

---

# Identificación comunitaria

---

de motores de transformación  
y pérdida de biodiversidad en el páramo  
de Rabanal, Boyacá, Colombia

---

Community identification of drivers of biodiversity  
changes in the Rabanal paramo, Boyacá, Colombia

**Fernando Corbelle Cacabelos**

**Sonia Liliana Guzmán Vargas**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Proyecto Expediciones Boyacá Bio, Tunja, Boyacá, Colombia  
fernando.corbelle@gmail.com; iilianaguzmanv@gmail.com

---

### Resumen

En las últimas décadas, el interés por el estudio de los fenómenos antrópicos que afectan a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos ha cobrado interés y viene siendo foco de investigaciones por parte de organismos, autoridades y comunidades a nivel internacional, nacional, departamental y local. Este artículo pretende indagar en las percepciones y conocimientos de la comunidad que habita el páramo de Rabanal, de frente a las afectaciones a la biodiversidad, con el objetivo de caracterizar comunitariamente los motores de transformación y pérdida de la biodiversidad. Los principales resultados apuntan a que el páramo de Rabanal está altamente intervenido principalmente, como consecuencia del auge de la actividad minera de carbón y, en menor proporción, por actividades agropecuarias; no obstante, se evidencia la presencia de motores de cambio pertenecientes a las cinco categorías propuestas por el MEA (2005) y la PNGIBSE (MADS, 2012).

**PALABRAS CLAVE:** caracterización comunitaria; biodiversidad; servicios ecosistémicos; actividad minera.

### Abstract

In the last decades, interest in the study of anthropic phenomena that affect biodiversity and ecosystem services has gained interest and has been the focus of investigations by agencies, authorities, and communities. The Rabanal *paramo* constitutes an ecosystem in which anthropic intervention is strongly affecting due to the presence of coal mining and agro-livestock activities. This article aims to investigate the perceptions and knowledge of local population about the threats on biodiversity with the goal of achieving community characterization about these transformation engines. The main results demonstrate that the Rabanal *paramo* is highly affected as a consequence of a coal mining activity growth and, in a lower proportion, by agricultural activities; however, the presence of change engines belonging to the five categories proposed by the MEA (2005) and the PNGIBSE (MADS, 2012) is evident.

**KEY WORDS:** community characterization; biodiversity; ecosystem services; mining activity.

## 1. Introducción

Colombia se caracteriza como una región excepcional por poseer climas y ecosistemas diversos y una enorme cantidad de especies de flora y fauna que ha generado que sea reconocida mundialmente como país megadiverso. La biodiversidad va más allá de la provisión para el bienestar y los medios de vida; incluye la seguridad, la resiliencia, las relaciones sociales, la salud, las libertades, y las diversas opciones de vida y de desarrollo. Al conjunto de servicios prestados por la biodiversidad se les conoce como servicios ecosistémicos (MEA, 2005; Daily, 1997), (en adelante SE). Por lo tanto, cuando se pierde algún elemento de la biodiversidad, los ecosistemas pierden capacidad de recuperación y los servicios que prestan se ven amenazados (Andrade, 2011).

En las últimas décadas ha venido creciendo la conciencia social mundial sobre el daño, las alteraciones en el medio ambiente y el uso insostenible de los recursos renovables y no renovables. En el contexto colombiano, uno de los documentos de mayor relevancia que proporciona sustento al presente trabajo es el de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Esta es la política que enmarca y orienta, conceptual y estratégicamente, todos los demás instrumentos ambientales de gestión de la biodiversidad (políticas, normas, planes, programas y proyectos). Es, por lo tanto, la base para la conservación, la articulación intersectorial y parte fundamental en el desarrollo del país (MADS, 2012). En el departamento de Boyacá, la gobernación ha suscrito un convenio<sup>1</sup> con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) denominado 'Expediciones Boyacá Bio' que, entre otras líneas, pretende la caracterización de las amenazas y motores de

cambio que están afectando la biodiversidad y los SE en los páramos de su región.

Este artículo, por todo lo señalado, pretende identificar y caracterizar comunitariamente, desde la percepción local, los motores de transformación y pérdida de la biodiversidad (motores de cambio) en las veredas Loma Redonda (Samacá) y Firta Peña Arriba (Ráquira) del páramo de Rabanal, localizado entre los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, en la cordillera Oriental de los Andes colombianos, con el objetivo de servir de insumo en la toma de decisiones acerca de la protección del medio ambiente y la biodiversidad para los organismos pertinentes.

Para ello, además de esta introducción, el segundo epígrafe expone el marco teórico y conceptual de la investigación, el tercero hace referencia a la metodología de trabajo y herramientas utilizadas, el cuarto presenta los resultados y la discusión y análisis de estos, y, finalmente, se presentan las principales conclusiones.

## 2. Marco teórico-conceptual

La biodiversidad o diversidad biológica se define como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Además, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (ONU, 1992, art.2). Particularmente, los ecosistemas son un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales, microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (ONU, 1992, art. 2; Sukhdev *et al.*, 2008).

Los SE son aquellos que la naturaleza provee a las personas (Sukhdev *et al.*, 2008). También se definen como los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas sean económicos o

culturales (MEA, 2005). Estos existen cuando las funciones ecosistémicas (procesos biológicos, geoquímicos y físicos) son reconocidas y/o identificadas como beneficios por los seres humanos en el desarrollo de sus vidas. La prestación y el mantenimiento de estos servicios es indispensable para la supervivencia de la vida humana en el planeta, algo solo posible si se garantiza la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad (MEA, 2005). Se clasifican en cuatro grupos diferenciados según el tipo de beneficio que aportan a la sociedad así: servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de apoyo (MEA, 2005; MADS, 2012; FAO, s.f.), bajo el reconocimiento que de ellos depende el bienestar de las generaciones presentes y futuras en el planeta.

Los factores, de origen natural o antropogénico, que afectan la biodiversidad se conocen como motores de transformación y pérdida de la biodiversidad y consisten en procesos que alteran la biodiversidad, en sus manifestaciones de genes, especies y ecosistemas, en un territorio específico (MADS, 2012). Las pérdidas de biodiversidad y cambios en los SE son fuente de disminución de bienestar y causa de pobreza (MEA, 2005). Esta y otras consecuencias que, en su mayoría, están causadas por cambios en el uso del suelo, contribuyen a la desigualdad social y a la pobreza vista desde un ámbito multidimensional.

Estos factores amenazantes se pueden dar de forma directa o indirecta y son identificados como procesos que afectan (amenazan en muchas ocasiones) la biodiversidad en su ocurrencia espacial en un territorio específico, y en sus manifestaciones de genes, especies y ecosistemas (MADS, 2012). Los factores antropogénicos se pueden clasificar en dos tipos: factores de raíz o indirectos y factores próximos o directos. Los factores indirectos o de raíz ejercen su influencia por medio de los factores directos en la biodiversidad y los ecosistemas. Los

directos son los denominados por el MEA (2005) y Challenger y Dirzo (2009) como motores de cambio de la biodiversidad y consisten en transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats naturales, sobreexplotación de organismos, invasiones biológicas, contaminación y toxificación y cambio climático.

En la FIGURA 1 se representan las interacciones o sinergias que se pueden dar entre los cinco motores de cambio directos mencionados y los flujos de retroalimentación, positivos o negativos, existentes entre los motores de cambio y la oferta de biodiversidad, funciones ecosistémicas y SE. Los motores de cambio y los SE pueden manifestarse y analizarse en diferentes escalas geográficas (local, regional, nacional, internacional), pero algunos tienen mayor relevancia cuando se consideran territorios más amplios que, por ejemplo, las localidades, las cuales constituyen una división político-administrativa pero no en cuanto a biodiversidad y sus afectaciones. Al mismo tiempo, los factores indirectos inciden en la biodiversidad a través de la afectación o alteración de los factores directos.

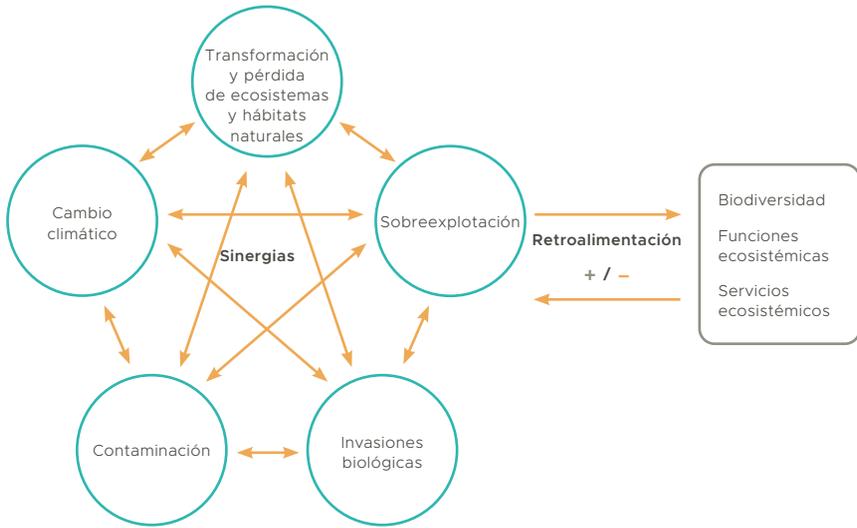
### 3. Metodología

#### 3.1 Zona de estudio

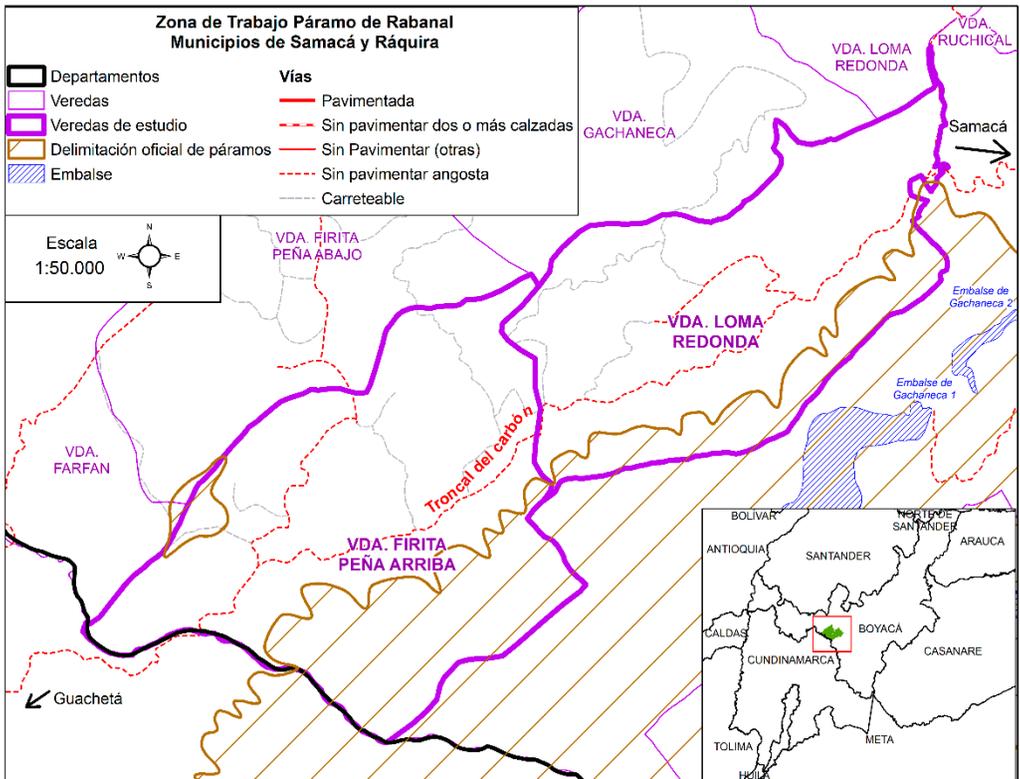
El Rabanal es un conjunto geográfico de cuchillas, bosques y zonas de subpáramos y páramo, situado entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Cubre 17.800 ha localizadas por encima de los 3.000 msnm. Comprende las zonas altas de más de 20 veredas pertenecientes a los municipios de Ventaquemada, Samacá, Ráquira, Guachetá, Lenguazaque y Villapinzón (Tapia, 2009).

Los estudios se realizaron en las veredas de Loma Redonda (Samacá) y Firita Peña Arriba (Ráquira) (FIGURA 2), donde se pueden encontrar áreas con vegetación natural, cultivos (con mayor presencia de papa), ganadería (IAvH *et al.*, 2008a) y minería de carbón y procesamiento de coque.

**FIGURA 1** Modelo conceptual de relación entre los motores de cambio, la biodiversidad y los SE  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN CHALLENGER Y DIRZO (2009)



**FIGURA 2** Ubicación de las veredas Loma Redonda (Samacá) y Firita Peña Arriba (Ráquira)  
FUENTE: EQUIPO DE CIENCIA PARTICIPATIVA INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, PROYECTO EXPEDICIONES BOYACÁ BIO



Dentro del área de manejo a que hace referencia el Plan de Manejo Ambiental (PMA) de Rabanal, se encuentran ecosistemas de páramo, humedales y embalses, praderas, bosques andinos, zonas dedicadas a la agricultura y la ganadería, y áreas de extracción de carbón mineral y procesamiento de coque (IAvH *et al.*, 2008b). Según Tapia (2009), el área de coberturas de bosques andinos y altoandinos, rastrojos y matorrales asociados al páramo de Rabanal es la de mayor extensión con aproximadamente 13 mil hectáreas; las zonas destinadas a usos agropecuarios y mineros, conjuntamente, abarcan cerca de 10 mil hectáreas, el área de páramo ocupa cerca de 4 mil hectáreas y las plantaciones forestales de especies exóticas (en su mayoría pino y eucalipto) rondan las mil hectáreas.

### 3.2 Fase de campo

La metodología aplicada para el trabajo con la comunidad está basada en los principios de la ciencia participativa que es aquella caracterizada por la participación consciente y voluntaria de los ciudadanos, que generan grandes cantidades de datos, y su objetivo se basa en encontrar resultados de utilidad social (Sarukhán y Galindo, 2017). Se diseñaron herramientas metodológicas para obtener y contrastar información con la comunidad en un diálogo de saberes que generó conocimiento y aprendizaje para ambas partes, comunidad local e investigadores.

Un conjunto de herramientas se aplicó de forma grupal en talleres con la comunidad. Es el caso de “*la lluvia de ideas sobre qué es el páramo y cuál es su importancia*”, adaptación metodológica de Geilfus (2002: 33) y Santo Domingo (2011); “*la cartografía social sobre coberturas y especies*”, adaptación del mapa de recursos naturales y uso de la tierra de Geilfus (2002: 63); y “*la matriz de SE*”, adaptación de la matriz utilizada por Rojas *et al.* (2015: 142), combinada con la matriz de priorización de problemas de Geilfus (2002). Los talleres realizados contaron con la participación de unas 35 personas.

Otro grupo de herramientas se diseñó para su aplicación de forma individual o con grupos focales. Es el caso de la entrevista semiestructurada y de la herramienta ‘la casita’ adaptación de Navarrete y Sánchez (2013), cuyo objetivo es indagar en el origen y destino de los recursos (naturales) del entorno que utiliza la comunidad, su estado y amenazas así como identificar SE. Adicionalmente, se obtuvo información de entrevistas libres o no estructuradas y de diarios de campo. Se realizaron 14 casitas, algunas de ellas en grupos familiares y 31 entrevistas semiestructuradas individuales.

### 3.3 Sistematización de resultados

La información de las herramientas aplicadas fue sistematizada en matrices. En un primer paso, se organizaron matrices por tipo de herramienta; en un segundo paso, se reorganizó para por temas y finalmente, el análisis se concentró en la información que reportaba amenazas o motores de cambio de la biodiversidad y los SE. La información clave está representada por las afirmaciones de los actores (participantes en los talleres, entrevistados, etc.). Posteriormente, la ‘afirmación’ se analizó bajo la mirada del marco teórico-conceptual propuesto, al tiempo que se trianguló con información secundaria.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Motores de cambio de la biodiversidad

La comunidad de Rabanal, veredas Loma Redonda y Firita Peña Arriba, ha reportado o ha colaborado en la identificación (FIGURA 3), a través de sus manifestaciones, de cinco grandes tipos de amenazas o motores de cambio directos (*direct drivers*), de la biodiversidad en función de las categorías identificadas en MEA (2005), Challenger y Dirzo (2009) y MADS (2012):

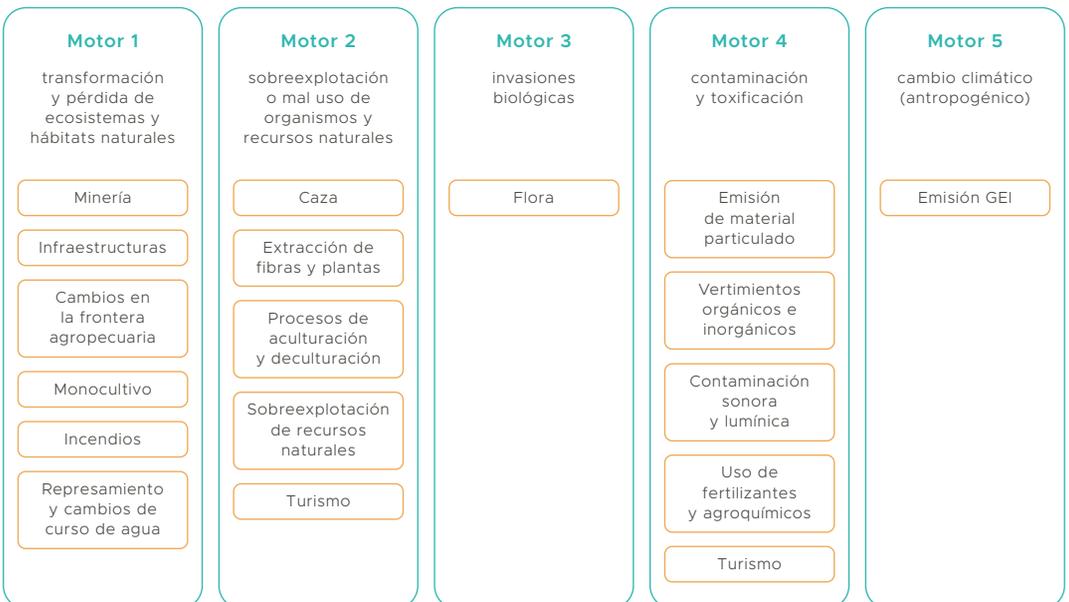
- Motor 1: transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats naturales
- Motor 2: sobreexplotación o mal uso de organismos y recursos naturales
- Motor 3: invasiones biológicas
- Motor 4: contaminación y toxificación
- Motor 5: cambio climático (antropogénico)

Dentro de estas cinco grandes categorías se encuentran diversos motores de cambio de la biodiversidad que pueden ser clasificados en uno o varios grupos dadas las interrelaciones existentes. De hecho, las principales amenazas identificadas por los profesionales en conjunto con la comunidad están vinculadas con la minería de carbón y sus actividades conexas (excavaciones, insumos necesarios, hornos de coquización, lavaderos de carbón, etc.), y la actividad agropecuaria (agricultura y ganadería), algunas de las cuales tienen cabida en varios grupos. La minería tiene mayor presencia en la vereda de Loma Redonda, por lo

que las amenazas vinculadas son más evidentes allí, mientras que las actividades agropecuarias tienen mayor peso en Firitá Peña Arriba y, por lo tanto, los motores de cambio relacionados también.

En la vereda de Loma Redonda, la comunidad expresó especial preocupación por los efectos o las consecuencias del auge de la minería de carbón en la zona y todas las transformaciones del entorno que derivan de la misma y se identifican también como motores de cambio, al igual que la propia minería. Estos efectos son la contaminación del aire, del agua, la afectación sobre la estabilidad del suelo, el reemplazo de coberturas nativas por especies introducidas funcionales a la actividad minera, (pino, eucalipto y acacia), la ruptura del tejido social y la transformación de la identidad cultural, entre otros. En el caso de la comunidad de Firitá Peña Arriba preocupan tanto los efectos generados por la minería de carbón, como los asociados a las actividades agropecuarias con especial presencia del monocultivo de papa y el uso de agroquímicos.

FIGURA 3 Principales motores de cambio de la biodiversidad identificados con la comunidad



Si bien es cierto que los cambios en el territorio y la transformación del paisaje derivados de procesos antrópicos no es un fenómeno actual (Tapia, 2009), las actividades más recientes han generado transformaciones más evidentes. Las actividades agropecuarias fueron las que incidieron en los cambios en la cobertura y usos del suelo en un primer momento, expandiendo los cultivos y la ganadería a terrenos cada vez más elevados, a partir de S. XX la industria textil primero, y la carbonera después, son las que transformaron y transforman los ecosistemas (IAvH *et al.*, 2008a). Esto constituyó un nuevo fenómeno de cambio en las fronteras agropecuarias y en los usos del suelo y también provocó cambios en la cultura y las formas de vivir de la gente (ligados al conocimiento y uso de los ecosistemas), pasando de ser una población autosuficiente en facetas como la alimentación, la construcción, el vestido, las herramientas de trabajo, los utensilios para el hogar, etc., a depender de la actividad minera y de la retribución económica proveniente de la misma. Este sector, en la actualidad, genera entre 4 y 8 mil puestos de trabajo en Boyacá, a pesar de que solo cuenta con el 2% de las reservas de carbón del país (Rosso, 2014).

El motor de cambio que supone la minería en cuanto a remoción de la cobertura vegetal y del suelo (CGN, 2009, citado en Andrade y Castro, 2012; Andrade 2011) también se manifiesta o genera interacciones y sinergias con otros motores del mismo tipo (transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats) y de otros tipos (contaminación, sobreexplotación de recursos y cambio climático).

En relación con la transformación de ecosistemas y con la remoción de la cobertura vegetal, se destaca que la industria minera requiere de espacios para la ubicación de su infraestructura. Esta consiste, principalmente, en los campamentos mineros para acoger a la gran cantidad de trabajadores del sector, emplazamientos para la construcción

de los hornos de coquización, que han tenido un gran auge en los últimos años por las dinámicas de mercados y precios internacionales de esta variedad (IAvH *et al.*, 2008a), e infraestructuras viarias necesarias para el transporte del producto.

La proliferación de hornos de coquización incrementa el motor de contaminación en varias vías. En primer lugar, se emite material particulado, lo que supone la contaminación del aire con presencia de polución, en segundo lugar, genera contaminación lumínica en las noches y, en tercer lugar, se emiten GEI derivados de la combustión lo que incide en la aceleración del cambio climático. También ejerce presión, riesgo de sobreexplotación, sobre el recurso hídrico que es utilizado para apagar la combustión del carbón dentro de los hornos, lo cual, además, incide en la contaminación ya que devuelve el agua con afectaciones a los cursos. El bombeo del agua acumulada en los socavones de las minas, por las lluvias o infiltraciones, hacia el exterior genera contaminación por presencia de metales en los cuerpos hídricos. El paso de gran cantidad de vehículos pesados para el transporte del carbón también genera contaminación del aire y emisión de GEI. La comunidad también reportó el vertimiento de 'estériles' sobre los suelos, razón a la que atribuyen la pérdida del potencial agrícola de la tierra.

Adicionalmente, la silvicultura representada por la siembra de eucalipto (*Eucaliptus* sp.) y pino (*Pinus* sp.) que supone un motor de transformación por cambios en el uso de los suelos (reconversión de praderas en bosques sembrados, en el mejor de los casos) y que está ligada a las necesidades de madera de la industria minera, genera interacción con otros motores de cambio. En primer lugar, son especies que, a pesar de no tener un comportamiento invasor agresivo, conllevan efectos alelopáticos negativos sobre otros organismos. Entre estos encontramos que dificultan el crecimiento de otras especies nativas por la

acumulación de hojarasca que no se descompone fácilmente (Cortés *et al.*, 1990 y Hofstede, 1997, citados en Hofstede, 2001) y consumen mucha agua y finalmente secan el suelo, lo cual está detrás de la pérdida de fertilidad de este (Hofstede, 2001). Por otro lado, la comunidad es consciente del servicio que prestan estas especies. El rápido crecimiento hace que el servicio ecosistémico asociado a la madera y la leña se materialicen con celeridad y, al mismo tiempo, brindan una barrera a la contaminación proveniente del material particulado, como se pudo observar en la coloración tiznada de las mismas. Adicionalmente, benefician con la captura de carbono que mitiga el cambio climático.

Un motor de cambio que no es mencionado explícitamente por la comunidad, pero que muy posiblemente también ha estado presente, tienen que ver con la deforestación. Tanto los incendios, que han sucedido con frecuencia en la última década, como las actividades de extracción de minerales con mayor impacto en la minería a cielo abierto (UNODC, 2016; MINAMBIENTE e IDEAM, 2017), forman parte de los dinamizadores del proceso de deforestación en regiones como la de los Andes.

Como ha quedado de manifiesto, las interacciones entre motores de cambio por la presencia de la actividad minera en la zona son importantes y están presentes en las percepciones de la comunidad. De todas ellas derivan afectaciones, en el sentido negativo, sobre la biodiversidad, tanto desde el punto de vista de ecosistemas como de especies que los habitan y, por supuesto, de las funciones y servicios ecosistémicos que brindan a las comunidades, siendo uno de los más afectados el recurso hídrico en las categorías de provisión y regulación.

Además de esto, la minería no puede verse como una actividad aislada, ya que genera interacciones con otras actividades presentes en la zona que, a su vez, suponen motores de cambio de la biodiver-

sidad e interactúan con otros motores. A pesar de ello, la identidad de campesinos de la comunidad consultada hizo sencillo identificar los motores de cambio relacionados con la minería pero no así con las actividades que ellos y sus ancestros vienen realizando por generaciones. La comunidad estaba acostumbrada a ampliar sus tierras de cultivo y áreas de potrero para el ganado hacia el páramo, lo cual supone una ampliación de la frontera agropecuaria y, por lo tanto, un cambio en los usos del suelo. En la actualidad existe una mayor conciencia (y hay más prohibiciones) sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas de bosque y, sobre todo, de páramo que se vincula a los SE de regulación y provisión de agua.

En lo que se refiere a los cultivos, la presencia del monocultivo de papa genera ciertos desequilibrios ecológicos (Neto, 1986, citado en Segrelles, 2001) que están detrás de la aparición de plagas por la falta de los mecanismos naturales de control (Segrelles, 2001). Al respecto, la comunidad manifestó que en climas fríos y húmedos, como los de páramo, las plagas tienen menor incidencia lo cual los hace reticentes a retirarlos de estas zonas. Adicionalmente, la comunidad manifestó preocupación porque las plantas medicinales han perdido su capacidad de sanar, toda vez que se contaminan con los agroquímicos que se usan en este cultivo.

Vinculado con esto, y relacionado con la herencia de la 'revolución verde', nos encontramos con otro motor diferente caracterizado por el uso de fertilizantes y pesticidas que tratan de frenar el avance de las plagas y de obtener unos mayores rendimientos en las cosechas. Estos agroquímicos suponen una fuente directa de contaminación para el suelo, el agua y el aire y repercuten en la estabilidad de todo el ecosistema (Segrelles, 2001), pero además, suponen una fuente de basura (vertidos inorgánicos) por la mala gestión de envases y embalajes, según manifiesta la comunidad.

La utilización de estos fertilizantes sintéticos, y las prácticas agrícolas en general, son fuentes o sumideros de emisión de GEI, lo cual supone la aceleración del cambio climático que es otro motor de transformación de la biodiversidad (Tubiello *et al.*, 2015; Saynes *et al.*, 2016). Este motor nos lleva a comentar la actividad ganadera presente en la zona. Los sistemas de producción animal, en concreto aquellos en los que hay animales rumiantes pueden ser fuentes significativas de emisiones de GEI (Tubiello *et al.*, 2015). A pesar de que la presencia de cabezas de ganado en la zona parece haber mermao en las últimas décadas, se debe tener en cuenta que los rumiantes son responsables del 30% de las emisiones anuales de metano (CH<sub>4</sub>) del mundo y que este tiene un potencial de calentamiento global 23 veces mayor que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (Casanova-Lugo *et al.*, 2016).

La actividad pecuaria está detrás de la aparición de otro motor de cambio. Hace décadas, según informó un miembro de la comunidad, se introdujo una variedad de pasto, el kikuyo (*Cenchrus clandestinum*), para substituir las variedades nativas que no cubrían las necesidades alimenticias del ganado y, por ende, no daban los rendimientos esperados. Esta especie está catalogada como de alto riesgo de invasión según Baptiste *et al.* (2010) y trae efectos alelopáticos negativos sobre la biodiversidad toda vez que puede inhibir la germinación de otras semillas porque, cuando no es consumido por el ganado, forman gruesas barreras impenetrables para éstas (Cárdenas *et al.*, 2015).

El turismo tiene el potencial de ser un generador de ingresos pero en este caso, la comunidad consultada se mostró más consciente de las externalidades negativas asociadas al mismo y de las transformaciones que provoca que de su potencial. La comunidad manifiesta la existencia de contaminación por la presencia de bolsas plásticas para delimitar los senderos, pero también supone transformaciones en el ecosistema o las

coberturas en las que se desarrolla la actividad; por ejemplo, a través de la compactación del suelo, lo cual supone o puede suponer, entre otros impactos, una alteración de la regulación hídrica.

Los procesos de aculturación como motor de cambio están relacionados con el abandono de las prácticas y técnicas culturales relacionadas con el uso o disfrute de la biodiversidad. En este caso, se relacionan con el abandono de prácticas de cacería, por concienciación y prohibición expresa, lo cual revierte en una recuperación o incremento de la biodiversidad. Este es el mismo caso de la extracción de flora para su uso como madera o leña proveniente de ecosistemas y especies nativas. Al tiempo también se produce la aculturación por la disponibilidad de productos sustitutivos a los fabricados artesanalmente con recursos provenientes de la naturaleza. El caso más evidente es el uso de determinadas especies para la construcción de las viviendas, sobre el cual se manifiesta que los tejados en paja ya nadie los sabe hacer. Un caso parecido es la extracción de quiches (familia Bromeliaceae) para la elaboración de envueltos que todavía se realiza pero cada vez menos, bien porque se está perdiendo en cierta manera el 'saber', bien por disponibilidad económica para la adquisición del producto elaborado o bien porque la cantidad de quiches se ha visto reducida, así como su tamaño, lo cual dificulta la utilización de sus hojas para esta labor.

Otros motores de transformación identificados son los cambios en los cursos de agua, los incendios y los pequeños proyectos comunitarios de agricultura orgánica. Los cambios en los cursos de agua, relacionados con la construcción de las represas Gachaneca I y II y el cambio en los cursos de los ríos por parte de la Corporación, son motores de transformación de los ecosistemas. Estos traen consigo la alteración de las condiciones naturales de flujo, calidad y pulso de las aguas que afectan humedales y ecosistemas en los planos de

inundación (Andrade y Castro, 2012) y, por ende, a las especies que habitan dichos ecosistemas, así como también afectan (aceleran) los ciclos biogeoquímicos (Machado-Allison, 2014) de dichos ecosistemas. Estas alteraciones antrópicas tienen el objetivo de incrementar el servicio ecosistémico de provisión de agua, pero este incremento solo beneficia a las poblaciones externas, incluida la población de Tunja cuyo acueducto depende de las aguas del páramo de Rabanal, en tanto que la población local reporta escasez de agua en periodos secos y competencia por el acceso al líquido; por otro lado, pueden estar generando pérdidas en otros servicios de provisión, como la alimentación a través de la pesca o de regulación hídrica, climática, de la erosión y de fenómenos o perturbaciones extremas.

Los incendios son una de las principales causas de la transformación en la cobertura terrestre que representa la deforestación (González *et al.*, 2018). Este es uno de los motores de cambio con mayor presencia a nivel mundial pero que, sin embargo, no fue reportado por la comunidad de Rabanal, a pesar de que, según González *et al.* (2018) las causas principales están relacionadas con las prácticas de manejo agropecuario y los conflictos por la tenencia de la tierra. Ninguna de éstas es evidenciada por la comunidad como detonante de los tres grandes incendios acaecidos en el páramo de Rabanal en menos de una década.

Para finalizar, y a pesar de constituir una transformación pequeña, cabe mencionar la existencia de un proyecto comunitario de agricultura orgánica a través de una huerta piloto ubicada en las cercanías de la institución educativa de la vereda Loma Redonda. Esta experiencia pretende recuperar una pequeña parte del territorio, lo cual supone un cambio en el uso del suelo, para implementar prácticas agrícolas que se habían perdido (freno a la aculturación) y se caracteriza por no utilizar agroquímicos (mitigación de la contaminación).

## 4.2 Factores indirectos o de raíz

Como se mencionó anteriormente, los factores indirectos o de raíz no suponen un motor de transformación de la biodiversidad en sí pero son fuente indirecta de estos cambios, ya que constituyen la base de las dinámicas comunitarias de una zona resultado de la toma de una serie de decisiones de las personas. Además, se debe tener presente que estos factores, al igual que los motores de cambio, tienen interacciones y sinergias entre sí, al tiempo que también las tienen con los propios motores de cambio. Estos pueden ser de varios tipos: demográficos, de gobernabilidad, económicos, tecnológicos, culturales y bióticos.

En un territorio como el analizado, marcado por la actividad minera en zonas próximas al páramo, cabe resaltar el factor biótico. Sin la existencia del mineral de carbón en el subsuelo y/o si el poder calórico de este mineral existente no fuese óptimo para su aprovechamiento, no se hubiesen dado ciertas dinámicas indirectas que revirtieron en la aparición de motores de cambio.

Algunas de estas dinámicas indirectas tienen que ver con el establecimiento de empresas mineras y el poder que han llegado a ostentar, no solo en términos de gobernabilidad sino también el poder que ejercen sobre la comunidad al ser una de las pocas fuentes de ingreso estable. Además, estas empresas utilizan la todavía existente incertidumbre sobre los procesos de delimitación de páramos para presionar a la comunidad en su beneficio con la connivencia de las autoridades locales cuyos cargos, en ocasiones, están representados por el mismo personal que ocupa la dirección de estas empresas. Y todo esto a pesar de que la Ley de Páramos es clara en que una de las prohibiciones (la primera mencionada) es la de realizar minería (Congreso de Colombia, 2018). Este poder también queda patente en la expulsión de las explotaciones mineras más tradicionales, de pequeña escala y sostenibles.

Un factor positivo está relacionado con las Corporaciones. A pesar de que su impacto o incidencia puedan ser limitadas, ejercer un papel de protección de los ecosistemas que lleva a que las empresas mineras no solo tengan que llevar a cabo acciones de restauración ecológica sino que, además, implementen procesos de mejora tecnológica en sus instalaciones lo que revierte de forma directa y positiva en la salud de sus trabajadores y de forma indirecta en la sostenibilidad del medio ambiente.

El crecimiento de la actividad minera, que está representado por el gran tamaño e importancia de las empresas afincadas en esta zona, ha generado el desarrollo de otros factores indirectos como los procesos migratorios, en la mayor parte de los casos, influenciado por factores económicos.

La inmigración tan presente en la zona está relacionada con la demanda de trabajo por parte de estas empresas y con los salarios que, a pesar de estar relacionados con una actividad remunerada a destajo, son una buena alternativa para las personas que llegan al territorio escapando de condiciones peores. Por otra parte, la emigración a las ciudades también es un fenómeno evidente. Por un lado, los jóvenes se van en busca de oportunidades mejor remuneradas que las que ofrece la minería y la agricultura en la zona. Por otro lado, los mineros artesanales y los agricultores son expulsados a través de la compra de sus predios con mecanismos engañosos como la incertidumbre sobre la delimitación de páramos.

A pesar de este proceso, o gracias a él, se ha generado el empoderamiento de lideresas jóvenes que tratan de dar la batalla en favor de la conservación y la sostenibilidad de su territorio. En las dos veredas se encontraron mujeres con cierto poder de convocatoria y que veían los cambios en las veredas, sobre todos los relacionados con la actividad minera, con preocupación.

Todos estos factores, y algunos otros como la globalización, revierten en la pérdida de la identidad cultural, uno de los factores culturales presentes. En algún caso estos cambios culturales no tienen una connotación negativa, como es el caso de los liderazgos femeninos y jóvenes, pero en otros si pueden ser vistos como tal. El nuevo equilibrio demográfico de estas veredas, caracterizado por un mayor peso de población no nativa en ellas, en conjunto con el abandono de actividades productivas tradicionales en favor de la minería, ejercen una gran presión sobre la identidad (cultural) campesina, es decir, sobre sus tradiciones, prácticas, saberes y formas de vestir, entre otras.

La mayor presencia de productos sustitutivos a los artesanales anteriormente utilizados, fruto, entre otras cosas, de la globalización y la mejoría en el sistema de transporte, y la facilidad para adquirirlos por la disponibilidad de un salario más estable, favorecen el abandono de la elaboración de artesanías cuya venta es más difícil por tener un costo más elevado y ser cada vez menos las personas capacitadas (con el saber) para la elaboración de las mismas.

Todos estos factores indirectos mencionados están detrás de la escasa apropiación del territorio por parte de los residentes en él, a excepción de algunos líderes y lideresas comunitarias, lo cual incide en la forma de manejar el territorio y en el aprovechamiento que se hace de él y, a su vez, en la aparición o fortalecimiento de los motores de transformación y pérdida de la biodiversidad mencionados con anterioridad.

### 4.3 Consecuencias

Las consecuencias de los motores de cambio que se pudieron evidenciar en conjunto con la comunidad son de dos tipos: ambientales y sociales. Las prácticas realizadas en la zona tienen consecuencias negativas directas sobre la biodiversidad,

ecosistemas y especies, lo cual provoca el descenso de las funciones ecosistémicas y SE brindados por estos espacios, con especial incidencia en la provisión y regulación hídricas. La contaminación, de cualquier tipo, tiene afectaciones en ecosistemas y especies (sobre todo en verano por la mayor sequía), por lo cual es considerada motor de cambio y consecuencia a la vez, al igual que los hundimientos del terreno y las filtraciones por los socavones de la minería subterránea, la caza y los incendios.

Todo esto ha provocado que se haya perdido extensión de los ecosistemas de bosque y páramo con consecuencias como el riesgo de desaparición (local) y desplazamiento de las especies que los habitan. La comunidad manifiesta la reducción o desaparición de: tinajo (*Cuniculus taczanowskii*), zorro, armadillo (*Dasyus novemcinctus*), conejo sabanero (*Sylvilagus brasiliensis*), guache (*Nasuella olivacea*), comadreja (*Mustela frenata*), venado de cola blanca (*Odocoileus Virginianus*), torcaza (*Zenaida auriculata*), águila (*Geranoaetus melanoleucus*) y oso (*Tremarctos ornatus*) en cuanto a fauna; e injertos (*Dendrophthora clavata*), cola de caballo (*Equisetum* sp.), árnica (*Arnica* sp.) y quiches (familia Bromeliaceae), entre otras, en cuanto a flora.

Las consecuencias sociales identificadas son de cuatro tipos: conflictos sociales por el uso de los recursos, deterioro de la salud de la comunidad, cambios en la tenencia de la tierra que conlleva al abandono de la región de las comunidades tradicionales y llegada de población foránea, y el deterioro de las condiciones de las viviendas. Todos ellos producen un descenso en el bienestar de la comunidad y reducción de los SE.

La conflictividad se da en torno al recurso hídrico. Parte de la comunidad, los que habitan en las zonas bajas de la vereda, priorizan los usos personales frente a los usos para las actividades productivas (minería y agricultura), comporta-

miento que no está presente en las personas que viven más cerca del páramo. Estas personas, las que habitan cerca del páramo, tienen conflicto por el agua con la industria minera y, en menor medida, con los usos agropecuarios porque en gran medida son su fuente de sustento.

El deterioro en la salud de las personas es mencionado por varios vecinos de la zona. En la vereda Loma Redonda, un vecino manifiesta que empieza a haber enfermedades respiratorias tanto en las personas que laboran en las minas como en las que lo hicieron en algún momento. También se manifiestan estas consecuencias vinculadas a la actividad agrícola, específicamente por el uso de agroquímicos, la población percibe que en el pasado, cuando no se fumigaba, había menos problemas de salud. La minería, además de las enfermedades respiratorias, está detrás de otras musculoesqueléticas derivadas del escaso espacio dentro de las minas que obliga a los trabajadores a adoptar posturas poco ergonómicas. A pesar de esto, según manifiesta con preocupación la comunidad, es muy difícil demostrar ante las autoridades sanitarias este vínculo por lo cual ni las instituciones, ni las empresas mineras están obligadas a asumir responsabilidad.

La última de las consecuencias sociales identificadas está relacionada con los hundimientos del terreno y los efectos que esto produce en las viviendas (inestabilidad y fracturas en la estructura), con el consiguiente descenso en el bienestar de las familias que allí viven. Estas consecuencias hace tiempo que son advertidas, incluso gobiernos anteriores habían elaborado guías para la prevención y mitigación de los impactos de la minería de carbón mediante túneles que advertían de estas consecuencias (MME *et al.*, 2002a; MME *et al.*, 2002b). A pesar de ello parece que los hundimientos del terreno por extracción de mineral y fallas en el manejo de los pilares siguen presentes en la zona.

## 5. Conclusiones

Siguiendo la tendencia a nivel mundial sobre la importancia del análisis de las amenazas o motores de cambio de la biodiversidad se ha realizado el ejercicio para las veredas Loma Redonda (Samacá) y Firita Peña Arriba (Ráquira) del páramo de Rabanal, donde se evidenció que la comunidad es consciente de muchos de los motores de cambio que afectan la biodiversidad y los procesos ecológicos en su entorno, los cuales se pudieron encajar en las cinco categorías propuestas por el MEA (2005) y la PNGIBSE (MADS, 2012).

Se evidenció que las principales actividades desarrolladas en las veredas, mineras y agropecuarias, son el detonante principal para la existencia de diversos motores de transformación. Los cambios en las coberturas y usos del suelo representados por la expansión de la actividad minera y de la infraestructura necesaria para dar soporte a la misma (hornos, vías de transporte, alojamiento para los mineros, plantaciones de pino y eucalipto, etc.) suponen la presencia más destacable del motor número 1: transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats naturales.

La minería, en conjunto con las actividades agropecuarias, están presentes en la identificación del motor relacionado con la contaminación y toxificación, que tiene especial incidencia sobre los recursos hídricos y el aire, y que supone la mayor preocupación para los habitantes. El motor 2, relacionado con la sobreexplotación, tiene

su mayor exponente en el uso que se hace de los recursos hídricos por parte de la industria minera (apagado de los hornos) y con la infiltración que se produce hacia los socavones. Este motor presenta una sinergia evidente con el motor 4, relacionado con la contaminación, toda vez que el agua empleada en estos procesos o la bombeada desde el interior de las minas que es devuelta a los cauces manifiesta claros signos de contaminación.

Por otra parte, se evidenció la presencia de la especie invasora pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) con efectos alelopáticos negativos para el mantenimiento y proliferación de la flora nativa, lo cual supone un motor de transformación de la biodiversidad. No obstante, esta especie, en el corto y mediano plazo, supone una mejoría en la vida de las personas a través de un mejor rendimiento de la producción pecuaria.

Por último, la comunidad reporta el cambio climático como un proceso (inevitable) que afecta sus modos de producción y de vida, pero no se relaciona directamente con las actividades que desarrolla. Sin embargo, la presencia de abundantes hornos de coquización (y de vehículos para el transporte del mineral), de producción pecuaria y la utilización de agroquímicos en los cultivos son factores que están detrás de las emisiones de GEI causantes de la aceleración del calentamiento global y, por ende, del cambio climático en su vertiente antropogénica.

## 6. Nota

- <sup>1</sup> Convenio de Cooperación: Análisis de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos para su Aplicación en la Toma de Decisiones en el Departamento de Boyacá, Boyacá BIO. Gobernación de Boyacá, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

## 7. Agradecimientos

Los autores deseamos hacer mención especial y agradecer la colaboración de las comunidades de las veredas Loma Redonda (Samacá) y Firita Peña Arriba (Ráquira) por su disposición a participar de las herramientas implementadas que son la base de la información desarrollada en el artículo. Asimismo, agradecer a los equipos del proyecto Expediciones Boyacá Bio, tanto de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IavH), por su disponibilidad a colaborar en la obtención y depuración de la información.

## 8. Referencias citadas

- ANDRADE, G. I. y L. G. CASTRO. 2012. "Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica". *Ambiente y Desarrollo*, XVI(30): 53-71.
- ANDRADE, M. G. 2011. "Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137): 491-507.
- BAPTISTE, M. P.; CASTAÑO, N.; CÁRDENAS, D.; GUTIÉRREZ, F. P.; GIL, D. L. y C. A. LASSO. 2010. *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá DC, Colombia.
- CÁRDENAS, J.; BAPTISTE, M. P.; RAMÍREZ, W. y M. AGUILAR. 2015. *Herramienta de decisión para la gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá DC, Colombia.
- CASANOVA-LUGO, F.; RAMÍREZ-AVILÉS, L.; PARSONS, D.; CAAMAL-MALDONADO, A.; PIÑEIRO-VÁZQUEZ, A. T. y V. DÍAZ-ECHEVERRÍA. 2016. "Servicios ambientales de los sistemas agroforestales tropicales". *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 22(3): 269-284.
- CONTRALORÍA GENERAL DE LA NACIÓN (CGN). 2009. *Informe sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en Colombia*. Bogotá, Colombia.
- CHALLENGER, A. y R. DIRZO. 2009. "Factores de cambio y estado de la biodiversidad". En: J. SARUKHÁN (Eds.). *Capital Natural de México*. pp. 37-73. Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México DF.
- CONGRESO DE COLOMBIA. 27 de julio de 2018. *Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia*. [Ley 1930 de 2018]. DO: 50.667.
- CORTÉS, A.; CHAMORRO, B. y A. VEGA. 1990. "Cambios en el suelo por la implantación de praderas, coníferas y eucaliptos en un área aledaña al Embalse del Neusa (Páramo de Guerrero)". *Biol Suelo (IGAC)*, 2(1): 101-114
- DAILY G. C. 1997. "Introduction: What are ecosystem services?" En: G. C. DAILY (Ed.). *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. pp. 1-10. Island Press. Washington DC, USA.

- GEILFUS, F. 2002. *80 Herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- GONZÁLEZ, J.; CUBILLOS, A.; CHADID, M.; CUBILLOS, A.; ARIAS, M.; ZÚÑIGA, E.; JOUBERT, F.; PÉREZ, I. y V. BERRÍO. 2018. *Caracterización de las principales causas y agentes de la deforestación a nivel nacional período 2005-2015*. Programa ONU-REDD. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Bogotá, Colombia.
- HOFSTEDTE, R. G. M. 1997. *El impacto ambiental de plantaciones de Pinus en la Sierra del Ecuador. Resultados de una investigación comparativa*. Proyecto EcoPar-Universidad de Ámsterdam. Ámsterdam.
- HOFSTEDTE, R. 2001. "El impacto de las actividades humanas sobre el páramo". En: P. MENA, G. MEDINA y R. HOFSTEDTE (Eds.). *Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas*. pp. 161-185. Abya Yala / Proyecto Páramo. Quito, Ecuador.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAVH), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ (CORPOBOYACÁ), CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE CHIVOR (CORPOCHIVOR). 2008a. *Estudio sobre el estado actual del macizo del páramo de Rabanal*. Convenio Interadministrativo no. 07-06-263-048 (000404). Mayo de 2008. Disponible en: <http://fauna.corpochivor.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Estudio-del-estado-actual-del-paramo-de-Rabanal.pdf>. [Consulta: octubre, 2018].
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAVH), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ (CORPOBOYACÁ), CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE CHIVOR (CORPOCHIVOR). 2008b. *Plan de manejo ambiental del macizo del páramo de Rabanal. Componente Programático*. Convenio Interadministrativo no. 07-06-263-048 (000404). Junio de 2008. Disponible en: <http://fauna.corpochivor.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Estudio-del-estado-actual-del-paramo-de-Rabanal.pdf>. [Consulta: octubre, 2018].
- MACHADO-ALLISON, A. 2014. "Sobre las amenazas de transformación de los ecosistemas acuáticos en Venezuela". *Tribuna del investigador*, 15(1-2). Disponible en: <https://www.tribunadelinvestigador.com/ediciones/2014/1-2/art-10/>. [Consulta: octubre, 2018].
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington DC, USA.
- MINISTERIO DE AMBIENTE y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). 2012. *Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos - PNGIBSE*. Disponible en: [http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE\\_espa%C3%B1ol\\_web.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE_espa%C3%B1ol_web.pdf). [Consulta: marzo, 2018].
- MINISTERIO DE AMBIENTE y DESARROLLO SOSTENIBLE (MINAMBIENTE) e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2017. *Bosques territorios de vida: estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques (EIGDCB)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia. Disponible en: [https://redd.unfccc.int/files/eicdgb\\_bosques\\_territorios\\_de\\_vida\\_web.pdf](https://redd.unfccc.int/files/eicdgb_bosques_territorios_de_vida_web.pdf). [Consulta: octubre, 2018].

- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (MME) y MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2002a. *Guía minero-ambiental. Explotación*. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/416798/explotacion.pdf>. [Consulta: noviembre, 2018].
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (MME) y MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2002b. *Guía minero-ambiental. Explotación*. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/416798/explotacion+3.pdf>. [Consulta: noviembre, 2018].
- NAVARRETE, M. P. y E. SÁNCHEZ. 2013. *Autodiagnósticos productivos corredor de conectividad: nodo Colorados, veredas Media Luna, Raiceros y Reventón*. Programa Paisajes de Conservación. Patrimonio Natural. Bogotá DC, Colombia.
- NETO, F. G. 1986. *Questão agrária e meio ambiente: crítica da moderna agricultura*. Brasileiraense. São Paulo, Brasil.
- OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS CONTRA LA DROGA y EL DELITO (UNODC). 2016. *Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota*. Gobierno de Colombia, Ministerio de Justicia y del Derecho, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Minas y Energía. Colombia. Disponible en: [https://www.unodc.org/documents/colombia/2016/junio/Explotacion\\_de\\_Oro\\_de\\_Aluvion.pdf](https://www.unodc.org/documents/colombia/2016/junio/Explotacion_de_Oro_de_Aluvion.pdf). [Consulta: octubre, 2018].
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN y LA AGRICULTURA (FAO). (sf). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. Disponible en: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>. [Consulta: mayo, 2018].
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). 1992. *Convenio sobre la Diversidad Biológica. Convención sobre diversidad biológica*. Río de Janeiro, 5 de junio de 1992. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>. [Consulta: junio, 2018].
- ROJAS, A.; OSEJO, A.; DUARTE, B.; FRANCO, B. y T. MENJURA. 2015. *Guía de trabajo con comunidades de páramo: propuesta metodológica de Investigación Acción Participativa (IAP) aplicada con dos comunidades campesinas de los páramos de Guerrero y Rabanal*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá DC, Colombia.
- ROSSO, J. W. 2014. "Organizational structure for coal mine in Boyacá". *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 22(1): 169-187.
- SANTODOMINGO, A. F. 2011. *Sistema cultural y uso del territorio en la vereda multicultural El Madroño, Bajo Río Caquetá, Amazonas, Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Tesis de Pregrado.
- SARUKHÁN, J. y C. GALINDO. 2017. Ciencia ciudadana para una nueva generación. 9<sup>a</sup> Conferencia Internacional sobre Enseñanza Vivencial e Indagatoria de la Ciencia, 'Educación en Ciencias para el Siglo XX'. Innovación en la Enseñanza de la Ciencia- INNOVEC. (4 y 5 de diciembre). México.
- SAYNES, V.; ETCHEVERS, J. D.; PAZ, F. y L. O. ALVARADO. 2016. "Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México". *Terra Latinoamericana*, 34(1): 83-96.
- SEGRELLES, J. A. 2001. "Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina". *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 92. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-92.htm>. [Consulta: septiembre, 2018].
- SUKHDEV, P.; BISHOP, J.; TEN BRINK, P.; GUNDIMEDA, H.; KAROUSAKIS, K.; KUMAR, P.; NEĚSHÖVER, C.; NEUVILLE, A.; SKINNER, D.; VAKROU, A.; WEBER, J. L.; WHITE, S. y H. WITTMER. 2008. *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad*. Comunidades Europeas. Cambridge, Reino Unido. Disponible en: <http://www.teebweb.org/media/2008/05/TEEB-Interim-Report-Spanish.pdf>. [Consulta: abril, 2018].

- TAPIA, C. 2009. *Plan participativo de manejo y conservación del macizo del Páramo Rabanal*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – IAvH. Bogotá, Colombia.
- TUBIELLO, F. N.; CÓNDOR-GÓLEC, R. D.; SALVATORE, M.; PIERSANTE, A.; FEDERICI, S.; FERRARA, A.; ROSSI, S.; FLAMMINI, A.; CARDENAS, P.; BIANCALANI, R.; JACOBS, H.; PRASULA, P. y P. PROSPERI. 2015. *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. Roma, Italia: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF>. [Consulta: octubre, 2018].