

---

## Vulnerabilidad en la Oferta de Servicios Ecosistémicos (SE) y la Conservación de la Biodiversidad en Antioquia

*Vulnerability in the Offer of Ecosystem Services (SE) and the Conservation of Biodiversity in Antioquia.*

Por: <sup>i</sup>Zorayda Restrepo Correa y <sup>ii</sup>Alejandra María Muñoz Rivera <sup>iii</sup>Guberney Muñetón Santa

---

### Resumen

La constante demanda de área para la producción y uso de Servicios Ecosistémicos, como consecuencia de la creciente población y consumo de recursos, conlleva a la pérdida de bosques y el declive de la biodiversidad. Con el objetivo de determinar el posible futuro de los bosques y la biodiversidad en el departamento de Antioquia (Colombia). En este artículo analizamos variables que generan presiones a los ecosistemas y su relación con las estrategias de conservación a través de áreas protegidas.

Para conocer la conexión entre el mantenimiento de la oferta de Servicios Ecosistémicos, los incrementos entre los sectores productivos y algunas medidas de disminución de los servicios, dividimos las variables en tres grupos: i.) Variables para cuantificar la oferta de servicios de los ecosistemas; ii.) Variables de desarrollo económico; iii.) Variables de medición de la pérdida de funciones ecosistémicas. Mediante el uso de mapas de las subregiones de Antioquia, se pudieron conocer los porcentajes de ocupación de Servicios Ecosistémicos, entre ellos, la provisión de maderas y alimentos, la regulación (mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>, seguridad hídrica y fertilidad del suelo) y los servicios culturales (representatividad natural).

Encontramos, a partir de todas las variables de consumo de Servicios Ecosistémicos consideradas, que ninguna variable presenta mayor peso respecto a las demás y que parece existir una relación entre pérdidas y ganancias de bosques con los niveles de las estrategias de conservación: en las subregiones donde las medidas de preservación son estrictas se presentan ganancias de bosque; y, por el contrario, en las subregiones donde predominan estrategias de desarrollo sostenible, como los Distritos de Manejo Integrado –DMI–, son constantes y mayores las tasas de deforestación. Los resultados obtenidos indican que los ecosistemas estratégicos son muy vulnerables al desarrollo económico y que las políticas de planeación del territorio fundamentadas en áreas protegidas con carácter de conservación estricta son una estrategia apropiada para disminuir las pérdidas de diversidad y el consecuente desabastecimiento de Servicios Ecosistémicos esenciales para la humanidad, como lo son la seguridad hídrica, el clima sostenible y el equilibrio global.

**Palabras clave:** bosques, producción, Servicios Ecosistémicos, áreas protegidas, pérdida de funciones, deforestación, vulnerabilidad.

### Abstract

The constant demand of area for the production and use of Ecosystem Services, as a consequence of the growing population and consumption of resources, determines the losses of forests and the decline of biodiversity. In order to determine the possible future of forests and biodiversity in the department of Antioquia (Colombia), in this article we analyze variables that

generate pressures on ecosystems and their relationship with conservation strategies through protected areas.

To know the link between maintaining the supply of ecosystemic services, productive clusters increase, and some actions to reduce such services, we divide the variables into three groups: i.) Variables to quantify the supply of ecosystemic services; ii.) Economic development variables; iii.) Variables for measuring the loss of ecosystemic functions. Through the use of maps of the subregions of Antioquia, it was possible to know the occupancy rates of ecosystemic services as follows: deforestation and the loss of food provision services, regulation (mitigation of CO<sub>2</sub> emissions, water supply provision and fertility of soil) as well as cultural (natural representativeness).

We found, from all the variables of consumption of ecosystemic services considered, that no variable has a greater weight in relation to the others and that there seems to be a relationship between losses and gains of forests driven by the levels of the conservation strategies, since, in the subregions where the preservation measures are strict, forest gains are present; and, on the contrary, in subregions where sustainable development strategies predominate, such as the Integrated Management Districts –DMI–, deforestation rates are constant and higher. The results obtained indicate that the strategic ecosystems of the planet are very vulnerable to economic development and that territorial planning policies based on protected areas with a strict conservation nature are an appropriate strategy to reduce diversity losses and the consequent shortage of ecosystemic services, essential for humanity such as water supply provision, sustainable climate and global equilibrium.

**Key words:** forests, production, ecosystem services, protected areas, loss of functions, deforestation, vulnerability.

## Introducción

La biodiversidad se reconoce como la expresión de las formas de vida del planeta y su posibilidad de brindar la base para mejorar la vida y el bienestar de los seres humanos. Así, los beneficios de la biodiversidad en la vida humana son llamados servicios ecosistémicos –SE–. En dicho contexto, uno de los desafíos actuales del mundo es contar con la disponibilidad y el acceso a múltiples servicios ecosistémicos, entre los esenciales: alimentos saludables, agua limpia y aire puro (Arico et al., 2001), además de considerar el valor intrínseco de las especies no humanas que habitan el planeta. No obstante, el esquema de crecimiento económico actual depende del combustible fósil y explotación de recursos naturales que, anudado al aumento de la población, tiene implicaciones que deterioran los SE y ponen en riesgo la estabilidad de la humanidad (Raudsepp-Hearne, Peterson, & Bennett, 2010). Por consiguiente, una relación necesaria en la discusión es aquella dada entre bosques, producción económica y SE; ya que, el esquema de producción económica sostiene el estándar de vida de la humanidad, mientras se deterioran los bosques y con ello los SE. Por ejemplo, es común que la producción agrícola y pecuaria desplaze la diversidad biológica, se prefiere la expansión de la frontera agrícola para el abastecimiento alimentario, en detrimento de los sistemas naturales.

En este contexto, la conservación de los ecosistemas estratégicos ha tomado fuerza en todo el mundo en los últimos cuarenta años. Iniciando con la cumbre de la tierra de 1972, primera conferencia sobre el medio ambiente y el desarrollo con propuestas para disminuir la contaminación asociada a los costos de oportunidad de la industrialización. En 1987, con el informe de la Naciones

Unidas: Nuestro Futuro Común, conocido como informe Brundtland, se planteó el concepto de desarrollo sostenible con miras a proteger las generaciones futuras de la degradación ambiental, manteniendo la capacidad para satisfacer las necesidades presentes. Así, comienza la preocupación por la conservación ambiental que requiere una transformación del sistema de producción. En 1992 las Naciones Unidas en su conferencia sobre el medio ambiente y el desarrollo se planea un nuevo modelo económico con el convenio sobre la diversidad biológica y la convención sobre el cambio climático. Las discusiones llevan al plan estratégico para la diversidad biológica 2011-2020 y, los objetivos de desarrollo sostenible 2030 declarados en la asamblea de las Naciones Unidas del 2015. Ambos tienen una orientación hacia ecosistemas resilientes, provisión de servicios ecosistémicos y logros en bienestar humano, iniciando con la erradicación de la pobreza extrema pues la degradación de los SE afecta más a la población pobre y se considera como una de las principales causas de la pobreza (FAO, 2018). Ahora bien, en la práctica, la implementación de los acuerdos queda a discreción de los gobiernos, quienes se enfrenan a restricciones políticas, sociales y económicas; incluidas las técnicas para hacer seguimiento y evaluación a los procesos.

En Colombia el convenio para la biodiversidad biológica se recoge con la ley 165 de 1994, mediante la cual se implementa un sistema de áreas protegidas. Además, el país, con su ministerio del medio ambiente, emite en 2012 la política nacional para gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, la cual insta por la gestión territorial para el desarrollo sostenible basada en un sistema nacional de áreas protegidas. La declaratoria de áreas protegidas es actualmente una de las principales acciones

de conservación de ecosistemas, así como el surgimiento y/o afianzamiento de estrategias complementarias de conservación y manejo de la biodiversidad. Sin embargo, las áreas de conservación han sido criticadas porque resultan ser insuficientes para cumplir la doble función: conservación ambiental y mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar (Rincon, 2017; Thapa, 2013; Ferraro, 2010; Upton et al., 2008); así, son requeridos planteamientos que integren de forma eficiente la conservación de la biodiversidad con el desarrollo sustentable (Halffter, 2002; Zabel et al., 2019), principalmente en los procesos productivos mineros, la explotación de hidrocarburos y, la construcción y operación de infraestructura y megaproyectos.

Ahora bien, en el departamento de Antioquia, Colombia, existen pocas evidencias cuantitativas sobre cómo diferentes acciones derivadas del modelo del desarrollo pueden estar ligadas con el desabastecimiento de los SE que proveen los bosques, como lo son el agua limpia, suelo fértil, aire puro y clima estable, entre otros. Sin embargo, es claro que, dadas las tasas de deforestación de los ecosistemas actuales, la provisión de estos servicios en el futuro está sujeta a una alta vulnerabilidad (Costanza et al., 2014). Además, los actos administrativos que reglamentan el uso de los paisajes y la explotación de los recursos para mantener la permanencia de estos servicios en el tiempo, aún no es clara en los territorios y, también, se requiere delimitar las reservas de bosques necesarias para mantener la provisión de servicios básicos para la población que habita en estos espacios (Raudsepp-Hearne et al., 2010).

Al respecto, el objetivo del presente artículo es aportar a la discusión de la vulnerabilidad de los SE en el departamento de Antioquia. Se evalúa la relación entre la oferta de SE

y sus usos, con la pérdidas/ganancias de bosques en el tiempo. Además, se analiza la relación entre los tipos de áreas protegidas y, la pérdida y ganancia de ecosistemas boscosos en este territorio. Igualmente, se propone una medida de la vulnerabilidad en la oferta de SE. La investigación asume que los bosques son ecosistemas que aportan Servicios Ecosistémicos fundamentales para la humanidad; que las reservas y territorios comprendidos en el Sistema de Áreas Protegidas de Antioquia –SIDAP– son una medida política y administrativa específica y efectiva de planeación del uso del territorio para la preservación de la biodiversidad; y que es posible establecer una misma unidad de medida para obtener la relación entre vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos y conservación de la biodiversidad, en las subregiones del departamento de Antioquia.

## **Materiales y métodos**

Para establecer la medida de ocupación de las diferentes variables en cada subregión, comparamos la proporción entre éstas, a partir de la suma del área de los polígonos o la cantidad de píxeles para el caso de los mapas tipo ráster. Posteriormente, estos valores se convirtieron en unidades de área (ha) y unidades porcentuales, con el fin de comparar el nivel de ocupación de cada variable, proporcionalmente para cada subregión. Todas las variables consideradas fueron espacializadas en cada una de las subregiones de Antioquia, mediante la aplicación de la herramienta digital ArcMAP 10.7.

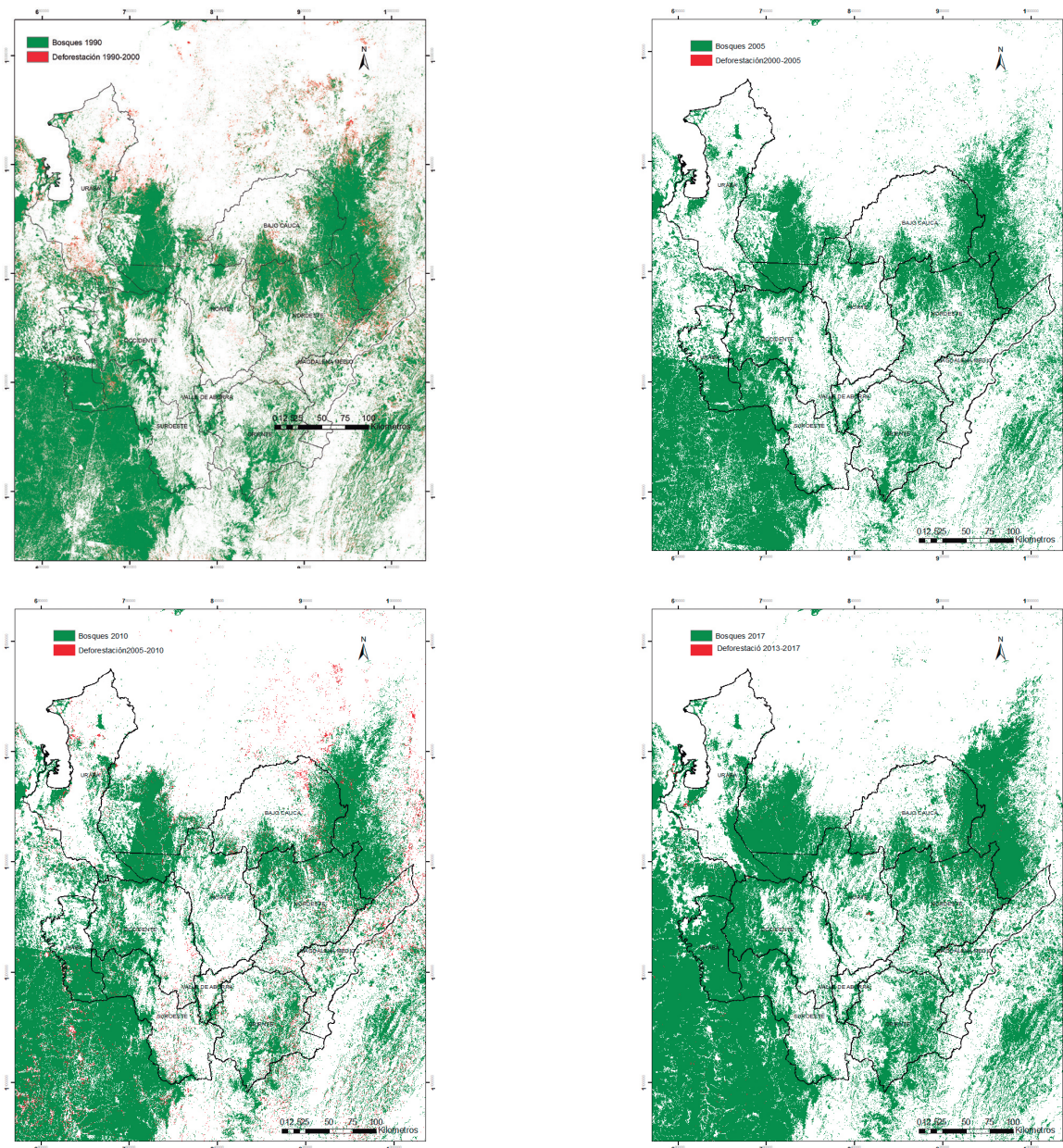
### **1. Determinación de pérdidas y ganancias de ecosistemas estratégicos de Antioquia a partir del estado de los bosques en las subregiones del departamento**

Para calcular el estado de conservación general de los bosques de Antioquia, aplicamos la definición de bosque del IDEAM

y utilizamos información pública de capas de coberturas vegetales en formato ráster, disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC– (<http://www.ideam.gov.co/web/siac/catalogo-de-mapas>). Para el análisis del porcentaje registrado de bosques y su pérdida de cobertura, se utilizó información sobre el

área de las coberturas boscosas de los años 1990, 2000, 2010 y 2017. Se asume la deforestación como la diferencia negativa en la cantidad de bosque entre dos periodos de tiempo. Como resultado, estimamos la pérdida de bosques durante el período 1990-2017 en el departamento de Antioquia (Colombia) (Figura 1).

**Figura 1. Cobertura de bosques en Antioquia en los años 1990, 2000, 2010 y 2017**



## 2. Cobertura de las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad en Antioquia.

Para delimitar las coberturas destinadas a la conservación de la biodiversidad en Antioquia, se consideraron aquellos espacios geográficos y/o ecosistemas, de carácter nacional o regional, cuya declaratoria y administración está formalizada bajo figuras legales de protección y administración, por parte de entidades públicas –nacionales y regionales– y organizaciones de la sociedad civil. Estas áreas protegidas establecen, desde su declaratoria, restricciones en el uso del suelo para lograr objetivos específicos de conservación de la biodiversidad y determinan las actividades humanas que están permitidas para no afectar la composición y función de los ecosistemas.

En este sentido, se usaron los datos de áreas protegidas que hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y el Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), a partir de las cuales se estructuró una base de datos para Antioquia, con las siguientes siete categorías de áreas protegidas: Área de Recreación Parque Ecológico (ARPE), Parque Nacional Natural (PNN), Parque Natural Regional (PNR), Reserva Natural Regional (RNR), Reserva Forestal Protectora Regional (RFPR), Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) y Distritos de Manejo Integrado (DMI), en su categoría de administración nacional y regional. Estas categorías de conservación se agruparon en dos conjuntos:

- **Distritos de Manejo Integrado –DMI–**, figura que agrupa los Distritos de Manejo Integrado (DMI) y el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI). Esta es la categoría más amplia para las áreas protegidas y de manejo especial, en la cual se reconocen objetivos específicos de conservación de la biodiversidad y sus

Servicios Ecosistémicos, y a la vez, dentro de los criterios de desarrollo sostenible, se permite la ordenación, la planificación y el uso de los recursos naturales.

- **Áreas protegidas**, figura que agrupa el conjunto de las demás áreas protegidas, declaradas con objetivos más estrictos de conservación y uso, bajo diferentes categorías de manejo, principalmente las siguientes cuatro: Reservas Forestales Protectoras, Parques Naturales Regionales, Áreas de Recreación y Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

La información se consolidó en una base de datos, en la cual se detalla para cada registro: la categoría de declaratoria de las cinco figuras de conservación mencionadas anteriormente, la superficie en hectáreas, los municipios en los cuales se localiza, la subregión de Antioquia en la cual se encuentra y la jurisdicción de la autoridad ambiental correspondiente. A cada registro se le denomina área protegida. Para verificar y completar esta información, consultamos el Registro Único Nacional de Áreas protegidas (RUNAP), las publicaciones específicas en esta materia de la Gobernación de Antioquia y de las autoridades ambientales regionales –Corantioquia, Corpourabá, Cornare y Área Metropolitana del Valle de Aburrá–. Es necesario resaltar que en este análisis no se incluyeron otras estrategias de conservación en consolidación, como los Sistemas Locales de Áreas protegidas (SILAP) y las áreas protegidas bajo la implementación del artículo 111 de la Ley 99 de 1993, que decreta la asignación de recursos municipales y departamentales para la protección de cuencas hidrográficas abastecedoras de agua para acueductos públicos y comunitarios.

## 3. Relación entre variables de consumo y Servicios Ecosistémicos: medidas de vulnerabilidad

Para analizar la vulnerabilidad en la oferta de Servicios Ecosistémicos de provisión de alimentos, regulación (mitigación de emisiones de CO<sup>2</sup>, seguridad hídrica y fertilidad del suelo) y cultura (representatividad natural), nos enfocamos en resaltar la relación entre la presencia de bosques y/o su pérdida, medidos a través de variables de consumo, y las acciones de ordenación del territorio, que definen las áreas protegidas (Tabla 1). La relación entre la conservación de la oferta de servicios de los ecosistemas, los incrementos del consumo por parte de los sectores productivos y la disminución de los SE, la establecimos a partir de los siguientes tres grupos de variables:

- i.) Variables para cuantificar la oferta de servicios de los ecosistemas.
- ii.) Variables de desarrollo económico.
- iii.) Variables de medición de la pérdida de funciones ecosistémicas.

#### **i.) Variables para cuantificar la oferta de Servicios de los ecosistemas.**

Se presenta la cobertura de bosque en cada una de las nueve subregiones del departamento como potencial para mitigar las emisiones de CO<sup>2</sup> a la atmósfera, mediante el secuestro de carbono, el potencial hidroenergético y la representatividad natural.

Para definir la representatividad de los ecosistemas, se utilizó el estudio del SIDAP (2014), donde se identificaron las prioridades de conservación en Antioquia; dicho estudio describe cuáles son los ecosistemas estratégicos de Antioquia, dada su variación geográfica y climática, y las diferentes ecorregiones, biomas y comunidades de especies con las que se cuenta. En esta medida, el estudio de prioridades definió biorregiones para localizar las zonas con mayor concentración de especies, para conformar la diversidad regional.

A partir de las prioridades nacionales de conservación y de la directriz internacional de la Convención de la Diversidad Biológica de conservar como mínimo el 17% de los ecosistemas, el estudio delimitó unas áreas calificadas como irrenunciables, por lo que son consideradas de alta importancia para conservar (González-Caro et al., 2014). Así mismo, se localizaron las áreas protegidas bajo alguna figura de protección, de acuerdo con las categorías que establece la UICN y el SIDAP.

#### **ii.) Variables de desarrollo económico.**

- La provisión de alimentos como área ocupada en agricultura y ganadería.
- **Megaproyectos:** número presentes en las subregiones, de acuerdo con la Información del Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario para Antioquia –POTA– 2017.
- **Pobreza:** establecida según el número de habitantes por región categorizados en los rangos niveles 1 y 2 del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales –SISBEN– 2014. Instrumentos de la política pública nacional para identificación de la población pobre y vulnerable.

#### **iii.) Variables de medición de la pérdida de funciones ecosistémicas.**

- **Inundaciones** provocadas por el fenómeno de La Niña: como indicador de la pérdida en la seguridad hídrica. Se utilizó como medida de vulnerabilidad de este servicio ecosistémico el área inundada como consecuencia del incremento de las precipitaciones durante la ocurrencia del Fenómeno de La Niña en Antioquia, durante el período 2000 - 2012 (SIAC).

**Erosión:** esta variable se corresponde con la pérdida del servicio de fertilidad del suelo, lo cual, a su vez, provoca la disminución de las posibilidades de producción de alimentos, cambia las condiciones del

paisaje y reduce la tasa de regeneración de los ecosistemas. Para su determinación, utilizamos la clasificación de territorios con

presencia de erosión muy severa o severa, realizada por el IDEAM.

**Tabla 1. Servicios de los ecosistemas de Antioquia y variables de medición utilizadas.**

Servicio Ecosistémico	Variables de medida	Fuente
<b>1. Provisión</b>		
<b>Alimentos</b>	Hectáreas cubiertas por cultivos y pastos para ganadería	Shapefile de coberturas 2017, POT
<b>2. Regulación</b>		
<b>Calidad del Aire y Regulación del Clima</b>	Toneladas de CO <sup>2</sup> e equivalente	Ráster de Carbono 2010, SIAC, <a href="http://www.ideam.gov.co/web/siac/catalogo-de-mapas">http://www.ideam.gov.co/web/siac/catalogo-de-mapas</a>
<b>Seguridad Hídrica</b>	i) Potencial Hidroenergético (PHE), cantidad de proyectos PCH y embalses ii) Suma de hectáreas cubiertas por inundaciones fenómeno de La Niña	i.) Shapefile Embalses y PCH, Lota 2012. ii.) Shapefile área inundaciones niña 2000,2012, SIAC.
<b>Fertilidad del Suelo</b>	Hectáreas clasificadas con erosión muy severa y severa	iii.) Shapefile de erosión 2010, SIAC.
<b>3. Culturales</b>		
<b>Representatividad Natural</b>	i) Hectáreas en importancia alta para la conservación de ecosistemas estratégicos ii) Hectáreas con alguna categoría de conservación	i.) Ráster de prioridades de conservación en Antioquia 2014, SIDAP. ii.) Shapefile de áreas protegidas en Antioquia: DMI y figuras más restrictivas.

## Resultados

### 1. Estado de los bosques: pérdidas y ganancias de ecosistemas estratégicos.

En el año de 1990, la cobertura de bosques en Antioquia era cercana al 42% de la extensión del departamento, equivalente

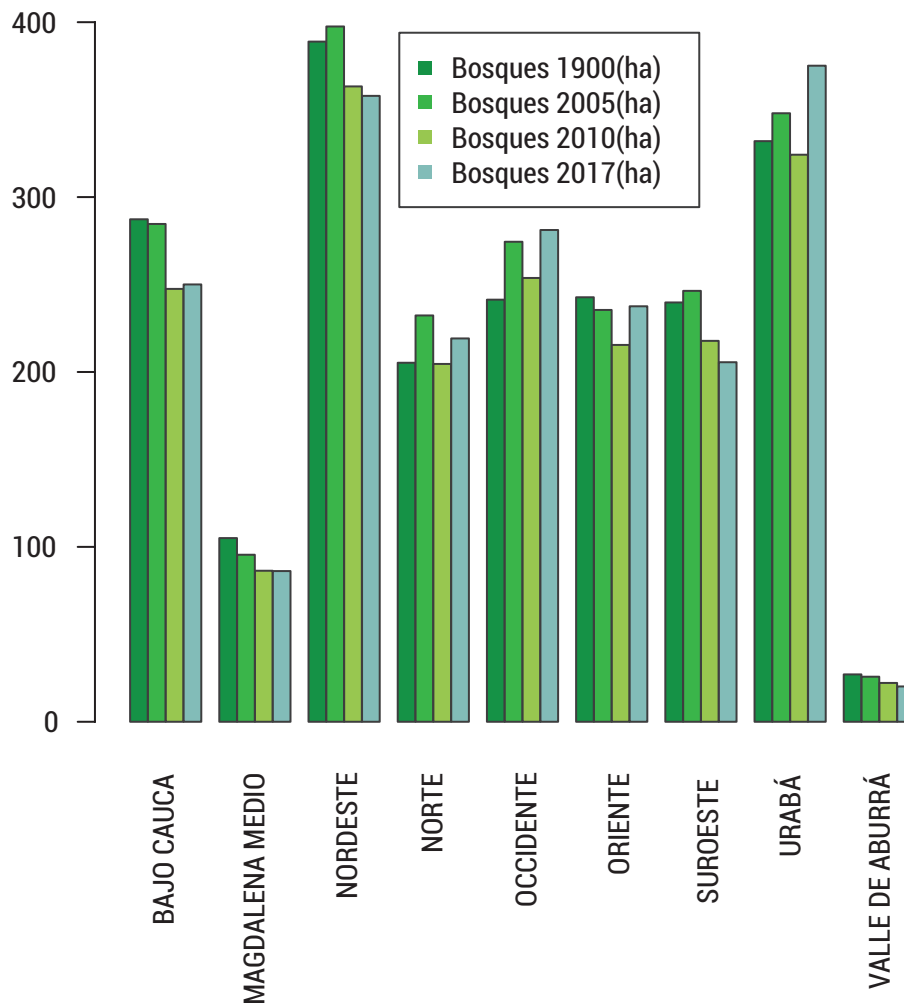
aproximadamente a 2.700.000 ha (González-Caro y Vásquez, 2017). Para el año 2017, la extensión de los bosques se ha reducido a cerca del 30% del área departamental (aproximadamente 2.033.000 ha). Las subregiones que en el 2017 cuentan con las mayores áreas con coberturas de bosque en



relación con el área total de cada territorio son Urabá (375.119 ha) y Nordeste (357.881 ha). En contraste, en el mismo año, las subregiones con menor área de bosques son

el Valle de Aburrá (20.285 ha) y el Magdalena Medio (86.435 ha); ambas extensiones equivalen aproximadamente al 18% de cada uno de estos dos territorios (Figura 2).

**Figura 2. Cambio de Bosques en cada una de las subregiones (los valores se presentan en miles de ha).**



Entre los años 1990 y 2017, se estima una pérdida de 133.337 ha en todo el departamento. Las mayores tasas de deforestación se presentaron en las subregiones del Valle de Aburrá (25%), el Magdalena Medio (18%), el Suroeste (14%) y el Bajo Cauca (13%); aunque las subregiones

que más hectáreas perdieron fueron Bajo Cauca, Suroeste y Nordeste. En este mismo periodo de tiempo, se incrementó el área ocupada por bosques en las subregiones de Occidente (16%), Urabá (13%) y Norte (7%) (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Cobertura de bosques para cada subregión de Antioquia entre 1990-2017**

SUBREGIÓN	Área (ha)	Bosque 1990 (ha)	Bosque 2005 (ha)	Bosque 2010 (ha)	Bosque 2017 (ha)	Cambio Bosques 1990-2005(ha)	Cambio Bosques 2005-2010(ha)	Cambio Bosques 2010-2017(ha)	% Cambio Bosques 1990-2005(ha)	% Cambio Bosques 2005-2010(ha)	% Cambio Bosques 2010-2017(ha)	Pérdida de Bosque 1990-2017(ha)	% Cambio Bosques 1990-2017(ha)
<b>BAJO CAUCA</b>	824.233	287.338	284.655	247.534	250.091	2.683	37.121	-2.558	0,93	13,04	-1,03	-37.246	-12,96
<b>MAGADALENA MEDIO</b>	476.566	105.096	95.573	86.435	86.251	9.523	9.138	184	9,06	9,56	0,21	-18.845	-17,93
<b>NORDESTE</b>	850.266	388.896	397.553	363.285	357.881	-8.657	34.268	5.404	-2,23	8,62	<b>1,49</b>	-31.015	-7,98
<b>NORTE</b>	781.394	205.324	232.365	204.638	219.223	-27.041	27.727	-14.585	-13,17	11,93	-7,13	13.900	6,77
<b>OCCIDENTE</b>	751.133	241.383	274.479	253.792	281.200	-33.096	20.687	-27.407	-13,71	7,54	<b>-10,80</b>	39.816	16,50
<b>ORIENTE</b>	706.474	242.759	235.514	215.515	237.602	7.245	19.999	-22.087	2,98	8,49	-10,25	-5.157	-2,12
<b>SUROESTE</b>	622.956	239.797	246.411	217.843	205.623	-6.614	28.569	12.220	-2,76	11,59	<b>5,61</b>	-34.175	-14,25
<b>URABÁ</b>	1.212.791	332.005	347.940	324.248	375.119	-15.935	23.692	-50.872	-4,80	6,81	<b>-15,69</b>	43.115	12,99
<b>VALLE DE ABURRÁ</b>	115.519	27.184	25.858	22.298	20.285	1.326	3.559	2.013	4,88	13,77	9,03	-6.898	-25,38

## 2. Cobertura de áreas protegidas en Antioquia

En el departamento de Antioquia, a marzo de 2019, se registra un consolidado de ochenta áreas protegidas con diferentes objetivos de conservación de la biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos; todas ellas declaradas bajo diferentes figuras legales y administradas por entes públicos y privados; en total, estas áreas suman 859.440 ha y equivalen al 13,6% de la superficie del departamento.

El conjunto de las superficies de las Áreas Protegidas que tienen como objetivo

el uso de la tierra para la conservación de la biodiversidad equivale al 9,1% del departamento de Antioquia y comprende las siguientes seis categorías: Área de Recreación Parque Ecológico (ARPE), Parque Nacional Natural (PNN), Parque Natural Regional (PNR), Reserva Natural Regional (RNR), Reserva Forestal Protectora Regional (RFPR) y Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC). El segundo conjunto, conformado por los Distritos de Manejo Integrado –DMI–, comprende el 4,5% del área del departamento y, en extensión, representa aproximadamente la tercera parte de las áreas declaradas (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Áreas protegidas del departamento de Antioquia, visto por categorías de declaratoria (marzo de 2019)**

Categoría áreas protegidas	Abreviatura	Área (ha)	Cantidad	(%) Área / Departamento
Área de Recreación Parque Ecológico	ARPE	54,9	2	0,001%
Parque Nacional Natural	PNN	178.381,0	3	2,813%
Parque Natural Regional	PNR	15.446,3	3	0,244%
Reserva Natural Regional	RNR	174.534,0	3	2,752%
Reserva Forestal Protectora Regional	RFPR	199.474,0	16	3,146%
Reserva Natural de la Sociedad Civil	RNSC	2.587,3	26	0,041%
Distrito Regional de Manejo Integrado	DMI	288.962,7	27	4,557%
<b>Áreas en Conservación</b>	<b>Total</b>	<b>859.440,1</b>	<b>80</b>	<b>13,553%</b>

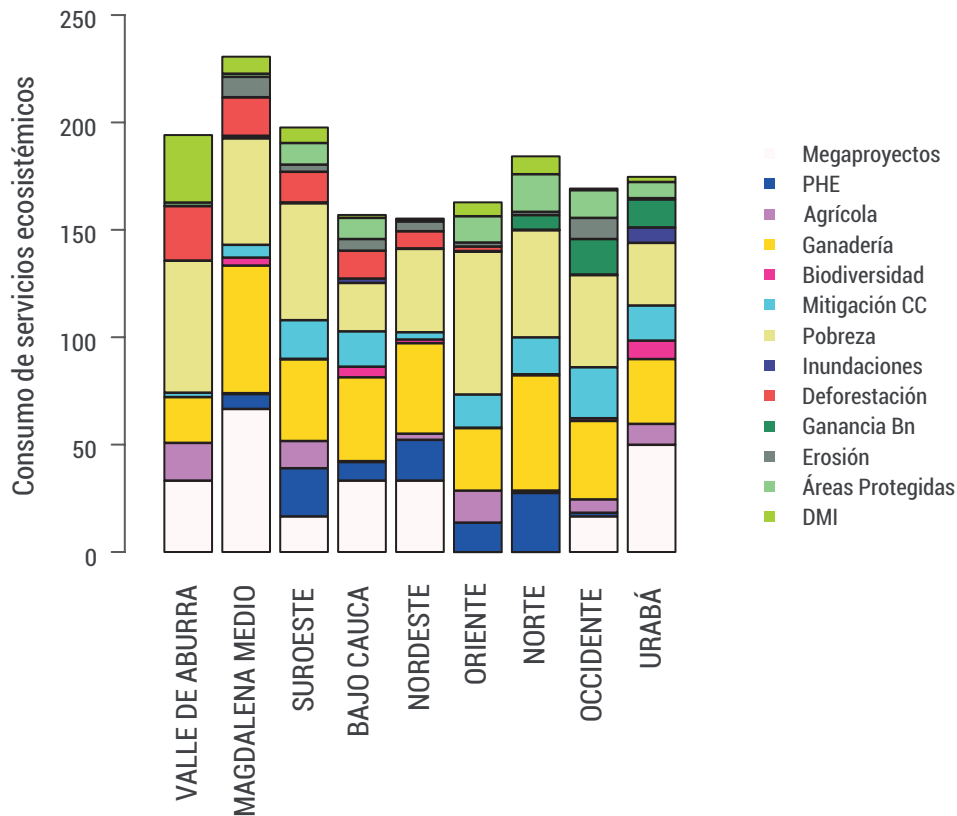
Existen diferencias entre las subregiones del departamento según el porcentaje del territorio destinado a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Al respecto, se destacan las siguientes subregiones en las que se han logrado resultados positivos: Oriente, con el 42,8% de su territorio ocupado

en conservación; y Valle de Aburrá, con el 33,1% del territorio protegido. En el lado opuesto están: Magdalena Medio, destacada como la subregión con menor cobertura en áreas protegidas, equivalente al 9,5% de su territorio; Bajo Cauca, con 11,14%; y Occidente con 13,79% de su superficie

en conservación. En la fracción media del espectro de conservación de Antioquia, se encuentran las regiones del Norte de Antioquia (con el 22,94% de su territorio

protegido), Suroeste (con el 20,01%), Urabá (con el 19,8%) y, finalmente, Nordeste (con el 18,59%) (Tabla 4).

**Figura 3. Cuantificación de la vulnerabilidad en la oferta de Servicios Ecosistémicos para Antioquia**



### 3. Relación entre variables de consumo y Servicios Ecosistémicos: medidas de vulnerabilidad

Nuestros resultados evidencian que el conjunto de las variables de desarrollo económico ejercen presión sobre la preservación de la oferta de SE para Antioquia. Sin embargo, ninguna de las variables tiene más peso en términos de la pérdida de bosques; por el contrario, parece ser que cada región consume sus Servicios Ecosistémicos de unas maneras particulares, en términos del desarrollo local. En general, las subregiones que preservan sus bosques evidencian menores tasas de deforestación y/o presentan incrementos

en las áreas con este tipo de coberturas vegetales; y, así mismo, tienen menor porcentaje de población pobre, tasas más bajas de erosión y menores extensiones de inundación. En contraste, las regiones con las mayores tasas de deforestación presentan porcentajes más altos de población pobre y de susceptibilidades a las inundaciones; en ese sentido, es de resaltar que las mayores tasas de deforestación se localizan en las subregiones donde los suelos dedicados a la agricultura y la ganadería presentan mayor cobertura, evidenciando, a modo de indicador, la dualidad y contradicción vigente entre la producción de alimentos y la sostenibilidad de los recursos biológicos (Figura 3).

Además, hay diferencias en las tasas de deforestación entre las subregiones que cuentan con áreas declaradas para conservación estricta y aquellas subregiones donde prevalecen las áreas protegidas bajo la categoría de DMI (Tabla 4). Es decir, hay pérdida de bosques en las subregiones donde predomina la conservación de la biodiversidad a través de la categoría DMI y, al contrario, se evidencia un incremento en las coberturas de bosque en las subregiones donde la conservación se basa en categorías estrictas de áreas protegidas. Por ejemplo, las subregiones donde se registran las mayores tasas de deforestación son, precisamente, aquellas donde se presentan los mayores porcentajes de áreas de conservación bajo la categoría DMI; éstas son: Valle de Aburrá (31.5%), Nordeste (17.73%) y Magdalena Medio (8.05 %). En contraste, las subregiones donde se incrementa el área de bosques son Urabá y Occidente, en las cuales son mayores las coberturas de áreas de conservación estricta en el territorio y son menores las áreas declaradas en la categoría DMI (Tabla 4, Figura 3).

Por otro lado, las regiones con mayor potencial de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>, las cuales contribuyen con mayor porcentaje al total de captura estimado para Antioquia (349'059.425 t CO<sub>2</sub>) son Occidente (23.7%), Suroeste (17.9%), Norte (17.1%), Bajo Cauca (16.4%) y Oriente (15,4%) dadas la remanencia actual de sus bosques; sin embargo, Suroeste, Bajo Cauca, Oriente tiene alta amenaza en el sumidero, dadas las tasas de deforestación, al contrario de Norte y Occidente las cuales podrían potencialmente aumentar el sumidero, al estar incrementando sus bosques (Figura 1 y 2). Además, si se tiene en cuenta que las emisiones netas per cápita promedio por año de CO<sub>2</sub> es de unas 5.1 t (SIAC 2012), entonces, y de acuerdo con la población censada por el SISBEN, los

habitantes de Antioquia emiten cada año cerca de 33'327.771 t CO<sub>2</sub>.

## **Particularidades de las subregiones en relación con los Servicios Ecosistémicos**

### **Urabá y Occidente**

Desde 1990, estas subregiones presentan una tendencia de ganancia de áreas cubiertas por bosque, respectivamente del 12,99% y el 16,50%, a la vez que cuentan con la mayor ocupación del territorio en áreas protegidas para conservación estricta de biodiversidad. En ambas subregiones, la pobreza alcanza niveles intermedios y la ganadería es una de las actividades económicas importantes, sin ser predominante; en conjunto, alcanzan un potencial relevante para mitigar el cambio climático como sumideros de CO<sub>2</sub> (Tabla 4).

Sin embargo, Urabá focaliza el mayor índice de prioridades de conservación y la más alta vulnerabilidad a las inundaciones que genera el fenómeno de La Niña, lo cual, en contraste con el mayor potencial de desarrollo de megaproyectos, la convierte en una subregión altamente sensible para mantener la conservación de los ecosistemas de la región. Por su parte, la subregión de Occidente presenta el mayor indicador de áreas en erosión severa del departamento y, a manera de oportunidad para superar esta vulnerabilidad del servicio ecosistémico de fertilidad del suelo, se indica para esta subregión el mayor potencial de mitigación del cambio climático, dados los aportes el departamento en captura de CO<sub>2</sub> en sus ecosistemas.

### **Norte y Oriente**

A partir de 1990, estas subregiones se ubican en el segmento intermedio entre ganancia y pérdida de bosques. La subregión del Norte presenta una ganancia de bosque de 6,77%, mientras que Oriente, una pérdida neta de 2,12%. En términos de áreas protegidas, en

ambas subregiones predomina la categoría de DMI como estrategia para la protección de ecosistemas y biodiversidad, logrando con esto ubicarse dentro de las 3 subregiones con mayor área protegida del departamento, con 42,8% (Norte) y 22,94% (Oriente). Esto viene acompañado de prioridades bajas en conservación respecto a las demás subregiones, derivado de la conservación de ecosistemas representativos en estas subregiones (Tabla 4).

Nuestros análisis permiten concluir que la subregión de Oriente presenta una de las mayores áreas destinadas a la producción agrícola y es menos relevante la actividad ganadera. A su vez, esta subregión tiene un desarrollo hidro-energético y de mitigación de CO<sup>2</sup> avanzado, lo cual constituye una oportunidad para la mayoría de su población pobre (66,49%). Por su parte, la subregión del Norte presenta el mayor potencial de proyectos hidroenergéticos de Antioquia, así como la segunda mayor extensión en áreas dedicadas a la actividad ganadera, un importante asentamiento de población pobre (49,89%) y un potencial importante para la mitigación del cambio climático.

### **Suroeste, Bajo Cauca y Nordeste**

Estas tres subregiones evidencian muchas similitudes en algunas de las variables del estudio. En primer lugar, desde 1990 la pérdida de bosque oscila entre el 13% y el 18%; y las áreas protegidas totales por subregión ocupan un área de entre el 11% y el 20%; la actividad ganadera se desarrolla en promedio en el 40% de su territorio y se observa presencia de erosión severa entre el 3% y 6% de las áreas. Al tiempo, el Bajo Cauca y el Suroeste presentan un alto potencial de mitigación de cambio climático como sumideros de CO<sup>2</sup>e (ver Tabla 4).

El Suroeste y el Nordeste tienen dos de los tres mayores potenciales hidroenergéticos del

departamento y, en paralelo, la conservación de la biodiversidad reposa en gran proporción en la categoría DMI, al tiempo que predomina en ellas una gran proporción de población en situación de pobreza: 54,35% y 38,83%, respectivamente.

La subregión del Bajo Cauca se destaca porque presenta uno de los valores más altos de áreas prioritarias e irrenunciables para la conservación de la biodiversidad, como resultado de los pocos esfuerzos de conservación de la biodiversidad (11,14%) al interior de su territorio y una pérdida de bosques (-12,96%) que va en aumento, al igual que en la subregión del Suroeste (-14,25%). A su vez, el Bajo Cauca tiene alta vulnerabilidad a las inundaciones y una susceptibilidad superior a la pérdida de la fertilidad del suelo, como consecuencia de la erosión (5,41%) (Tabla 4).

### **Magdalena Medio y Valle de Aburrá**

Ambas subregiones presentan la mayor pérdida de sus coberturas boscosas desde 1990. El Magdalena Medio es la subregión con la menor cobertura en áreas protegidas del departamento, proporcionalmente a su territorio (9,5%), lo cual hace que la pérdida de bosques sea un fenómeno muy impactante para la conservación de la biodiversidad, pues además cuenta con la mayor incidencia de megaproyectos (66,67%), la más amplia superficie dedicada a la actividad ganadera (59,34%) y una evidente afectación de las funciones ecosistémicas a causa de la erosión (9,49%).

El Valle de Aburrá es la subregión más pequeña del departamento y la más densamente poblada. Presenta una de las mayores coberturas en áreas protegidas (33%), de las cuales el 31,5% están bajo la categoría DMI; sin embargo, esta subregión presenta el mayor indicador en área agrícola

del departamento, así como la mayor concentración de población del departamento

en situación de pobreza, con características urbanas (Tabla 4).

**Tabla 4. Representatividad de cada una de las variables evaluadas por subregiones**

SUBREGIÓN	Cambio Bosques 1900 - 2017 (%)	Megaproyectos (%)	PHE (%)	Área Agrícola (%)	Área Ganadería (%)	Prioridades de Conservación (%)	CO <sup>2</sup> e (%)	Pobreza (%)
VALLE DE ABURRÁ	-25,38	33,33	0,00	<b>17,55</b>	21,31	0,00	2,03	<b>61,42</b>
MAGDALENA MEDIO	-17,93	<b>66,67</b>	6,90	0,43	<b>59,34</b>	<b>3,72</b>	5,94	49,49
SUROESTE	-14,25	16,67	<b>22,41</b>	<b>12,67</b>	38,03	0,21	17,96	<b>54,35</b>
BAJO CAUCA	-12,96	33,33	8,62	0,43	38,99	<b>4,95</b>	16,43	22,52
NORDESTE	-7,98	33,33	18,97	2,86	<b>42,07</b>	1,73	3,36	38,83
ORIENTE	-2,12	0,00	13,79	<b>14,88</b>	29,11	0,17	15,43	<b>66,49</b>
NORTE	6,77	0,00	<b>27,59</b>	1,10	<b>53,60</b>	0,49	17,17	<b>49,89</b>
OCCIDENTE	16,50	16,67	1,72	6,20	36,49	1,27	<b>23,70</b>	42,92
URABÁ	12,99	<b>50,00</b>	0,00	9,72	30,13	<b>8,60</b>	16,33	29,14

SUBREGIÓN	Inundación Niña (%)	Deforestación (%)	Ganancia (%)	Erosión (%)	Áreas protegidas (%)	DRMI (%)	Total, áreas Protegidas (%)	Área Subregión (ha)
VALLE DE ABURRÁ	0,05	-25,38	0,00	0,03	1,52	<b>31,53</b>	<b>33,05</b>	115.519
MAGDALENA MEDIO	1,22	-17,93	0,00	<b>9,49</b>	1,45	8,05	9,50	476.566
SUROESTE	0,43	-14,25	0,00	3,32	10,03	9,97	20,01	622.956
BAJO CAUCA	<b>2,05</b>	-12,96	0,00	<b>5,41</b>	9,65	1,48	11,14	824.233
NORDESTE	0,20	-7,98	0,00	4,52	0,86	17,73	18,59	850.266
ORIENTE	0,23	-2,12	0,00	1,85	12,29	<b>30,51</b>	<b>42,80</b>	706.474
NORTE	0,19	0,00	<b>6,77</b>	1,54	5,45	17,49	<b>22,94</b>	781.394
OCCIDENTE	0,21	0,00	<b>16,50</b>	<b>9,84</b>	<b>12,87</b>	0,92	13,79	751.133
URABÁ	<b>7,18</b>	0,00	<b>12,99</b>	0,61	<b>14,70</b>	5,10	19,80	1.212.791

DMI; sin embargo, esta subregión presenta el mayor indicador en área agrícola del departamento, así como la mayor concentración de población del departamento en situación de pobreza, con características urbanas (Tabla 4).

## Discusión

Se avizora en el ámbito mundial un incremento del 70% al 80% en la demanda de alimentos; entre un 30% y un 85%, la de agua,

especialmente ocasionados por el progreso y el crecimiento de las grandes ciudades (Corvalan et al., 2005, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad, 2010). En este sentido, de acuerdo con el aumento de la población y las variables de desarrollo económico en Antioquia tratadas en el presente artículo, es previsible que se incrementarán las pérdidas de bosques y biodiversidad, al igual que la degradación y disminución de la oferta ambiental.

Acorde con este escenario, para 2050 la seguridad alimentaria y el abastecimiento de agua probablemente no puedan asegurarse a la población que habitará en ese tiempo en el territorio del departamento de Antioquia. En tal sentido, nuestros resultados señalan que es indispensable e imperativo que se tomen decisiones políticas, planificadoras y de ordenamiento de los usos del suelo, que permitan garantizar la conservación de la biodiversidad, los bosques y la oferta de Servicios Ecosistémicos de Antioquia. Las acciones más efectivas al respecto son las relacionadas directamente con el ordenamiento territorial para la declaratoria de áreas protegidas determinadas para la conservación estricta de la diversidad biológica, a las que denominamos "áreas irrenunciables".

En el territorio antioqueño es evidente que el cuidado y conservación del suministro hídrico es una de las principales fuerzas impulsoras de la conservación, bajo el enfoque de Ecosistemas Estratégicos. Sin embargo, en Antioquia estamos actualmente ordenando el uso del recurso hídrico, a la par que se hace la declaratoria de áreas protegidas, se implementa la normatividad y se ejerce control del uso del recurso. En tal sentido, para conservar, e incluso aumentar la oferta del Servicio Ecosistémico de producción de agua, se hace necesario establecer instrumentos normativos más estrictos en el corto plazo, que permitan, al mismo tiempo, la conservación de esta oferta, el incremento de su suministro a los sectores productivos que la requieren, y la potenciación de su preservación, sin competir, en lo posible, por la ocupación del área y el uso del suelo (Butsic et al., 2012).

Relacionando los resultados con posibles escenarios futuros de cambio climático global para Colombia al año 2100, planteados por el

Instituto de Estudios Ambientales –IDEAM–, se estima que en Antioquia, a finales del siglo XXI, la temperatura podría aumentar hasta 2,2°C; y que, para el año 2040, la temperatura podría aumentar en promedio 0,8°C. Las poblaciones que pueden verse más afectadas por aumentos de la temperatura ambiente corresponden a las subregiones de Urabá, Bajo Cauca y Magdalena Medio (IDEAM, 2011). Estos pronósticos podrían tener como punto de partida la baja cobertura en áreas protegidas declaradas en estas subregiones actualmente, grandes áreas en ganadería, indicadores de vulnerabilidad por erosión e indicadores de alto riesgo por inundaciones.

Se evidencia que las subregiones en las cuales es preponderante la categoría Distrito de Manejo Integral, presentan un área relativamente menor para conservar ecosistemas y biodiversidad, o un mayor avance de la deforestación y de la presencia de la actividad ganadera. Una dificultad al respecto es que muchas de las áreas de conservación de los ecosistemas estratégicos del agua en Antioquia se establecen bajo la figura del DMI, lo cual supone un riesgo latente para el abastecimiento hídrico, producto de la deforestación y el aprovechamiento del suelo en diferentes usos denominados sostenibles.

Cabe resaltar que, si bien las áreas protegidas no son la única estrategia para mitigar las consecuencias del cambio climático, son los pilares indispensables para la protección y preservación de la oferta de los Servicios Ecosistémicos, indefectibles para el bienestar de la población; así, la estrategia clave para maximizar la sostenibilidad y sustentabilidad de los territorios a nivel social, económico y ambiental es la conservación de sus bosques y su biodiversidad (Butsic, Radeloff, Kuemmerle, & Pidgeon, 2012; Zabel et al., 2019). Sin embargo, es necesario realizar acciones complementarias, planificadas,



persistentes e integrales para usar y conservar la biodiversidad en las áreas circundantes al territorio declarado para conservación estricta; por ejemplo, articular las diferentes estrategias de conservación vigentes en el país y ya establecidas en muchas zonas de Antioquia, como son los Parques Naturales (Nacionales, Regionales y Locales), los Resguardos Indígenas, los Territorios Colectivos de las Comunidades Afrodescendientes, las Reservas Campesinas y las Reservas Naturales de la Sociedad Civil, entre otras figuras que propenden por la preservación ecológica y propician todo aquello que se realice con ese propósito. Para lograrlo es imprescindible establecer claramente los límites de las áreas que es indispensable conservar y de aquellas que es necesario asignar a los diferentes sectores productivos, educativos, recreativos, inmobiliarios y urbanísticos, bajo modelos de ocupación adecuados a la oferta de Servicios Ecosistémicos del territorio (Brooks et al., 2006).

## Conclusiones

El artículo relaciona la vulnerabilidad en la oferta de Servicios Ecosistémicos con la conservación de la biodiversidad en Antioquia, el resultado evidencia una pérdida del 12% del bosque del departamento desde el año 1990. Se establece una conexión general con indicadores de presión territorial, tales como las actividades económicas y productivas, y con los riesgos y potencialidades intrínsecos de las subregiones, como la erosión y el potencial hidroenergético, respectivamente. Si bien la conservación de los bosques está asociada directamente con el mantenimiento de la oferta de SE como la regulación en la calidad del aire, la regulación del clima y la seguridad hídrica, actividades como la ganadería y la agricultura ejercen una presión directa sobre las áreas boscosas al interior de las subregiones. Dicha zonas se

convierten en espacios para la provisión de alimentos, lo cual se asocia en gran medida con la presencia de indicadores de erosión. Con el aumento de la expansión agrícola y de los diferentes sectores productivos, que responde a la necesidad de mantener una población en aumento constante a través del tiempo, direccionar la conservación de la biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos requiere estrategias que permitan una adecuada distribución y permanencia en los territorios, pero que, así mismo, mantengan las funciones a nivel del organismo, las comunidades y los ecosistemas. Esta combinación requiere decisiones específicas, a múltiples escalas, en diferentes escenarios, donde los límites entre la conservación y el consumo de los servicios estén claramente definidos, con acciones en el tiempo, ya que las estrategias combinadas entre producir y conservar (DMI) no están garantizando los objetivos de disminuir la deforestación y las pérdidas de la biodiversidad; por el contrario, ponen en riesgo la sostenibilidad de los territorios y generan una alta vulnerabilidad en el equilibrio social y ambiental del planeta.

En este ejercicio es evidente que las áreas protegidas actúan como barreras contra el avance de la deforestación; sin embargo, en aquellas subregiones en las cuales la protección de la biodiversidad se realiza mediante la figura de DMI, la conservación mostró menos efectividad en la pérdida de bosques. Por otra parte, se debe tener en cuenta que para este análisis se relacionaron las áreas protegidas consolidadas a marzo de 2019 con la pérdida neta de bosque para el año 2017; así mismo, hay limitaciones de información en cuanto a los sistemas locales de áreas protegidas, y a las estrategias complementarias de conservación y manejo de la biodiversidad. Al respecto, es necesario avanzar en analizar los roles y comportamientos específicos de los SE a

una escala más detallada, incorporando en el análisis particularidades territoriales como los factores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, así como los patrones de consumo de los SE.

Entre los varios temas no desarrollados en este artículo resalta la necesidad de establecer la efectividad de las áreas protegidas en lograr los objetivos de conservación de la biodiversidad en el territorio y, con especial atención, revisar la categoría de DMI, lo cual podría llevar a cuestionar si la administración bajo criterios de sostenibilidad puede aumentar la vulnerabilidad de la prestación de los Servicios Ecosistémicos; y, por otro lado, preguntarse si esta figura está logrando la articulación de la conservación con otras actividades productivas y de desarrollo, como los megaproyectos. En general, factores como la falta de gobernanza, el aumento de los cultivos de uso ilícito y la corrupción agravan considerablemente la situación de degradación de los ecosistemas. Así mismo, consolidar un modelo de desarrollo que involucre el uso sostenible de la biodiversidad debe ser complementado con otras herramientas relacionadas con el ordenamiento ambiental del territorio, los planes de manejo de los proyectos de desarrollo sectorial y mecanismos como los bancos de germoplasma, los jardines botánicos y las herramientas de conservación de la biodiversidad (Sánchez y Madriñán, 2012).

## Referencias bibliográficas

- ARICO, S., BRIDGEWATER, P., EL-BELTAGY, A., HARMS, E., PROGRAM, S., HEPWORTH, R., ... WATSON, R. T.** The Millenium Ecosystem Assessment, 2001. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- BROOKS, T. M., MITTERMEIER, R. A, DA FONSECA, G. A B., GERLACH, J., HOFFMANN, M., LA-MOREUX, J. F., ... RODRIGUES, S. L.** Global biodiversity conservation priorities. In: Science (New York, N.Y.), 2006, Vol. 313, pp. 58-61. <https://doi.org/10.1126/science.1127609>
- BUTSIC, V., RADELOFF, V. C., KUEMMERLE, T., & PIDGEON, A. M.** Analytical solutions to trade-offs between size of protected areas and land-use intensity. In: Conservation Biology : The Journal of the Society for Conservation Biology, 2012, Vol. 26, No 5, pp. 883-893. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01887.x>
- CORVALAN, C., HALES, S., & MCMICHAEL, A.** Ecosystems and Human Well-being. In: Ecosystems, 2005, Vol. 5. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., VAN DER PLOEG, S., ANDERSON, S. J., KUBISZEWSKI, I., ... TURNER, R. K.** Changes in the global value of ecosystem services. In: Global Environmental Change, 2014, No 26, pp. 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- FAO.** The State of the World's Forests 2018 - Forest Pathways to Sustainable Development. Rome, 2018.
- FERRARO, P. Y HANAUER M. (2010)** "PROTECTING ECOSYSTEMS AND ALLEVIATING POVERTY WITH PARKS AND RESERVES: 'WIN-WIN' OR TRADEOFFS?". ENVIRON RESOURCE ECONOMY GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. BASES DEL PLAN DE DESARROLLO. Gobernación de Antioquia, 2016.
- GONZALEZ-CARO, S., RESTREPO, Z., YUSTI, C., BOTERO, S., LÓPEZ, B., POSADA, L., ... ALVAREZ-DAVILA, E.** Antioquia, un territorio para conservar. Medellín: Jardín Botánico de Medellín y Gobernación de Antioquia, 2014.
- HALFFTER, G.** Sociedad Entomologica Aragonesa. 2002. <http://entomologia.rediris.es/aracnet/e2/10/01Halffter/index.htm>
- IDEAM.** Escenarios de cambio climático, 2011. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/escenarios-cambio-climatico>

**LINDENMAYER, D. B., & LAURANCE, W. F.** The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. In: *Biological Reviews*, 2017, Vol. 92, No 3, pp. 1434–1458. <https://doi.org/10.1111/brv.12290>

**ONAINDIA, M., FERNÁNDEZ DE MANUEL, B., MADARIAGA, I., & RODRÍGUEZ-LOINAZ, G.** Co-benefits and trade-offs between biodiversity, carbon storage and water flow regulation. In: *Forest Ecology and Management*, 2013, Vol. 289, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.010>

**RAUDSEPP-HEARNE, C., PETERSON, G. D., & BENNETT, E. M.** Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, Vol. 107, No 11, pp. 5242–5247. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907284107>

**RINCÓN, P. (2017).** ÁREAS PROTEGIDAS Y DESARROLLO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, COLOMBIA. TESIS DE MAESTRIA. FACULTAD DE MINAS, DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

**SÁNCHEZ, Juan Armando y MADRIÑÁN, Santiago.** Biodiversidad, conservación y desarrollo. Santa fé de Bogotá: Ediciones Uniandes, 2012. SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010. <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>

### Cómo citar este artículo:

Restrepo Correa, Z, Muñoz Rivera, A. Muñeton Santa, G (2019). Vulnerabilidad en la Oferta de Servicios Ecosistémicos (SE) y la Conservación de la Biodiversidad en Antioquia. *Revista Ambiental Éolo*, (18).

i) Ingeniera Forestal, Est. PhD Ingeniería Ambiental, Grupo de Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático, Corporación COL-TREE, Correo: zetarestrepo@gmail.com

**SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD.** Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica. Montreal, 2010.

**THAPA, S.** " DO PROTECTED AREAS AND CONSERVATION INCENTIVES CONTRIBUTE TO SUSTAINABLE LIVELIHOODS? A CASE STUDY OF BARDIA NATIONAL PARK, NEPAL" (2013). *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT* UPTON, C, LADLE, R., HULME, D., JIANG, T., BROCKINGTON, D., & ADAMS, W. (2008). "ARE POVERTY AND PROTECTED AREA ESTABLISHMENT LINKED AT A NATIONAL SCALE?". *ORYX : THE INTERNACIONAL JOURNAL OF CONSERVATION*

**VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J., SALAMAN, P., & GRAHAM, C. H.** Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. In: *Regional Environmental Change*, 2013, Vol. 13, No 2, pp. 235–248. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0329-y>

**ZABEL, F., DELZEIT, R., SCHNEIDER, J. M., SEPELT, R., MAUSER, W., & VÁCLAVÍK, T.** Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. In: *Nature Communications*, 2019, Vol. 10, No 1, p. 2844. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10775-z>

ii) Ingeniera Forestal, Esp. Gestión Ambiental, Est. Maestría Medio Ambiente y Desarrollo, Grupo de Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático, Fundación Con Vida, Alejandra. Correo: munoz@fconvida.org

iii) Economista, Esp. Estadística, Mg. Estudios Socio Espaciales, Grupo Recursos Estratégicos, Región y Dinámicas socioambientales, Universidad de Antioquia UdeA, Correo: guberney.muneton@udea.edu.co