, y M. Hoffmann. 2010. Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions* 16:95–108.
- MEA. 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Millenium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington DC.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. 2009. Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, Bolivia.
- Mittermeier, R. A., N. Myers, J. B. Thomsen, G. A. B. da Fonseca, y S. Olivieri. 1998. Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conservation Biology* 12:516–520.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Olson D.M. y E. Dinerstein. 2002. The Global 200: priority ecoregions for global conservation. *Annals Missouri Botanical Garden* 89:199–224
- Oreskes, N. 2004. Science and public policy: what’s proof got to do with it? *Environmental Science & Policy* 7:369–383.
- Parmesan, C. y G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.
- Pearson R.G. y T. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Peterson A.T., V. Sanchez-Cordero, J. Soberon, J. Bartley, R. W. Buddemeier, y A. G. Navarro-Siguenza. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144: 21-30.
- Phillips, S., R. Anderson, y R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231–259.
- Raxworthy CJ, Martínez-Meyer E, Horning N, Nussbaum RA, Schneider GE, Ortega-Huerta MA, Peterson AT (2003) Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* 426, 837-841.
- Renjifo, L. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Espinel, G. H. Kattan, y B. López-Lanús (Eds.). 2002. Libro rojo de aves de Colombia, 1st edition. Instituto de Investigación

- de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.
- Ricketts, T. H., E. Dinerstein, T. Boucher, T. M. Brooks, S. H. M. Butchart, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, J. Morrison, M. Parr, J. D. Pilgrim, et ál. 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:18497.
- Rodrigues, A. S. ., H. R. Akcakaya, S. J. Andelman, M. I. Bakarr, L. Boitani, T. M. Brooks, J. S. Chanson, L. D. . Fishpool, G. A. . Da Fonseca, K. J. Gaston, et ál. 2004. Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience* 54:1092-1100.
- Sala, O. E., F. S. Chapin III, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker y D. H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Sala OE, D.van Vuuren, H. M. Pereira, D. Lodge, J. Alder, G.Cumming, A. Dobson, V. Wolters a, Xenopoulos MA. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Scenarios: Biodiversity across Scenarios. Pages 375-406 in Rashid Hassan RSaNA, ed. *The Millennium Ecosystem Assessment*, vol. 1 Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. Washington D.C.: Island Press.
- SGCAN. 2012. Agenda Ambiental Andina 2012-2016. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima.
- Soule, ME. Y MA. Sanjayan. 1998. Conservation targets : Do they help? *Science* 279(5359) : 2060 - 2061
- Sparks, T. H., S. H. M. Butchart, A. Balmford, L. Bennun, D. Stanwell-Smith, M. Walpole, N. R. Bates, B. Bomhard, G. M. Buchanan, A. M. Chenery, B. Collen, J. Csirke, R. J. Diaz, N. K. Dulvy, C. Fitzgerald, V. Kapos, P. Mayaux, M. Tierney, M. Waycott, L. Wood, y R. E. Green. 2011. Linked Indicator Sets for Addressing Biodiversity Loss. *Oryx* 45:411-419.
- Thuiller, W., S. Lavorel, M. B. Araújo, W. Thuiller, S. Lavorel, y M. B. Araújo. 2005. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change, Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, *Global Ecology and Biogeography* 14, 14:347, 347-357, 357.
- Tonn, B. 2007. Determinants of futures-oriented environmental policies: A multi-country analysis. *Futures* 39 (2007) 773-789
- Tovar, C., C. A. Arnillas, F. Cuesta, y W. Buytaert. En prensa. Projected changes of Tropical Andean Biomes under future climate conditions. PNAS.
- UICN. 2001. IUCN red list categories and criteriaVersion 3.1. IUCN--The World Conservation Union, Gland Switzerland.
- United Nations. 1992. Convention on Biological Diversity. Disponible en <http://www.cbd.int/convention/text/>.
- Urrutia, R., y M. Vuille. 2009. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research* 114.
- Vuille M., B. Francou, P. Wagnon, I. Juen, G. Kaser, B. G. Mark y R. Bradley. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews* 89: 79-96.
- Wassenaar T., P. Gerber, P. H. Verburg, M. Rosales, M. Ibrahim, y H. Steinfeld. 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 17: 86-104.
- Williams J., W. Jackson y T. Stephen. 2007a. Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 475-482.
- Williams J.,W. Jackson, T. Stephen, y J. Kutzbach. 2007b. Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 5738-5742.

