

Biodiversidad EN LA PRÁCTICA

Documentos de trabajo del Instituto Humboldt

VOLUMEN 4 - NÚMERO 1 - 2019 - PP. 150-172

Recibido: 18 de febrero de 2019 -

Aprobado: 02 de abril de 2019.

Luis Daniel Llambí
Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas
Universidad de los Andes, Venezuela
ldllambi@gmail.com

María Teresa Becerra
Independiente
mtbecerra@gmail.com

Manuel Peralvo
Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión
Andina
manuel.peralvo@condesan.org

Andrés Avella
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von
Humboldt
eavella@humboldt.org.co

Martín Baruffol
Kew Botanical Gardens
martin.baruffol@gmail.com

Liz Johanna Díaz
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
(Ideam)
ljdiaz@ideam.gov.co



METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS

Construcción de una Estrategia para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia

Building a Strategy for the Integrated Monitoring of High Mountain Ecosystems in Colombia

RESUMEN

Se presenta una síntesis de la propuesta para una estrategia de monitoreo integrado de los ecosistemas de alta montaña en Colombia, formulada a través de un proceso de discusión y consulta con la participación de múltiples actores con experiencia en el monitoreo de ecosistemas altoandinos del país. La propuesta parte de la necesidad de contar con sistemas integrados de monitoreo con un enfoque de manejo adaptativo, que permitan evaluar el impacto de los cambios en el contexto político-económico y el cambio global sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y que aporten insumos para la planificación territorial, la adaptación al cambio climático y la restauración ecológica. Se priorizan los ecosistemas altoandinos de Colombia ya que incluyen ecosistemas estratégicos como los páramos

y glaciares y constituyen un *hotspot* global de biodiversidad, proveyendo servicios ecosistémicos clave como la regulación de la oferta hídrica para una creciente población rural y urbana. Adicionalmente presentan una alta exposición y vulnerabilidad frente al cambio climático. Existe un número importante de experiencias de monitoreo a nivel nacional y en la zona altoandina de Colombia, incluyendo esquemas de seguimiento de biomasa y carbono, diversidad taxonómica y funcional, clima, dinámica hídrica y glaciares, así como cambios en el uso de la tierra y las dinámicas socioambientales. Tomando como base esta experiencia, se discuten los retos que plantea su articulación en un sistema integrado y se presenta la síntesis de un modelo conceptual multiescalar de los principales procesos generadores de cambio y las principales variables respuestas que pudieran ser objeto de monitoreo, desde el ámbito nacional hasta el nivel de ecosistemas o parcelas. Finalmente, se presentan los principales productos esperados de la implementación de la estrategia, un esquema de organización institucional y los próximos pasos que consideramos necesarios para promover su consolidación.

Palabras clave: Biodiversidad. Bosque altoandino. Páramos. Servicios ecosistémicos. Uso de la tierra.

ABSTRACT

We present a synthesis of a proposal for integrated monitoring of high Andean ecosystems in Colombia, formulated through a process of discussion and consultation with multiple stakeholders with experience in monitoring mountain ecosystems in the country. The proposal takes as point of departure the need for developing integrated monitoring systems, with an adaptive management approach that allows evaluation of impacts of changes in socio-economic contexts and the effects of global change on biodiversity and ecosystem services. Also, this approach provides relevant information for territorial planning, climate change adaptation and ecological restoration. We prioritize high Andean ecosystems in Colombia because they include strategic ecosystems such as paramos, wetlands and glaciers, are global biodiversity hotspots, provide key ecosystem services including regulation of water provision for a growing rural and urban population, and exhibit a high vulnerability to climate change. There are numerous monitoring schemes at a national level and in the Andean region of Colombia, including initiatives that monitor biomass and carbon, taxonomic and functional diversity, climate, hydrology and glacier dynamics, as well as studies on land-use and socio-economic dynamics. Considering this accumulated experience, we discuss the challenges for their assimilation into an integrated system and propose a multiscale conceptual model of the main drivers of change and the response variables that could be monitored, from the national to the ecosystem/plot scale. Finally, we present the main expected products of the strategy, a possible institutional framework and the next steps that we consider are necessary for promoting its consolidation.

Keywords: Biodiversity. Ecosystem services. Land-use. Mountain forests. Paramos.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

RESUMEN **INTRODUCCIÓN**

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

Los ecosistemas de bosques altoandinos y páramos de Colombia enfrentan fuertes presiones producto de la interacción de los efectos del cambio climático y la transformación del uso de la tierra, en escenarios políticos dinámicos que incluyen la reestructuración de las dinámicas socioambientales producto de la globalización y el postconflicto (Sarmiento *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2017). Para enfrentar estos retos es esencial contar con información a diferentes escalas espaciotemporales, que permitan evaluar la respuesta de estos ecosistemas ante procesos de cambio global y mejorar el conocimiento sobre las dinámicas de las comunidades biológicas, sus interacciones y los determinantes de la provisión de servicios ecosistémicos.

Bajo el liderazgo del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y las instituciones del Sistema Nacional Ambiental (Sina), se ha venido planteando la formulación de un Programa Nacional de Monitoreo de Ecosistemas. Este programa está orientado a ofrecer lineamientos que orienten y que potencialicen las iniciativas de monitoreo y seguimiento de los ecosistemas en el país. De esta manera, su implementación ofrecería un marco para generar y gestionar eficientemente información de sistemas de monitoreo de base científica que permita entender el estado de los ecosistemas y sus servicios, analizar las tendencias de cambio y orientar las acciones que se requieren para su conservación y uso sostenible. Así, el Programa Nacional de Monitoreo tiene la potencialidad de ser la base para la toma de decisiones sobre el uso y conservación de los ecosistemas de Colombia.

Existen en el país varias experiencias de monitoreo y seguimiento ambiental de largo plazo promovidas desde instituciones públicas, académicas y de la sociedad civil (Sierra *et al.*, 2017; Vallejo y Gómez, 2017). Conocer y entender los procesos que se desarrollan, los protocolos metodológicos que implementan, los actores involucrados y el tipo de reportes que generan es la base para proponer procesos integrados de monitoreo de ecosistemas que contribuyan a generar y articular iniciativas de orden regional y nacional. Particularmente, en los Andes colombianos existen varias plataformas de monitoreo de biodiversidad, carbono, hidrología, glaciares y uso del suelo (ver detalles en la sección de antecedentes), que pueden ser la base para proponer un esquema de monitoreo integrado de ecosistemas, conocer los vacíos de información y orientar procesos de trabajo articulado entre la academia, los institutos de investigación, la sociedad civil y las comunidades involucradas.

El presente documento presenta una síntesis del proceso de construcción de la propuesta de una Estrategia de Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia (EMA), con el ánimo de contribuir al Programa Nacional de Monitoreo de Ecosistemas, analizar los mecanismos necesarios para articular procesos de monitoreo existentes e identificar vacíos de información. Se espera que la implementación de la propuesta pueda servir de modelo a replicar para promover el monitoreo integrado de otros ecosistemas del país.

1.1. Monitoreo integrado de la biodiversidad y servicios ecosistémicos

Existe un creciente consenso de que la pérdida de la biodiversidad tiene efectos significativos sobre los servicios que prestan los ecosistemas y sobre el bienestar humano (Isbell *et al.*, 2017). Esto se debe a la estrecha relación existente entre la biodiversidad y la productividad ecosistémica, la eficiencia en el uso de los recursos y la resiliencia frente a transformaciones (Tilman *et al.*, 2014). Sin embargo, es común que los sistemas de monitoreo evalúen la biodiversidad y procesos como la regulación hídrica o la acumulación de carbono en la biomasa de forma independiente. Así, surge la necesidad de contar con sistemas integrados con un enfoque de manejo adaptativo, que permitan evaluar el impacto de los cambios globales sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos y que aporten insumos para la planificación territorial, la adaptación al cambio climático y la restauración ecológica (Nichols y Williams, 2006; Lindenmayer *et al.*, 2013; Díaz *et al.*, 2015; Vallejo y Gómez, 2017).

El monitoreo de largo plazo puede ser definido como la medición repetida de un conjunto de variables y procesos de cambio a múltiples escalas espaciales, durante un periodo extendido de tiempo (al menos cinco años), de acuerdo a un marco conceptual integrado y una serie de protocolos estandarizados de medición (Vos *et al.*, 2000; Lindemeyer y Likens, 2010; Figura 1). La ventaja de contar con un sistema integrado de monitoreo radica en la diversidad de funciones que puede cumplir, incluyendo:

- Evaluar el impacto de cambios en el contexto político y económico (por ej. cambios en escenarios de postconflicto), la efectividad de las políticas de ordenación del territorio y los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). Un aspecto clave es la generación de información que permita dar seguimiento al estado de conservación y gestión sostenible de las zonas de alta montaña en el contexto de la Ley 1930 del 2018 que norma la gestión integral de los páramos y el proceso de zonificación de los mismos (ver también IAvH, 2016).
- Evaluar la efectividad de estrategias de adaptación al cambio climático y aportar información para el diseño de incentivos económicos para la conservación.
- Evaluar la efectividad y orientar la implementación de estrategias manejo, reconversión productiva sostenible y restauración ecológica (por ej. Plan Nacional de Restauración).
- Proveer alertas tempranas sobre los efectos del cambio climático y del uso de la tierra.
- Generar espacios para el trabajo articulado interinstitucional, para la participación ciudadana en el monitoreo y el manejo adaptativo de los ecosistemas, además de aportar enfoques e información novedosa para la educación ambiental y la valoración de los ecosistemas altoandinos de Colombia.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

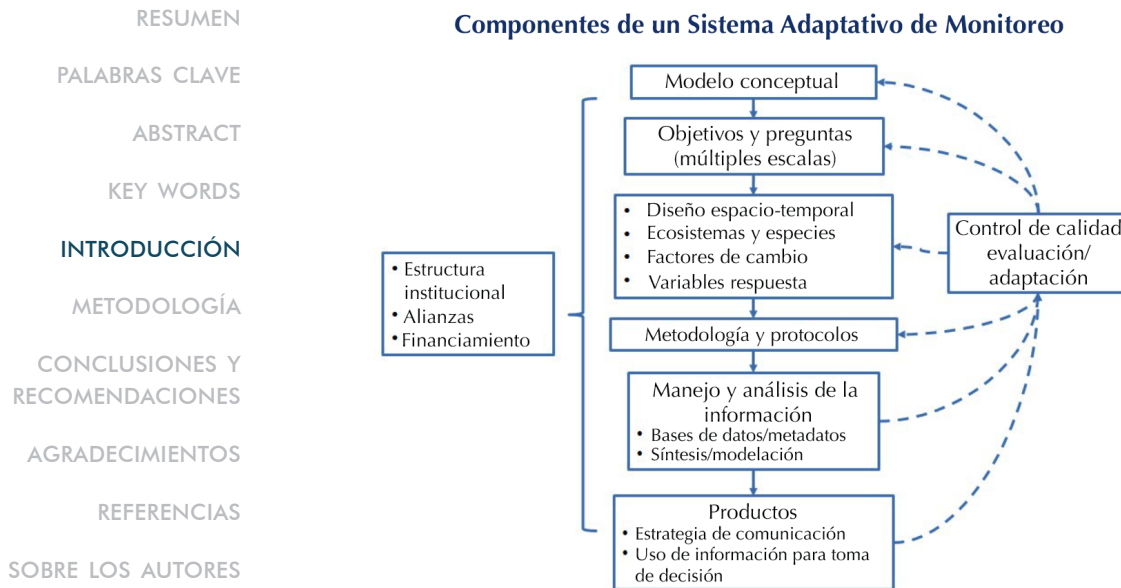


Figura 1. Componentes claves de un sistema integral de monitoreo para el manejo adaptativo de los ecosistemas a múltiples escalas (Adaptado de: Lindenmayer *et al.*, 2010).

1.2. ¿Por qué monitorear los ecosistemas altoandinos de Colombia?

La zona de alta montaña en Colombia comprende una marcada heterogeneidad de condiciones ambientales, a lo largo de complejos gradientes de variación que son producto de la elevación y la presencia de varios sistemas montañosos con regímenes climáticos, geología, suelos e historias de uso humano muy diferentes (Sarmiento y León, 2015). A escala 1:100.000, los ecosistemas incluidos en la zona de alta montaña (sobre los 2800 m de elevación) cubren en el país una superficie de 4.125.500 ha, equivalentes al 3,6 % del territorio continental y 11,5 % de la región Andina de Colombia, de las cuales aproximadamente 2.900.000 ha corresponden a páramos (Sarmiento *et al.*, 2017; Figura 2).

Los ecosistemas de bosques altoandinos y páramos de Colombia son escenarios muy dinámicos como resultado de los cambios en las estrategias de uso de la tierra, en contextos políticos que incluyen la reestructuración de las dinámicas socioambientales vinculadas con procesos como la globalización, el postconflicto y la delimitación legal de los páramos (Morales y Armenteras, 2013; Sierra *et al.*, 2017; Sarmiento *et al.*, 2017). A su vez, se considera que los territorios de la alta montaña están entre los más expuestos y vulnerables a los efectos del cambio climático (Castaño-Uribe, 2002; Hofstede *et al.*, 2014; Duque *et al.*, 2015). Así, entre las razones más importantes para establecer como foco de una estrategia de monitoreo integrado a los ecosistemas altoandinos de Colombia están:

- Incluir ecosistemas estratégicos para el país (páramos, humedales, glaciares).
- Ser parte del mayor punto caliente global de biodiversidad, los Andes tropicales.
- Proveer servicios ecosistémicos claves incluyendo la regulación de la oferta hídrica para una creciente población y una importante acumulación de carbono en su biomasa y suelos.
- Estar ubicados en la región de mayor concentración de población en el país, con una larga historia de ocupación.
- Presentar una alta vulnerabilidad y exposición frente al cambio climático.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

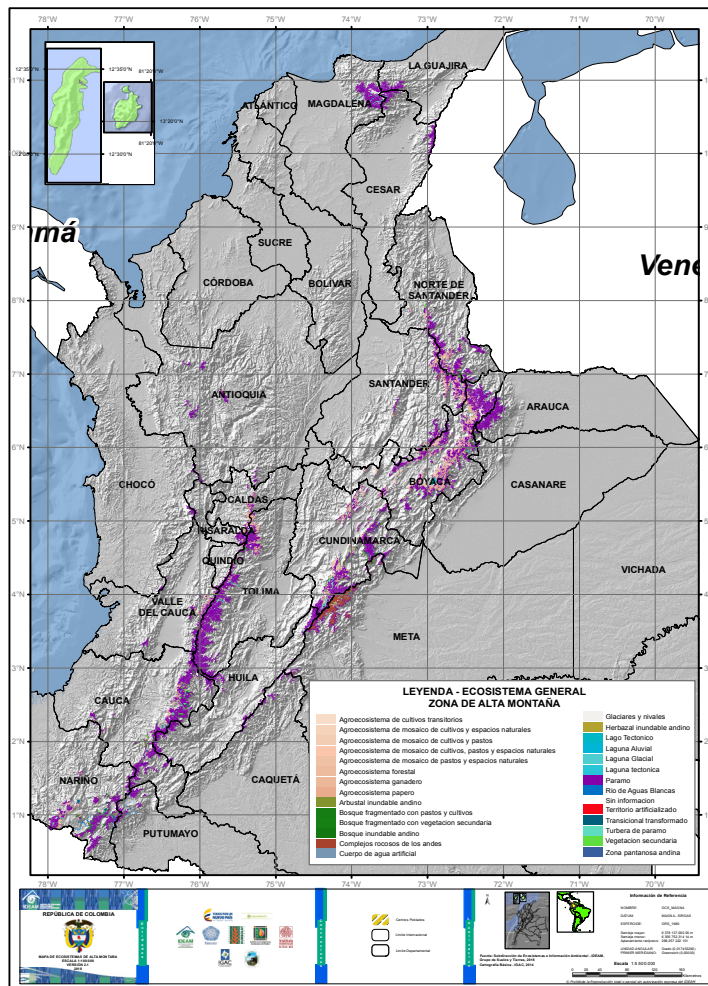


Figura 2. Ecosistemas generales incluidos en la zona de alta montaña (sobre los 2800 m s. n. m.). Fuente: Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000 (Ideam et al., 2017).

RESUMEN **METODOLOGÍA**

PALABRAS CLAVE

El proceso de construcción de la propuesta

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

La construcción de la propuesta para una Estrategia de Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia (EMA) partió de la contribución de múltiples actores con experiencia en el monitoreo de ecosistemas altoandinos del país. El proceso, dirigido a establecer un modelo conceptual y de articulación de actores, se basó en la identificación de las iniciativas de monitoreo existentes, así como en los principales vacíos de información y retos para la consolidación de un sistema integrado de monitoreo, y siguió los siguientes pasos:

- Recopilación, revisión y sistematización de documentos técnicos, literatura científica, mapas y revisiones ya existentes (incluyendo la generación de un repositorio de documentación).
- Realización de una encuesta electrónica dirigida a actores con experiencia en el diseño y/o implementación de programas de monitoreo y seguimiento ambiental en ecosistemas altoandinos de Colombia. Los resultados de las encuestas se sistematizaron en un catálogo de 12 experiencias de monitoreo en que se señalan objetivos de cada programa, objetos y variables monitoreados, diseño del sistema de medición y aspectos sobre el manejo de datos, mantenimiento y arreglo institucional de los sistemas.
- Entrevistas semiestructuradas a 26 actores con experiencia en programas de monitoreo, en las que se profundizan aspectos documentados en la encuesta electrónica así como temas transversales para la articulación de un sistema integrado, incluyendo las posibles estrategias necesarias para garantizar su sostenibilidad.
- Realización del taller *Diversidad y funcionamiento de ecosistemas Andinos de Colombia en escenarios de cambio ambiental: Hacia un sistema integrado de monitoreo* (en julio de 2018, liderado por el Ideam). El evento contó con la participación de más de 70 personas pertenecientes a diferentes instituciones del Sina, instituciones académicas y representantes de diversas organizaciones de la sociedad civil. El punto de partida fue la presentación de una primera versión de la propuesta de monitoreo integral y de las redes de monitoreo que coordina el Consorcio para el Desarrollo de la Ecorregión Andina (Condesan) a lo largo de los Andes de Sudamérica. El trabajo sobre los componentes de esta propuesta de monitoreo estuvo estructurado en torno a paneles de expertos temáticos (biodiversidad, biomasa y carbono, clima e hidrología, uso de la tierra, políticas y conservación), en la modalidad de conversatorio y mesas de trabajo, que abordaron diferentes temas transversales para la construcción efectiva de la propuesta de monitoreo (preguntas clave, vacíos temáticos y espaciales existentes, sostenibilidad, arreglos institucionales; más detalles en las memorias del taller en Llambí, 2018).

La Propuesta de Monitoreo Integrado de Ecosistemas Altoandinos

Antecedentes de Monitoreo en Ecosistemas de Alta Montaña

A nivel internacional existen varias plataformas de monitoreo integral dedicadas a ecosistemas de montaña. Algunas de las más importantes incluyen la Red Internacional de Investigación Ecológica de Largo Plazo (ILTER), el Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares (WGMS), la Red Global de Observatorios de Montaña (GNOMO) y redes sudamericanas en las que Colombia participa activamente, como la Red de Bosques Andinos y la Red Gloria-Andes de monitoreo de la vegetación en cumbres.

A nivel nacional existen también varias redes de seguimiento de largo plazo incluyendo el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales, el Sistema de Información de la Biodiversidad, la Red de Estaciones Hidrometeorológicas, el Inventario Forestal Nacional y el Plan de Investigación y Monitoreo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Por otro lado, la investigación ambiental en los ecosistemas de alta montaña tiene una larga tradición en el caso de Colombia (Rangel-Churio, 2000; van der Hammen, 2002). Esta investigación ha sido acompañada por el desarrollo de protocolos y experiencias de monitoreo y un seguimiento ambiental de largo plazo, todo esto promovido desde instituciones públicas, académicas y de la sociedad civil, abordando los siguientes aspectos (para más detalles, ver la versión de la propuesta en Ideam *et al.*, 2018):

- **Diversidad específica y funcional de flora y fauna:** ha involucrado el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo de biodiversidad, incluyendo la diversidad funcional y filogenética. Algunos ejemplos incluyen el seguimiento de la sucesión primaria en zonas de colonización periglacial (Nevado de Santa Isabel, Cuellar, 2017) y en cumbres altoandinas (Cocuy, Gloria-Andes, Cuesta *et al.*, 2017), así como iniciativas a lo largo de gradientes altitudinales en el Santuario de Flora y Fauna de Iguaque, en bosques de niebla en Antioquia y otras regiones del país y en bosques altoandinos de robles (por ej. Duque *et al.*, 2015; Quintero *et al.*, 2017; Avella *et al.*, 2017).
- **Biomasa vegetal y ciclo del carbono:** además del establecimiento de parcelas permanentes del Inventario Forestal Nacional (que incluye más de 97 localidades Andinas, Ideam, 2017) y de las iniciativas mencionadas en el punto anterior, se han realizado avances importantes en el estudio de la dinámica de la biomasa y carbono en los suelos de alta montaña con el establecimiento de parcelas de seguimiento a lo largo de gradientes de elevación en base a protocolos detallados estandarizados (Rueda *et al.*, 2015; Ideam-Igac, 2018).

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

MÉTODOLÓGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

- RESUMEN
- PALABRAS CLAVE
- ABSTRACT
- KEY WORDS
- INTRODUCCIÓN
- METODOLOGÍA
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- AGRADECIMIENTOS
- REFERENCIAS
- SOBRE LOS AUTORES
- **Clima, dinámica hídrica y glaciares:** en el contexto del Proyecto Páramo (Unión Europea, 2014-2018), el Instituto Humboldt y el Ideam han desarrollado un protocolo detallado para orientar el monitoreo hidrológico en páramos del país a múltiples escalas (García-Herrán, 2018). El Ideam también lidera un programa sistemático de monitoreo de la dinámica de cobertura y balance de masa de los glaciares de Colombia (ver Ceballos *et al.*, 2012; Rabatel *et al.*, 2017). Un ejemplo interesante de la aplicación de un enfoque ecohidrológico que integra a su vez una perspectiva socioecológica para el monitoreo de ecosistemas de alta montaña es el del Observatorio Poleka Kasue (ver Ruíz-Carrascal, 2016).
 - **Uso de la tierra y gobernanza ambiental:** en el caso de los bosques andinos y altoandinos, varios autores han realizado análisis multitemporales de los cambios en la cobertura de ecosistemas y los procesos de transformación a escala nacional (ver, por ej. Etter *et al.*, 2006; Etter *et al.*, 2008; Armenteras *et al.*, 2011; Morales y Armenteras, 2013). Vale la pena resaltar la iniciativa del Observatorio de Bosques Andinos de Antioquía (OBA), cuyo objetivo es caracterizar el estado de salud de los ecosistemas de bosque andino y sus tendencias de cambio (Quintero *et al.*, 2017). En el caso de los páramos, el proyecto Insumos para la Delimitación de Ecosistemas Estratégicos. Páramos y Humedales (Instituto Humboldt, Fondo de Adaptación), incluyó un análisis detallado de las coberturas de ecosistemas y procesos de transformación (a escala 1:25.000) y su relación con la dinámica socioambiental en 21 de los 36 complejos de páramo (ver IAvH, 2016; Sarmiento *et al.*, 2017).
 - **Monitoreo de especies claves de flora y fauna:** en el contexto de la alta montaña colombiana, dos programas emblemáticos de monitoreo de especies clave son el de seguimiento poblacional y fitosanitario de especies de frailejones y el programa de largo plazo de seguimiento del oso andino (Marquez *et al.*, 2017; Medina *et al.*, 2009; Salinas *et al.*, 2013).

Retos identificados por los actores consultados

En el marco de las entrevistas y los resultados del taller *Diversidad y Funcionamiento de Ecosistemas Andinos de Colombia en Escenarios de Cambio Ambiental*, se evidenció la necesidad de definir preguntas acordes con las realidades actuales del país, que se formulen conjuntamente entre los usuarios, generadores y gestores de la información. Durante el proceso de formulación de la EMA se enfatizó en la importancia de entender no solo las dinámicas de los ecosistemas naturales (por ej. en la zona de transición bosque-páramo) sino los procesos de cambio de uso de la tierra y los procesos asociados a ecosistemas transformados, de manera que se promueva una visión integral de los ecosistemas de la alta montaña en Colombia y se haga posible el seguimiento de los impactos de las políticas públicas en la conservación de estos ecosistemas. Igualmente, se planteó la necesidad de integrar el análisis de las dimensiones biológicas y sociales, así como el monitoreo de las estrategias de restauración

ecológica. También se discutió la importancia de integrar en los sistemas de monitoreo, a escala regional y de parcelas, el estudio de aspectos clave como la diversidad funcional de las comunidades biológicas, su relación con los servicios ecosistémicos y su respuesta al cambio climático, las propiedades biofísicas del suelo y su relación con la dinámica hídrica y de almacenamiento de agua y carbono, además de otros procesos asociados a las dinámicas hidrológicas (infiltración, escorrentía superficial, ecofisiología de especies dominantes).

Una de las conclusiones principales es que la implementación de la EMA requiere la identificación de los principales vacíos temáticos de los esquemas existentes. Los participantes en el taller y los entrevistados resaltaron la necesidad de identificar vacíos en la instrumentación asociada a temas hidrometeorológicos, la representatividad de los sitios de monitoreo de biodiversidad, el análisis de las dinámicas sociales y locales asociadas a los cambios del uso del suelo y la necesidad de promover procesos experimentales y de modelación como ejercicios piloto. Aunque es factible abordar de manera integral temas de agua, biodiversidad y carbono, es necesario evaluar otros componentes asociados a la paleoecología, productividad del ecosistema, especies invasoras, entre otras que pueden bien ser asociadas a parcelas de monitoreo existentes.

Con respecto a la representatividad, se identificó la necesidad de abordar los vacíos de información en ecosistemas de alta montaña –en la cordillera Occidental, la zona sur de Colombia en la frontera con el Ecuador, al norte en la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá–, así como la falta de información comparable sobre áreas transformadas. Se evidenció la necesidad de realizar investigación a lo largo de gradientes de transformación y de la zona de transición bosque-páramo, e igualmente el llenar vacíos de información en términos del estudio de la variabilidad climática, regiones biogeográficas y su estado de conservación, tipos de suelos y geoformas y cómo esto impacta la provisión de servicios ecosistémicos. En relación con las escalas espaciales de análisis, se enfatizó en la necesidad de contar con un esquema de monitoreo multiescalar, que fortalezca los sitios de monitoreo a escala local y permita incluir a los actores locales y a las comunidades, agregando variables de interés de monitoreo que aborden lo local, lo regional y lo nacional.

Algunas estrategias señaladas por los expertos consultados para promover la participación de múltiples actores incluyen generar programas con las escuelas (por ej. cajas de monitoreo), el uso de estrategias de mapeo participativo y ordenación participativa del territorio. Existe consenso en que los institutos de investigación del Sina son los llamados a generar las plataformas a nivel nacional para integrar la información generada por los diferentes actores que están en el territorio, ya que deben ser un puente entre la toma de decisión y los procesos de investigación en monitoreo. Para ello es necesario fortalecer el diálogo y trabajo conjunto entre institutos, la academia, los formuladores de políticas sectoriales y los actores sociales.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

RESUMEN	Uno de los retos fundamentales identificados es la sostenibilidad del sistema de monitoreo en el tiempo (ver Lindenmayer <i>et al.</i> , 2010). El fortalecimiento y la articulación entre sistemas de monitoreo existentes es el primer paso para favorecer la sostenibilidad de un sistema de monitoreo que construya sobre la información disponible. Esto implica contar con un marco institucional claro, soportado sobre protocolos detallados, acuerdos explícitos para la implementación de estos protocolos y mecanismos para difundir los resultados. Es fundamental consolidar sitios de aprendizaje en los que se involucren instituciones locales y regionales comprometidas, que permitan ir ampliando las temáticas abordadas e incorporando dimensiones de gobernanza y planificación territorial. Sobre la sostenibilidad, también es determinante la búsqueda de financiamiento y la participación en procesos de orden nacional e internacional. Un posible arreglo institucional propuesto por los actores consultados fue la consolidación de Observatorios de Alta Montaña a nivel regional y nacional, que permitan articular las redes regionales y promover el diálogo entre generadores y usuarios de la información, de manera que trabajen conjuntamente en el posicionamiento de estas estructuras como base para los procesos de toma de decisiones.
PALABRAS CLAVE	
ABSTRACT	
KEY WORDS	
INTRODUCCIÓN	
METODOLOGÍA	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
AGRADECIMIENTOS	
REFERENCIAS	
SOBRE LOS AUTORES	

Un factor clave que puede contribuir a la sostenibilidad de la propuesta de monitoreo es su relacionamiento con redes internacionales con sitios de trabajo en Colombia, como la Red Global de Observatorios de Alta Montaña (GNOMO) y el trabajo de monitoreo a escala regional andina (por ej. Gloria, Red de Bosques, iniciativas de Acción por las Montañas). Estos modelos pueden aportar lecciones aprendidas y protocolos para orientar el funcionamiento de redes nacionales y constituir plataformas para dar visibilidad a los esfuerzos (ver por ej. Ruiz-Carrascal, 2016; Cuesta *et al.*, 2017; Mathez-Stiefel *et al.*, 2017).

Por último, es importante que el programa de monitoreo integrado incluya el desarrollo de espacios de encuentro de diferentes actores en torno a ecosistemas de alta montaña en los que se compartan las experiencias, se reporten periódicamente los resultados del monitoreo y se consoliden los procesos locales y regionales.

Objetivos de la propuesta

Partiendo de las iniciativas existentes identificadas, y de los aportes de los diferentes actores consultados, se proponen como objetivos de la EMA:

- Evaluar el estado actual y tendencias de cambio de variables e indicadores vinculados con la biodiversidad, funcionamiento y servicios ecosistémicos de los ecosistemas altoandinos de Colombia.
- Relacionar estos cambios con los principales factores moduladores de los procesos de transformación que operan a diferentes escalas espaciotemporales, incluyendo el cambio climático y las dinámicas demográficas, socioeconómicas y de uso de la tierra.

- Generar información para evaluar la efectividad de las principales estrategias, políticas ambientales y esquemas de gobernanza territorial y orientar los procesos de toma de decisión a diferentes escalas.

Modelo conceptual e integración de escalas

El modelo conceptual propuesto pretende generar un marco general para el análisis de los procesos de transformación de los ecosistemas de alta montaña en Colombia y sus efectos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano a diferentes escalas, desde el ámbito nacional hasta el nivel de paisajes (regional) y parcelas (local). Para las diferentes escalas se proponen los principales factores o motores de cambio y las principales variables respuesta que pudieran ser objeto de monitoreo (ver detalles en Ideam *et al.*, 2018, Figura 3).

- RESUMEN
- PALABRAS CLAVE
- ABSTRACT
- KEY WORDS
- INTRODUCCIÓN
- METODOLOGÍA**
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- AGRADECIMIENTOS
- REFERENCIAS
- SOBRE LOS AUTORES

Escalas espaciales de análisis

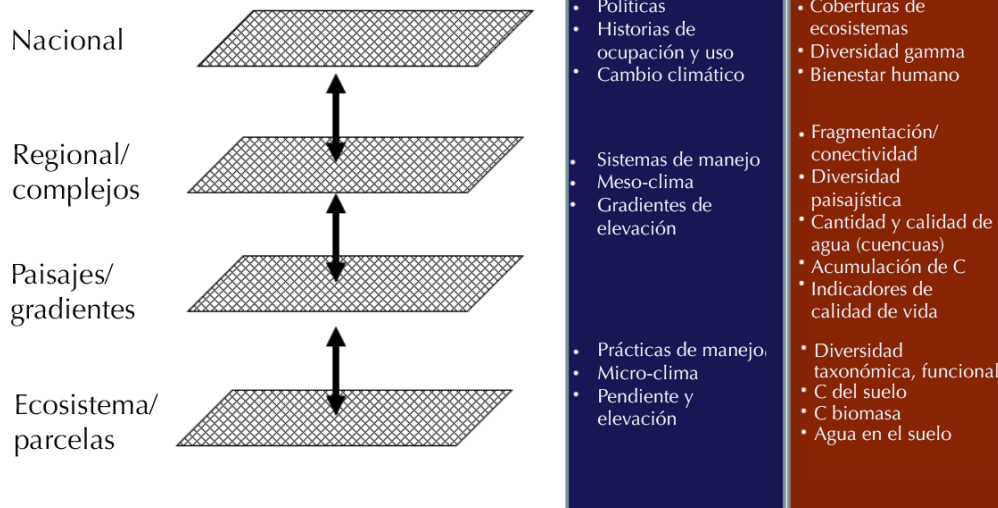


Figura 3. Escalas espaciales de análisis, principales factores de cambio y algunas de las principales variables respuesta consideradas a cada escala. Fuente: elaboración propia.

Un aspecto central es entender las relaciones dinámicas que generan vínculos entre las escalas de análisis, de “arriba hacia abajo” y de “abajo hacia arriba” (Turner *et al.*, 2001; Llambí y Llambí, 2000; Figura 4). Por un lado, los procesos que operan a escalas más amplias pueden funcionar como determinantes o condiciones de contexto que modifican las respuestas a escalas más locales.

RESUMEN
 PALABRAS CLAVE
 ABSTRACT
 KEY WORDS
 INTRODUCCIÓN
 METODOLOGÍA
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 AGRADECIMIENTOS
 REFERENCIAS
 SOBRE LOS AUTORES

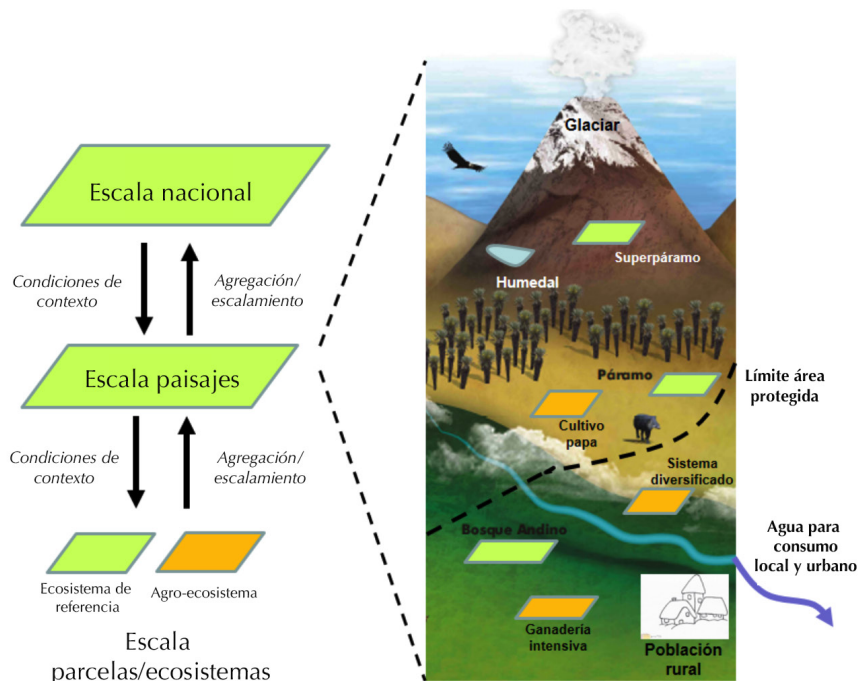
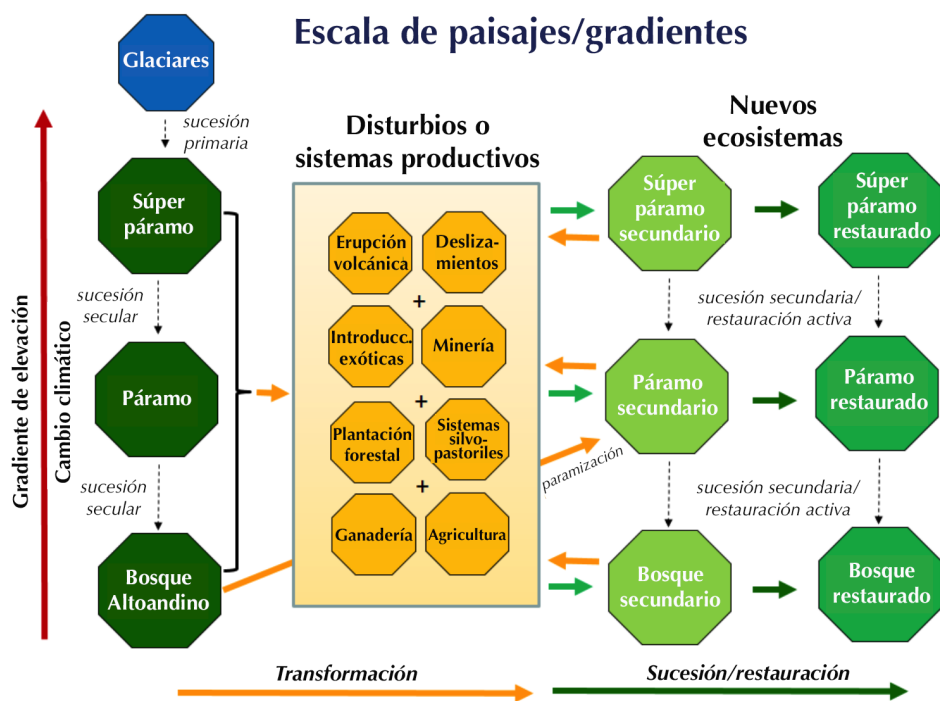


Figura 4. Relaciones entre las diferentes escalas de análisis. Se incluyen aspectos a considerar para contar con una visión más integral de las zonas de alta montaña. Las condiciones a escalas superiores establecen el contexto para los cambios a escalas inferiores (de arriba hacia abajo). A su vez, las condiciones a escalas inferiores pueden ser agregadas a través de procesos de escalamiento (de abajo hacia arriba). Fuente: elaboración propia.

Se deben considerar los retos generados por la heterogeneidad espacial en el escalamiento a escala de paisajes/regional de las mediciones realizadas a nivel de parcela (por ej. mediciones de biodiversidad, biomasa o carbono en suelos). Para enfrentar estos retos, se propone enfatizar en el análisis de los paisajes en la alta montaña, integrando la información generada en parcelas permanentes y estaciones de monitoreo (clima, ecohidrología) a lo largo de gradientes altitudinales y de uso-transformación-restauración (Figura 5).

El estudio integrado de la biodiversidad y procesos ecosistémicos en parcelas con diferentes regímenes de uso/sucesión podría permitir el seguimiento de las dinámicas de estos atributos, que pueden seguir trayectorias no lineales (Figura 6). Por ejemplo, es posible que no sea necesaria la recuperación total de la diversidad de especies para que se recuperen procesos del ecosistema como la acumulación de biomasa (debido a la redundancia funcional entre las especies). A su vez, es importante considerar el efecto de estas trayectorias alternativas sobre el bienestar y la calidad de vida de la población a escala regional.



RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

Figura 5. Principales ecosistemas altoandinos y sistemas de remplazo a lo largo de gradientes de elevación y gradientes de transformación/sucesión. Las flechas punteadas indican procesos de cambio vinculados al cambio climático y el desplazamiento de los ecosistemas a lo largo del gradiente de elevación (por ej. remplazo de páramos por bosques altoandinos o fitocolonización en áreas de retroceso glaciar). Las líneas naranjas indican disturbios o procesos de cambio generados por diversos sistemas de manejo. Las líneas verdes señalan procesos de sucesión/regeneración natural o asistida. Fuente: elaboración propia.

Desde el punto de vista metodológico, las trayectorias de regeneración/sucesión pueden ser estudiadas a través del uso de enfoques: i) Sincrónicos, comparando simultáneamente parcelas con diferentes historias de uso –lo que requiere el uso de replicación extensiva debido a la heterogeneidad espacial típica en áreas de alta montaña–; ii) Diacrónicos, usando parcelas permanentes que se monitorean a largo plazo –lo que requiere de períodos largos de observación–. Un aspecto a considerar es la sensibilidad de las variables objeto de monitoreo frente a diferentes a los factores generadores de cambio (uso de la tierra, cambio climático) y su variabilidad intrínseca en el espacio y el tiempo (ver por ej. Abreu *et al.*, 2009). Esto determina la potencia del sistema de monitoreo en términos de su capacidad de detectar efectos significativos y, por lo tanto, decisiones en cuanto al número de parcelas réplicas necesarias –para un nivel de incertidumbre acordado–.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

Monitoreo de la dinámica del ecosistema en el paisaje

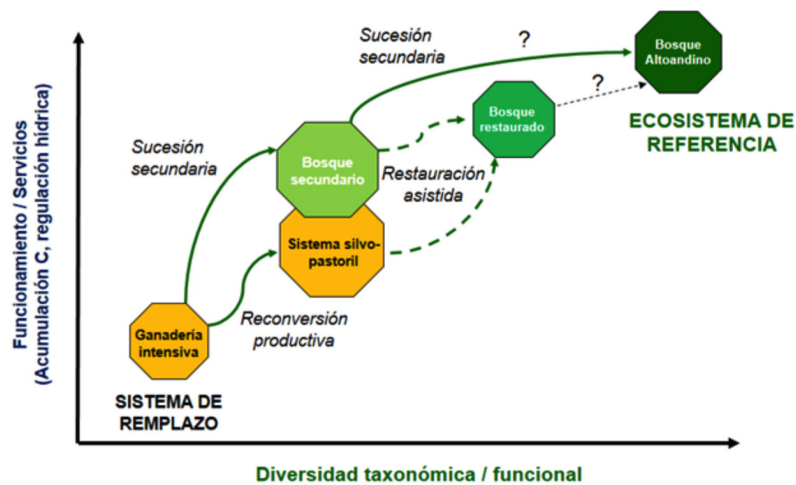


Figura 6. Trayectorias posibles de evolución de la diversidad taxonómica o funcional y del funcionamiento ecosistémico (acumulación de biomasa o carbono, retención de agua en el suelo) en diferentes escenarios de uso del suelo. En el ejemplo, se observa la dinámica partiendo de un sistema de remplazo (por. ej. pastura sometida a ganadería intensiva), sujeta a un procesos de reconversión productiva (sistema diversificado silvopastoril) o que se destina a promover su recuperación, permitiendo la regeneración de un bosque secundario, el cual podría ser objeto de procesos de restauración asistida. Eventualmente el sistema podría, o no, volver a la condición del ecosistema de referencia (un bosque altoandino primario). Fuente: elaboración propia.

Productos potenciales de la estrategia

Los productos previstos en el marco de la EMA estarán principalmente pensados para apoyar los procesos de toma de decisiones a nivel local, regional y nacional. Se prevé inicialmente la generación de informes periódicos del estado y tendencias de los ecosistemas altoandinos de Colombia, con capítulos especiales a escala local o regional siguiendo el enfoque multiescalar de la propuesta. Otros productos asociados a la estrategia serían:

- Simposios y encuentros de redes de trabajo en torno a la dinámica de ecosistemas altoandinos del país.
- Plataforma informática integrada incluyendo bases de datos, metadatos y sistemas de análisis y consulta de la información.

- Catálogo de estrategias de política y gestión y de protocolos de monitoreo existentes.
- Directorio de actores y usuarios de la información.
- Protocolo integrado de monitoreo, incluyendo la identificación de un paquete mínimo de procesos/variables y módulos opcionales más detallados.

Marco institucional

Se propone que el EMA cuente con un Comité Directivo y un Comité Técnico a nivel nacional, con participación de instituciones del Sina, académicas y ONG del sector, además de una plataforma de diálogo interinstitucional en que participen usuarios y actores clave de la sociedad civil. El sistema debe contemplar mecanismos de enlace con otras redes internacionales de monitoreo activas en la región (por ej. GNOMO, GLORIA-Andes, Red de Bosques Andinos) y con el Sistema de Información Ambiental de Colombia (Siac). Por último, es importante que el sistema nacional permita articular el trabajo de nodos regionales de monitoreo (sitios de trabajo) en las diferentes cordilleras y complejos de alta montaña, incluyendo áreas con información y experiencia institucional previa y con tradición de participación de la sociedad civil y las organizaciones comunitarias en la gestión ambiental sostenible (Figura 7).

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

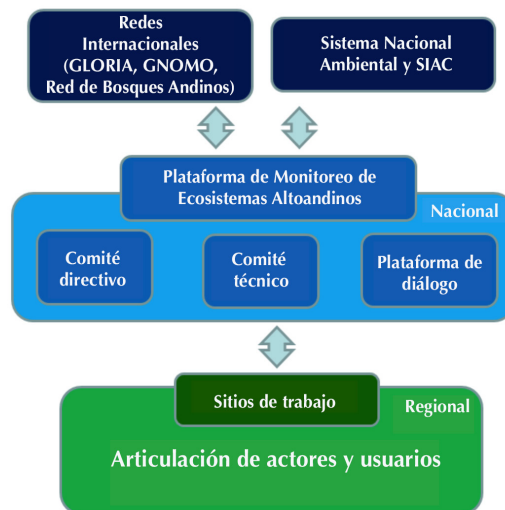


Figura 7. Estructura institucional propuesta para la implementación de la Estrategia para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia, vinculando la escala nacional con iniciativas a escala internacional y regional/local.

RESUMEN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PALABRAS CLAVE

Próximos pasos

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

Durante el proceso de formulación de la propuesta de la EMA se hizo evidente la amplia experiencia acumulada en Colombia en la última década en el monitoreo de la biodiversidad y la dinámica de los ecosistemas de alta montaña. Sin embargo, los expertos consultados coincidieron en la necesidad de promover un marco integral para articular las diferentes iniciativas existentes, a partir de un modelo conceptual explícito y una plataforma institucional flexible, que permita lo siguiente: a) Desarrollar una visión más holística y dinámica de las relaciones de interdependencia existentes entre los diferentes ecosistemas de alta montaña (glaciares, humedales, páramos, bosques altoandinos); b) Estudiar y llenar los vacíos de información existentes en torno al papel que cumple la biodiversidad en la provisión de servicios ecosistémicos claves como la regulación hídrica y de la dinámica del carbono y su respuesta en escenarios de cambio ambiental; c) Integrar las diferentes escalas de análisis desde el ámbito local y de parcelas hasta la escala nacional; d) Comparar explícitamente la biodiversidad y funcionamiento de sistemas naturales con diferente grado de transformación a lo largo de gradientes de uso y elevación; además, evaluar la efectividad de las estrategias de restauración ecológica que se vienen desarrollando; e) Entender las relaciones entre los procesos ecológicos y sociales y analizar los impactos de las políticas de gestión, desarrollo y conservación y de diversos modelos de gobernanza territorial; f) Garantizar la sostenibilidad de las iniciativas de monitoreo de largo plazo, a través de la consolidación de una plataforma que promueva la difusión e integración efectiva de la información existente para la orientar la toma de decisión.

A partir de la formulación de la propuesta se identificó una ruta de trabajo para promover la implementación progresiva de la estrategia partiendo de procesos existentes. Un primer punto clave es seleccionar variables esenciales para el monitoreo del estado y tendencias de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos a escala nacional y consolidar un visor o plataforma de información de ecosistemas de alta montaña en Colombia. Partiendo de las bases de datos de variables e indicadores con los que cuentan el Ideam, el Instituto Humboldt y otras instituciones del Sina, se pretenden consolidar reportes de tendencias, mapas temáticos y cruces de variables integrados en el contexto de los ecosistemas altoandinos. Un visor de información podría contribuir a visibilizar las iniciativas en marcha de monitoreo de biodiversidad, agua, carbono, uso del suelo y gobernanza a escala nacional y regional/local y los actores y redes involucrados. Esto permitiría a todos los interesados compartir información sobre sus sitios de monitoreo, protocolos metodológicos, resultados de investigación y otros datos relevantes.

Un segundo paso clave es la recopilación de información a escala local y hacer un ejercicio de integración de información y variables en aquellas áreas donde se cuenta con mayor trayectoria de investigación/monitoreo (por ej. PNN Los Nevados, PNN

Chingaza, bosques de Antioquia) o en territorios prioritarios en virtud de la existencia de conflictos socioambientales (por ej. Santurbán, Pisba, Sumapaz). Entre los aspectos clave a definir estarían: a) La extensión y límites de estos sitios e información cartográfica disponible; b) La red de actores, conflictos ambientales y oportunidades; c) La información disponible y su temporalidad (incluyendo aspectos como biodiversidad, clima, carbono y suelos, hidrología, uso de la tierra y actividades productivas, marco institucional y de políticas, gobernanza y ordenación del territorio, además de aspectos socioeconómicos y calidad de vida); d) Los programas/proyectos planeados y en ejecución que incluyan componentes de monitoreo y ejercicios disponibles de síntesis de información. Lo anterior permitirá entender la información existente y la potencialidad de hacer análisis integrados, identificar los vacíos de información y generar una propuesta de protocolos de monitoreo mínimo a escala de sitio, así como módulos complementarios específicos para especies o temas de interés local y regional. Así, se propone fortalecer sitios de monitoreo existentes y promover el trabajo en red alrededor de observatorios regionales. La idea es que estos primeros sitios puedan servir de modelo para ensayar y calibrar la propuesta conceptual y metodológica de monitoreo integrado, así como la articulación entre diversos actores interesados en el monitoreo y gestión de estos territorios de alta montaña, con miras a la replicación del enfoque a una red más extensa.

Finalmente, es fundamental continuar promoviendo la difusión y discusión de la estrategia, no solo con las instituciones y grupos de investigación vinculados en el monitoreo en ecosistemas de alta montaña sino con tomadores de decisión a diferentes escalas y vinculados a distintos sectores productivos, líderes y organizaciones locales y de la sociedad civil. Solo así será posible avanzar en la consolidación de un sistema de monitoreo integrado que responda a las visiones y necesidades de la gran diversidad de actores involucrados en la gestión, manejo y conservación de los ecosistemas de alta montaña en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los equipos del Condesan, Ideam y el Instituto Humboldt por sus aportes en la construcción de esta propuesta. Al equipo editorial de Biodiversidad en la Práctica y al evaluador anónimo por sus interesantes aportes. Al Programa Bosques Andinos, financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE), que ha provisto financiamiento para las actividades de desarrollo de la propuesta.

En particular a Hernando García, Nelson Omar Vargas, Martha García, Adriana Paola Barbosa, Jorge Luis Ceballos, Nidia Cristina Mayorga, Diana Ramírez, Juan F. Philips, Carolina Gómez, Natalia Norden, Lina Sánchez, Juan Pablo Romero, Paula Ungar, Johanna Puentes, Betsy V. Rodríguez, Adriana Bolívar, Sebastián González C., Juan C. Benavides, María Elena Gutiérrez L., Carlos Sarmiento, Issac Goldstein

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

RESUMEN y Amanda Varela por su confianza y acompañamiento durante el proceso. A Juan C. Berrío (Universidad de Leicester) por su apoyo en la organización del taller sobre monitoreo en ecosistemas altoandinos y sus interesantes aportes.

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

A los expertos consultados del Ideam, Instituto Humboldt, Igac, MADS, Parques Nacionales Naturales, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Observatorio de Bosques Andinos, Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad de los Andes, Universidad del Rosario, la Escuela de Ingenieros de Antioquia, Conservación Internacional, WCS y proyecto Páramos: Biodiversidad y Recursos Hídricos en los Andes del Norte (Unión Europea-Instituto Humboldt) por compartir generosamente y con entusiasmo sus conocimientos, experiencias y visiones sobre el tema.

REFERENCIAS

- Abreu, Z., Llambí, L. D. y Sarmiento, L. (2009). Sensitivity of soil restoration indicators during páramo succession in the High Tropical Andes: chronosequence and permanent plot approaches. *Restoration Ecology*, 17(5), 619-628.
- Armenteras., Rodríguez, N., Retana, J. y Morales, M. (2011). Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Regional Environmental Change* 11, 693-705.
- Avella, A., Rangel, O. y Solano, C. (2017). Conservación, manejo y restauración de los bosques de robles (*Quercus humboldti* Bonpl.) en Colombia: Estudio de caso en el corredor de Conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque (departamentos de Santander y Boyacá, Colombia). En Rangel-Ch, O. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica XV. Los bosques de robles (Fagaceae) en Colombia*. Pp: 261-286. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales.
- Castaño-Uribe, C. (2002). *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, IDEAM, PNUD. 390 pp.
- Ceballos, J. L., Rodríguez Murcia, C. E. y Real-Núñez, E. L. (2012). *Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo*. Bogotá: IDEAM. 344 pp.
- Cuellar, I. (2017). Fitocolonización en la zona Periglacial del Glaciar Conejeras, en el Volcán Nevado de Santa Isabel–Proyecto Piloto. (Informe técnico). Bogotá D. C.: IDEAM. 19 pp.
- Cuesta, F., Muriel, P., Llambí, L. D., Halloy, S., Aguirre, N., Beck, S., Carrilla, J., Meneses, R., Cuello, S., Grau, A., Gámez, L., Irazábal, J., Jácome, J., Jaramillo, R., Ramírez, L., Samaniego, N., Suárez-Duque, D., Thompson, N., Tupayachi, A., Viñas, P., Yager, K., Becerra, M. T., Pauli, H. y Gosling, W. D. (2017). Latitudinal and altitudinal patterns of plant community diversity on mountain summits across the tropical Andes. *Ecography*, 40(12), 1381-1394.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., y Lonsdale, M. (2015). The IPBES Conceptual Framework-connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16.

- Duque, A., Stevenson, P. R. y Feleey, K. J. (2015). Thermophilization of adult and juvenile tree communities in the northern tropical Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(34), 10744-10749.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S. y Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 369-386.
- Etter, A., McAlpine, C.A. y Possingham, H. P. (2008). Historical Patterns and Drivers of Landscape Change in Colombia Since 1500: A Regionalized Spatial Approach. *Annals of the Association of American Geographers*, 98, 2-23.
- García-Herrán, M. (2018). *Protocolo de Monitoreo Hidrológico en Páramos*. Proyecto Páramos: Biodiversidad y Recursos Hídricos en los Andes del Norte (Informe técnico). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 182 pp.
- IAvH (2016). *Recomendaciones para la delimitación, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de 21 complejos de páramos del país a escala 1:25.000* (Informe Técnico). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-Fondo Adaptación.
- IAvH (2018). *Recomendaciones para la delimitación, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de 21 complejos de páramos del país a escala 1:25.000*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-Fondo Adaptación.
- IAvH, Igac. (2018). *Identificación de la Hoja de Ruta y Procedimientos para la Estimación del Contenido de Carbono Orgánico en Suelos de Páramos y Humedales de Colombia* (Informe Técnico). Bogotá, D.C., 139 pp.
- Ideam, IAvH, Igac, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (Invemar) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia* (MEC) [mapa], Versión 2.1, escala 1:100.000.
- Ideam (2017). *Manual de Campo. Inventario Forestal Nacional Colombia*. Versión 3.5. Bogotá, D.C.
- Ideam, IAvH, Condesan (2018). *Propuesta “Estrategia para monitoreo integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia”* (Informe Técnico). Bogotá, D.C., 54 pp.
- Isbell, F., Gonzalez, A., Loreau, M., et al. (2017). Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. *Nature*, 546, 65-72.
- Kremen, C., Merenlender, A. M. y Murphy, D. D. (1994). Ecological Monitoring: A Vital Need for Integrated Conservation and Development Programs in the Tropics. *Conservation Biology*, 8(2), 388-397.
- Lindenmayer, D. B. y Likens, G. E. (2010). The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation*, 143, 1317-1328.
- Lindenmayer, D. B., Piggott, M. P., y Wintle, B. A. (2013). Counting the books while the library burns: why conservation monitoring programs need a plan for action. *Frontiers of Ecology and the Environment*, 11(10), 549-555.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

- RESUMEN Llambí, L. D. (2018). *Memorias del Taller. Diversidad y Funcionamiento de Ecosistemas Andinos de Colombia en Escenarios de Cambio Ambiental: Hacia un sistema integrado de monitoreo* (Informe Técnico). Bogotá D. C.: IDEAM. 26 pp.
- PALABRAS CLAVE
- ABSTRACT Llambí, L. y Llambí, L. D. (2000). A Transdisciplinary Framework for the Analysis of Tropical Agroecosystem Transformations. En Higgins, V., Lawrence, G. y Lockie, S. (Eds). *Environment, Society and Natural Resource Management: theoretical perspectives from Australasia and the Americas*. Pp: 53-70. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- KEY WORDS
- INTRODUCCIÓN Nichols, J. D. y Williams, B. K. (2006). Monitoring for Conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 668-673.
- METODOLOGÍA
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Mathez-Stiefel, S. L., Peralvo, M., Báez, S. et al. (2017). Research Priorities for the Conservation and Sustainable Governance of Andean Forest Landscapes. *Mountain Research and Development*, 37(3), 323-339.
- AGRADECIMIENTOS Márquez, R., Bianchi, G., Isasi-Catalá, E., Ruíz-Gutiérrez, V. y Goldstein, I. (2017). *Guía para el Monitoreo de la Ocupación del Oso Andino*. Bogotá, D.C.: Andean Bear Conservation Alliance, Wildlife Conservation Society.
- REFERENCIAS
- SOBRE LOS AUTORES Medina, M. M., Varela, A. y Martínez, C. (2009). Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: *Espeletia* sp.) por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). *CESPEDESIA*, 32, 90-91.
- Morales, M., Armenteras, D. (2013). Estado de Conservación de los Bosque de Niebla de los Andes Colombianos, un Análisis Multiescalar. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 17(1), 64-72.
- Quintero, E., Benavides, A. M., Moreno, N. y González-Caro, S. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia*. Medellín: Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe- Programa Bosques Andinos (COSUDE). 542 pp.
- Rabatel, A., Ceballos, J. L., Micheletti, N. et al. (2017). Toward an imminent extinction of Colombian glaciers? *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*. DOI: 10.1080/04353676.2017.1383015.
- Rangel-Ch., J. O. (2000). La región paramuna y franja aleadaña en Colombia En Rangel-Ch., J.O. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica III: La región de vida paramuna*. Pp. 1–23. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Instituto Alexander von Humboldt.
- Rueda, J. A., Benavides, J. C., Duque, A. (2015). *Protocolo de Monitoreo de Ciclo del Carbono en Alta Montaña* (Informe Técnico). Medellín: Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), IDEAM. 42 pp.
- Ruiz-Carrascal, D. (2016). Poleka Kasue Mountain Observatory, Los Nevados Natural Park, Colombia. *Mountain Views*, 10(2), 17-20.
- Salinas, C., Stella, L. y Hernández, L. (2013). Caracterización de los lepidópteros fitófagos asociados a la herbivoría de frailejones en la microcuenca de la quebrada Calostros del Parque Nacional Natural Chingaza. *Revista Mutis*, 3(1), 1-22.
- Sarmiento, C. y León, O. (2015). *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 156 pp.

- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P. y Zapata J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica*, 2(1), 122-145.
- Sierra, C. A., Mahecha, M., Poveda, G. et al. (2017). Monitoring ecological change during rapid socio-economic and political transitions: Colombian ecosystems in the post-conflict era. *Environmental Science and Policy*, 76, 40-49.
- Tilman, D., Isbell, F. y Cowles, J. M. (2014). Biodiversity and ecosystem functioning. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 45, 471-493.
- Turner, M. G., Gardner, R. H. y O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. New York: Springer-Verlag.
- Vallejo, M. I. y Gómez, D. I. (2017). Marco conceptual para el monitoreo de la biodiversidad en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica*, 2(1), 1-47.
- van der Hammen, T., Pabón, J.D., Gutiérrez, H. y Alarcón, J.C. (2002). El Cambio global y los ecosistemas de alta Montaña. En Castaño-Uribe C. (Ed). *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor*. Pp: 163-209. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, Ideam, PNUD.
- Vos, P., Meelis, E., Ter Keurs, W. J. (2000). A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. *Environmental Monitoring and Assessment*, 61, 317-344.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

SOBRE LOS AUTORES

Luis Daniel Llambí

Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas
Universidad de los Andes, Venezuela
ldllambi@gmail.com

María Teresa Becerra

Independiente
mtbecerra@gmail.com

Manuel Peralvo

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina
manuel.peralvo@condesan.org

Andrés Avella

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
eavella@humboldt.org.co

RESUMEN **Martín Baruffol**

PALABRAS CLAVE Kew Botanical Gardens

ABSTRACT martin.baruffol@gmail.com

KEY WORDS **Liz Johanna Díaz**

INTRODUCCIÓN Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)

METODOLOGÍA ljdz@ideam.gov.co

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES Citación sugerida

AGRADECIMIENTOS

Llambí, L. D., Becerra, M. T., Peralvo, M., Avella, A., Baruffol, M., Díaz, L.D. (2019). Construcción de una Estrategia para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia.

REFERENCIAS

Biodiversidad en la Práctica, 4(1), 150-172.

SOBRE LOS AUTORES