

Capítulo 3. Contribuciones de la Naturaleza para la Gente

Coordinadores

Víctor H. González Betancourt, Andrés M. Vargas Perez

Autores líderes

Miguel A. Bedoya, Víctor Cerón, Andrea Contreras, Alejandro González Valencia, Víctor H. González Betancourt, Mónica Puyana Hegedus, Alexander Rincón Ruíz, Diana Ruíz, Jenny Trilleras, Andrés M. Vargas Perez

Autores contribuyentes

Ellie A. López Barrera, Gloria E. Estrada Cely, Maria Eugenia Rinaudo

Resumen ejecutivo

En este capítulo se identifican y valoran las diferentes contribuciones de la naturaleza para los colombianos desde varios puntos de vista, incluyendo el económico, ecológico, social y cultural. La primera parte del capítulo evalúa cada una de las categorías específicas de las contribuciones de la naturaleza propuestas en el informe de la quinta plenaria IPBES. La segunda parte presenta una evaluación de los estudios de valoración de la biodiversidad colombiana usando un esquema integral y plural, resaltando su importancia como una alternativa idónea para la toma de decisiones en el territorio colombiano. La mayoría de información disponible en Colombia está relacionada a contribuciones de regulación, principalmente en temas de polinización, regulación climática y formación de suelos. La mayoría de información proviene de áreas rurales en la región Andina. Las contribuciones no materiales, así como evaluaciones marino-costeras, son las menos registradas en la literatura. Colombia cuenta con ocho estudios de caso sobre procesos próximos a una valoración integral y es uno de los países con mayor número de conflictos ambientales en el mundo. La extracción de oro, petróleo, carbón y biomasa son las actividades económicas que más generan conflictos ambientales y que afectan los recursos hídricos y alimentarios, principalmente en la región Andina y Caribe. En general, aunque se reconoce la importancia de la naturaleza para mejorar la calidad de vida de los colombianos, todavía muchas de sus contribuciones no se han valorado. Existen grandes vacíos

de información para ecosistemas de la Amazonia y Orinoquia, así como para ecosistemas marinos. Colombia necesita valoraciones integrales considerando su complejidad territorial, alta biodiversidad, conflictos internos, desigualdad social, grandes asimetrías de poder y conflictos ambientales.

3.1 Introducción

En este capítulo se evalúa de forma integral los usos y atributos de la biodiversidad que están determinando la calidad de vida de los colombianos a partir de la propuesta IPBES (Pascual *et al.* 2017). El capítulo intenta evaluar cada una de las categorías específicas de las contribuciones de la naturaleza propuestas en el informe de la quinta plenaria IPBES (Anexo 1). Es una continuación de los aportes del capítulo anterior, al analizar la aplicación, gestión, conservación y protección de la biodiversidad.

Durante las últimas décadas las discusiones sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos han estado en la primera línea de la agenda mundial ambiental, tal como lo demuestran tres iniciativas globales. La primera fue la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM), la cual puso sobre la mesa la importancia de estos temas frente a las graves consecuencias del continuo deterioro de los ecosistemas y aportó las bases conceptuales y metodológicas para el estudio de los servicios ecosistémicos (MEA, 2005). La segunda fue la iniciativa “Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad” (TEEB, por sus siglas en inglés), que expuso el tema de la valoración de los servicios ecosistémicos como un aspecto relevante para una mejor toma de decisiones (Rincón *et al.* 2013). Finalmente, la creación de IPBES logró que se articulara la información sobre los servicios ecosistémicos en los procesos de toma de decisiones (Díaz *et al.* 2015; Rice *et al.* 2018).

Más recientemente la IPBES ha propuesto el concepto de “contribuciones de la naturaleza para la gente” (en inglés, *Nature Contributions to People*, NCP), el cual se consolida de una forma más integral al favorecer la inclusión del conocimiento local e indígena (Díaz *et al.* 2015; Pascual *et al.* 2017). Este nuevo concepto está asociado, desde un punto de vista técnico al concepto de “servicios ecosistémicos”, al tiempo que incorpora la noción de “regalos de la naturaleza” desde la visión de las comunidades locales (Díaz *et al.* 2015; 2018).

Este abordaje de IPBES también corresponde con una idea incluyente de la valoración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Rincón-Ruiz *et al.* 2014). Esto hace referencia a

una valoración plural como lo exponen los avances del grupo de valoración de IPBES (Tabla 1) (Pascual *et al.* 2017) y los avances recientes en valoración de biodiversidad y servicios ecosistémicos del *Ecosystem Services Partnership – ESP* (Jacobs *et al.* 2016). Aunque el capítulo sigue el marco conceptual de IPBES y por lo tanto las contribuciones de la naturaleza para la gente, el concepto de servicios ecosistémicos sigue siendo relevante en esta evaluación porque la información disponible en el país todavía está presentada de esta forma.

Tabla 1. Valores diversos relacionados a la naturaleza, las contribuciones de la naturaleza para la gente y buena calidad de vida (Pascual *et al.* 2017).

FOCO DE VALOR	TIPOS DE VALOR		EJEMPLOS
NATURALEZA	No antropocéntrico (Intrínseco)		Bienestar animal <i>Gaia</i> , madre tierra Procesos ecológicos y evolutivos Diversidad genética, diversidad de especies
CONTRIBUCIONES DE LA NATURALEZA PARA LA GENTE (NCP, por sus siglas en inglés)	Antropocéntrico	Instrumental	Origen del hábitat y conservación, polinización y dispersión de propágulos, regulación del clima Alimentación y seguridad alimentaria, energía, materiales
BUENA CALIDAD DE VIDA		Relacional	Interacciones y experiencias físicas con la naturaleza, significado simbólico, inspiración Salud física, mental y emocional Estilo de vida Identidad cultural, sentido de lugar Cohesión social

3.2 Contribuciones de la naturaleza para la gente

En esta sección se definen y evalúan para Colombia las categorías específicas de las contribuciones de la naturaleza propuestas en el informe de la quinta plenaria IPBES (Anexo 1). El estado de las contribuciones de la naturaleza para la gente en Colombia está representado en tres niveles de información a saber: Primero, se tiene información generada a nivel nacional por los institutos de investigación tales como el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) e información de tipo oficial disponible especialmente a través del

(83%), mientras que las de tipo sociocultural o económico estuvieron representadas en menor proporción (14% y 2%, respectivamente). A nivel de ecorregiones, la ecorregión más reportada en los estudios publicados es la Andina (48%) y las menos reportadas Amazonía (8%) y Orinoquía (5%). Sólo un 5% de los estudios publicados se han realizado a nivel país (Figura 1, Anexo 2).

3.2.1 Polinización y dispersión de semillas y otros propágulos

Contribución de los animales en el transporte de polen entre flores, dispersión de semillas, larvas o esporas de organismos que son importantes para los colombianos. La polinización se da gracias al proceso por el cual el polen, como gameto masculino de las plantas, se transfiere entre las flores. De las aproximadamente 300,000 especies con flores que existen el mundo, el 90% de ellas dependen de la polinización por animales. Este servicio es proporcionado por cerca de 200,000 especies de animales, de las cuales 199,000 son insectos principalmente abejas, mariposas, moscas y cucarrones.

En Colombia, la mayoría de estudios sobre polinización y polinizadores han sido enfocados en entender la diversidad y riqueza de los insectos. Muy pocos estudios han evaluado las interacciones entre planta y polinizador o el servicio de la polinización. Hasta el momento no existe una evaluación económica de los servicios de la polinización a nivel nacional. La mayoría de trabajos de investigación están limitados a evaluaciones cualitativas y a ecosistemas transformados en la región Andina. En Colombia, varias plantas de interés comercial dependen directa o indirectamente de la polinización por insectos, las cuales incluyen ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne), guayaba (*Psidium guajava* L., granadilla y otras pasifloras (*Passiflora edulis* Sims, *P. ligularis* Juss.), y café (*Coffea arabica* L.). Para el cultivo de café, se ha estimado que la polinización por insectos puede incrementar la producción del fruto en un 10%, en promedio, de tal manera que la ausencia de polinizadores se traslada a una pérdida por hectárea para el productor alrededor del 5.4% de su ingreso neto (Bravo-Monroy *et al.* 2015).

A nivel insular, se han identificado siete especies de polinizadores efectivos de tres especies de manglar en la isla de San Andrés. Dos especies de abejas, *Apis mellífera* y *Xylocopa* sp., también visitan de manera frecuente otras plantas presentes en la isla (Sánchez-Nuñez y Mancera, 2012). Por lo tanto, es necesario identificar como los insectos polinizadores de los

manglares podrían contribuir con la polinización de plantas de pancoger y la seguridad alimentaria.

3.2.2 Regulación del clima

Contribución de la naturaleza que se refiere a la capacidad de los ecosistemas para regular el clima, tanto a escalas microclimáticas como a escalas regionales, mediante la prevención de emisiones y captación de gases de efecto invernadero (GEI). También se relaciona con el almacenamiento y secuestro de Carbono. En Colombia, específicamente se hace seguimiento a los seis GEI generados por actividades humanas: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafluoruro de azufre (SF_6), Perfluorocarbonos (PFC).

El mantenimiento del carbono almacenado en los bosques es una de las maneras de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La mayoría del carbono almacenado en los bosques de Colombia está en las regiones Amazónica y Andina. Sin embargo, la región del Pacífico presenta las áreas boscosas con uno de los promedios más altos de carbono, a pesar de que es la región con la menor extensión total (7 millones de ha) (Figura 2) (Galindo *et al.* 2011). En términos generales, para la región de la Amazonia la captura de Carbono está asociada al Bosque húmedo Tropical y Bosque muy húmedo Tropical. En la región del Pacífico, los mayores contenidos se localizan en el norte, mientras que en la región Andina las áreas con mayores contenidos se localizan en el piedemonte amazónico de la Cordillera Oriental y el piedemonte Pacífico de la Cordillera Occidental. Los menores contenidos de Carbono se encuentran en el Bosque seco Pre-Montano. Cuatro departamentos almacenan cerca del 53% del carbono total de los bosques del país: Amazonas (20,8% del total), Caquetá (12,14 %), Guainía (10,27%) y Vaupés (9,91%). De igual manera, las áreas con valores altos de carbono aéreo están concentradas principalmente en la jurisdicción de Resguardos Indígenas (64.16%), Áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (18.6%), y en la jurisdicción de los Consejos Comunitarios de Comunidades Afro-descendientes (4.83%). Este resultado puede servir de guía sobre las medidas de conservación o sobre las restricciones en el uso del suelo que permiten la permanencia de bosques con altos contenidos de Carbono. En el sistema de PNN, a pesar de ser áreas protegidas, se cuenta con elevada deforestación y poca regeneración, por lo que es necesaria la atención urgente a este tema dada la importancia de estas áreas para la conservación de los ecosistemas colombianos (Atlas de Carbono 2018).

Las principales emisiones de GEI en Colombia corresponden a CO₂ (74% de las emisiones totales) provenientes principalmente del sector forestal (ej. conversión de bosques naturales a pastizales), mientras que el CH₄ (17%) es generado principalmente por el sector agropecuario. Todas las absorciones de CO₂ provienen del sector forestal (bosques naturales) y agropecuario (cultivos permanentes como el café). Caquetá, Meta, Antioquia y Valle del Cauca son los departamentos con más emisiones netas (> 12 Mton CO₂ eq) producidas por la

deforestación. Huila, Vichada y Risaralda presentan emisiones netas negativas, lo que quiere decir que son departamentos que absorben debido principalmente a la presencia de cultivos permanentes leñosos o una tasa alta de regeneración de bosque natural, como en el caso de Vichada (Pulido *et al.* 2016). Es importante conservar los ecosistemas colombianos y lograr manejos sostenibles del sector agropecuario, dado que Colombia ocupa el quinto puesto como país emisor de GEI entre 32 países de Latinoamérica y el Caribe (cita?).



Figura 2. Reservas de carbono almacenadas en bosques naturales de Colombia por región natural. Fuente: Galindo *et al.* (2011).

El Carbono orgánico del suelo es un componente fundamental de la materia orgánica. Es un indicador clave para la productividad agrícola y resiliencia ambiental y es tanto fuente como sumidero de gases de efecto invernadero basados en Carbono (CO₂, CH₄). La zona con mayor concentración de Carbono orgánico en el suelo es la región Andina (región con sobrecarga agropecuaria). En el Caribe se registran valores bajos, en su gran mayoría relacionados con el uso inadecuado de los suelos. Colombia cuenta con el Mapa de Carbono Orgánico que representa

el contenido de carbono orgánico a 30 cm de profundidad del suelo, pero no muestra su estado actual (Global Soil Organic Carbon (GSOC) Map, <http://54.229.242.119/GSOCmap/>).

Se estima que los ecosistemas terrestres contienen el 45% de la reserva total de carbono orgánico mientras que los ecosistemas marinos y costeros el 55% restante (Nellemann y Corcoran, 2009). Los manglares y las praderas de pastos marinos son importantes reservas de Carbono, tanto por encima como por debajo del suelo. Se estima, con un nivel de incertidumbre de entre el 10 y el 18%, que los manglares en el Caribe colombiano almacenan sobre el suelo alrededor de 2.20 ± 0.86 Tg C, y los del Pacífico colombiano almacenan alrededor de 9.61 ± 2.78 Tg C (Bolívar *et al.* 2018). En los manglares, el almacenamiento real de Carbono es mucho mayor ya que en estas estimaciones no se considera el carbono almacenado debajo del suelo. Debido a la inundación presente en estos ecosistemas, los suelos contienen contenidos bajos a nulos de oxígeno, lo que promueve la acumulación de materia orgánica y Carbono. El área cubierta por manglares y por praderas de pastos marinos en Colombia es de alrededor de 289122 ha y de 66132 ha (Rodríguez-Rodríguez *et al.* 2017; Gómez-López *et al.* 2014).

Las algas bentónicas contribuyen también de manera relevante a la regulación de CO₂ atmosférico y se estima que por su gran extensión y productividad tendrían tasas de secuestro de Carbono más altas que las de marismas, praderas de pastos y manglares combinados. Gran parte de este secuestro de Carbono relacionado con las algas bentónicas ocurriría en el océano profundo ($153 \text{ Tg C año}^{-1}$) (Krause-Jensen *et al.* 2016; Macreadie *et al.* 2019). El fitoplancton presente en la superficie oceánica también genera flujos de materia orgánica particulada que se secuestran y almacenan en el océano profundo, pero en menores magnitudes ($0.0005 \text{ Tg C año}^{-1}$) (Seiter *et al.* 2005). En Colombia hay formaciones de algas bentónicas a lo largo de los litorales rocosos presentes en ambas costas y se presentan afloramientos de algas bentónicas en el área de Santa Marta asociadas a surgencias (transporte de nutrientes desde aguas profundas) entre diciembre y marzo donde dominan especies alrededor de 10 especies de sargazo (*Sargassum* sp). En los cayos e islas principales de San Andrés y Providencia las algas bentónicas están presentes durante todo el año en fondos someros, bajos y fondos arenosos

3.2.3 Regulación de la acidificación del océano

Esta contribución se refiere a los organismos fotosintéticos que regulan las concentraciones de CO₂ y pH del agua, los cuales afectan los procesos de calcificación que llevan a cabo algunos organismos marinos importantes para los humanos, tales como los corales.

En el marco de la Tercera Comunicación de Colombia al IPCC y el Análisis de Vulnerabilidad marino-costero e insular ante el cambio climático para el país del INVEMAR, se proyecta para el 2100 una disminución en el pH de 0,102 (RCP4,5) y de 0,159 (RCP6,0), lo que disminuirá la disposición de aragonita, haciendo más difícil los procesos de calcificación. Dentro de los organismos que necesitan de este material, se tienen a los arrecifes de coral, de importancia indiscutible para la biodiversidad marina, como también las praderas de pastos marinos, especialmente por sus epífitos calcáreos. La acidificación marina podría conducir a cambios en la composición de especies y dominancia de organismos. Se desconoce hasta qué punto cambios en la biodiversidad marina podrían afectar su productividad, la transferencia de energía a través de la red trófica o los ciclos biogeoquímicos. Tampoco se conoce mucho acerca de la variabilidad intraespecífica y por lo tanto la capacidad de adaptación en respuesta a la acidificación (Franco-Herrera y Tigreos-Benavides, 2012).

Al contribuir con la regulación de la concentración de CO₂ atmosférico y de las aguas oceánicas, los manglares, las praderas de pastos marinos, las algas marinas bentónicas y el fitoplancton también contribuyen a regular la concentración del ion carbonato que causa la acidificación del océano. A mayor concentración de CO₂ atmosférico, una mayor cantidad de este gas se disuelve en las aguas oceánicas y se disocia en iones carbonato que incrementan el nivel de acidez del agua. Por otro lado, la formación de carbonato de calcio (CaCO₃, compuesto de conchas, esqueletos y otras estructuras duras) que ocurre en algas bentónicas calcáreas libera CO₂ al océano y por último a la atmósfera (Smith, 2013), lo que reduce el secuestro neto de CO₂ que realizan estos organismos (Macreadie *et al.* 2019).

3.2.4 Regulación de la cantidad, ubicación y temporalidad de los recursos hídricos

Esta contribución se refiere a que los ecosistemas regulan la cantidad, ubicación y temporalidad del flujo de agua superficial y subterránea, la cual es usada para el consumo humano, en la irrigación de cultivos, transporte, generación de energía y contribuciones no materiales tales como la formación de identidades (comunidades pesqueras) y experiencias físicas y psicológicas (deportes, recreación). Los ecosistemas también regulan las inundaciones que afectan cuerpos de agua (lagos, lagunas, etc.) usados por la gente.

La regulación de la cantidad de agua va ligada directamente con la “producción” de la misma y la necesidad de abastecimiento de toda la población, desde pequeños municipios hasta las grandes ciudades. Colombia es un país excepcionalmente rico en sus fuentes hídricas, pero

progresivamente ha ido asistiendo al deterioro de sus fuentes. Cada vez se presenta con mayor frecuencia la escasez y hasta el desabastecimiento parcial o total a lo largo de todo el territorio nacional, debido principalmente a los cambios y afectaciones en los usos del suelo y en las coberturas vegetales que albergan las zonas de recarga de los acuíferos superficiales y subterráneos. Asimismo, influyen la afectación constante de algunos ecosistemas críticos, como los páramos, los cuales facilitan la continuidad del ciclo hídrico y la posibilidad de abastecer buena parte de la población colombiana.

La Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS), para año medio en Colombia es de 2.023 km³/año y proviene de las cinco áreas hidrográficas o macrocuencas. La distribución de la OHTS no es homogénea, se concentra en las áreas hidrográficas Orinoco y Amazonas (66,5%), mientras que existen zonas con condiciones moderadas a altas en el déficit de agua, tales como el área hidrográfica de Caribe (ENA, 2018). De acuerdo con el índice de Aridez (IA), la disponibilidad hídrica del país, asociado al balance de la precipitación y evapotranspiración, disminuye en la subzona hidrográfica Caribe. Los mayores déficits se encuentran en zonas aledañas a las ciudades de Cartagena, Barranquilla, Riohacha y La Guajira (9%). Respecto a la variación espaciotemporal de la OHTS, se evidencia disminución de la oferta hídrica en área de la Amazonía (-2,3%, comparado con el reporte del ENA 2014).

Los complejos de páramo benefician directamente a las poblaciones de 16 ciudades del país (Figura 3), alrededor de 16,8 millones de habitantes que representan el 35% de la población nacional (Moreno 2016). Así mismo, las áreas de humedales, que ocupan una extensión superior al 26 % del territorio nacional también son fundamentales para el abastecimiento de agua (Jaramillo 2016).

Las áreas de parques naturales contribuyen a la protección de las fuentes abastecedoras que demandan para uso doméstico más de 25 millones de personas en la zona Andina (o 1.394 Mm³/año), mientras que los distritos de riego que alcanzan una extensión de 152, 286,32 ha benefician a 25,857 familias. Así mismo, la provisión y regulación hídrica de las áreas protegidas representan para la economía nacional un aporte de USD \$ 3.439 millones por adicionalidad hídrica (cerca del 1,15% del PIB nacional) (Reyes 2014, Londoño 2018).

Los acuíferos también son una fuente importante de abastecimiento para las comunidades locales, especialmente en las zonas donde la oferta hídrica superficial es limitada. El país cuenta con zonas de recarga de acuíferos distribuidos entre las áreas hidrográficas Magdalena-Cauca

(54,27%) y Caribe (31,84%), agrupados en los sectores del piedemonte de la cordillera Oriental (Yopal y Villavicencio), piedemonte y valles aluviales de la cordillera Occidental en la cuenca Cauca-Patía, los abanicos en la cordillera Central hacia el área de Ibagué, las terrazas aluviales de la cuenca Vaupés-Amazonas y las dunas en La Guajira.

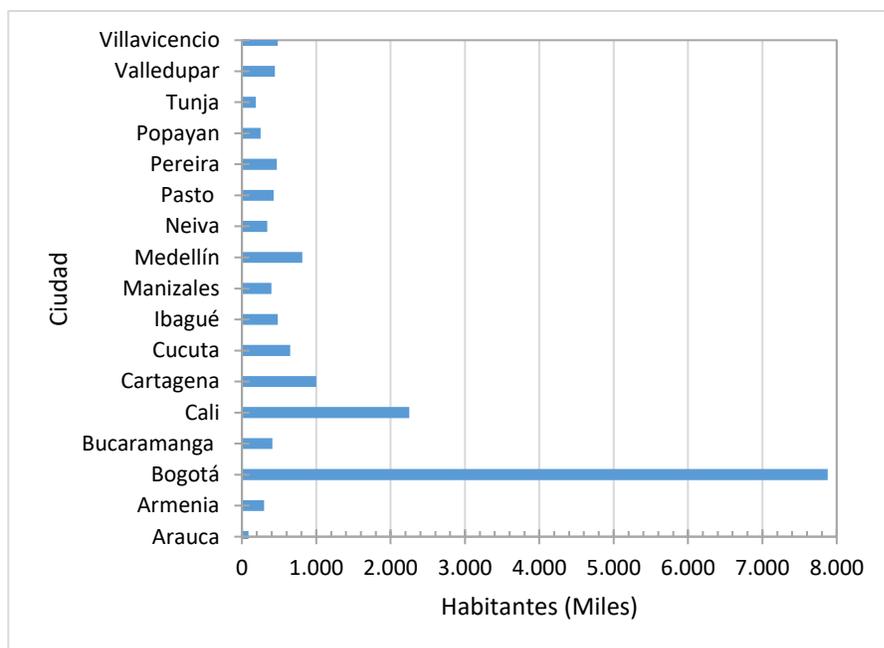


Figura 3. Población beneficiada por el agua proveniente de complejos de Páramos (Sarmiento *et al.* 2016)

En términos de regulación hídrica, la capacidad de mantener los flujos de caudales es muy alta en la parte

baja de los ríos Cauca y Magdalena debido al complejo de ciénagas. La regulación hídrica también es alta en las áreas hidrográficas Pacífico y Amazonas. Sin embargo, existen problemas de regulación hídrica en las subzonas Orinoco (Meta y Casanare), Magdalena-Cauca (Río Seco y otros Directos al Magdalena) y Caribe (Alta Guajira, Río Carraipia- Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo).

En la cuenca Orinoco (1550 y 2490 m s.n.m), las áreas con coberturas boscosas registran menores fluctuaciones de caudal durante todo el año, en comparación con las zonas deforestadas que registraron picos en las épocas de alta y baja pluviosidad. En esta dinámica es importante la contribución de la interceptación de precipitación por el follaje (precipitación horizontal), el cual asciende al 44%. Además, la alta diversidad de epifitas contribuyen con la fijación de nutrientes, especialmente en las zonas de bosque andino (2300 y 2350 m.s.n.m) (Fonseca and Ataroff 2005; Ortega Molina 2014). En esta misma cuenca, los ecosistemas de bosques de niebla almacenan

hasta 15 veces más agua que otras coberturas intervenidas por la acción antrópica (Ramírez, van der Ploeg *et al.* 2017).

En el páramo de Guerrero (Cundinamarca), la cantidad de agua de la niebla que es interceptada por la vegetación corresponde a 43mm/año (2100 msnm), hasta 273 mm/año a 3040 msnm (Tobón 2007), hacia el suroccidente en la cuenca tambito y Palo Verde (Reserva Natural Tambito, departamento del Cauca). Las epifitas aportan agua por interceptación del bosque equivalente al 9% de la precipitación neta, en combinación con la captura de agua de los musgos, cercana al 3% en época de baja precipitación (Mulligan and Jarvis 2000). En la zona centro del país (Quindío), los bosques ribereños presentan una mayor capacidad de regulación hídrica en comparación con los pastizales, contribuyendo con el aporte al flujo base en microcuencas de importancia para las cabeceras municipales (Roa-García, Brown *et al.* 2011).

La capacidad de los bosques nativos en la retención hídrica es mayor que en las áreas con coberturas antropizadas. Para el bosque nublado, la escorrentía superficial corresponde al 1,79%, en bosque montano al 0,69%, en bosque secundario al 0,39%, es decir, los bosques nativos con alta precipitación presentan valores bajos de escorrentía superficial, contrario a lo reportado en zonas con actividad productiva en Antioquia, donde las coberturas de pastizal y cultivo alcanzan el 20,8% y 14,8% de pérdida por escorrentía superficial respectivamente, atribuido a la modificación del sistema radicular, la fauna edáfica y la compactación del suelo por el ganado (Ortega Molina 2014; Cerrón, del Castillo *et al.* 2019).

El área hidrográfica de Magdalena-Cauca concentra la mayor demanda hídrica del país (69,7%), de los cuales el 42,5% tiene fines agrícolas. Además, el índice de uso de agua (IUA) sugiere que el 83% de las subzonas hidrográficas con condición crítica están dentro de la cuenca Magdalena-Cauca, en las regiones donde se concentra más del 90% del Producto Interno Bruto nacional (Restrepo, 2017; IDEAM 2018). Esta situación es de especial interés para los procesos de gestión y conservación a nivel nacional.

3.2.5 Regulación de la calidad del agua dulce y costera

Se refiere a la purificación del agua que ocurre en los ecosistemas a partir de la combinación de factores físicos, químicos y biológicos que permiten la fijación de nutrientes y la dilución de contaminantes, garantizando la disponibilidad del recurso hídrico para diferentes usos.

Los bosques presentan valores de concentración de nutrientes disueltos en el agua bajos, lo que indica una buena calidad del agua a nivel de la capa freática de los suelos conservados (Ortega *et al.* 2014). Es decir, los bosques favorecen la calidad del agua debido a la retención de contaminantes. Los bosques riparios o vegetación ribereña también reduce la erosión y filtra parte de los fertilizantes y contaminantes provenientes de cultivos, antes que estos lleguen a las fuentes hídricas (Olley *et al.* 2010; Ortega *et al.* 2014). Las condiciones ecológicas del bosque y sus condiciones hidroclimáticas, determinan la dinámica en el flujo de nutrientes que ingresan a las cuencas hidrográficas por precipitación, siendo predominante el ingreso de nitrógeno (NO₃), en diferentes zonas de vida y según los tipos de coberturas. En la región Andina, la mayor pérdida de nutrientes solubles se observa en los pastizales, siendo el doble que en el bosque secundario y seis veces más alto que en los cultivos (Burbano Garcés 2012, Ortega Molina 2014). Los bosques andinos contribuyen conjuntamente con el mantenimiento de la oferta hídrica en calidad y cantidad debido a su alto contenido de materia orgánica, baja densidad aparente, alta porosidad, alta capacidad de infiltración de retención de humedad (80%) y conductividad hidráulica, aunado a la baja evapotranspiración (300-400 mm/año) y al alto contenido de materia orgánica y densidad radicular (Tobón 2007, Tobón 2009).

En Antioquia, el bosque secundario presenta el mayor valor de infiltración superficial con 3606,87 mm/año, seguida por el cultivo limpio (1670,94 mm/año), el pastizal (1562,22 mm/año) y el bosque primario (103,81 mm/año). La lámina de infiltración superficial que favorece la percolación y posterior remoción de contaminantes por el proceso de filtrado, indica que tanto la concentración de elementos disueltos en la escorrentía superficial, como las pérdidas por el flujo de estos elementos, fueron considerablemente altas para la cobertura de pastos y mínimas para la cobertura de bosque, lo que refleja el control de la cobertura forestal sobre la calidad del agua (Ortega Molina 2014). Sin embargo, se requiere generar mayor información acerca de la pérdida de nutrientes en las coberturas boscosas nativas (Tobón 2009).

En la cuenca del río Combeima (Tolima, microcuenca la Plata) la conductividad hidráulica y velocidad de infiltración en los suelos aledaños al cauce fueron mayores en coberturas de bosque natural (18,2 cm/h). Esta característica edafológica es importante en la regulación de la calidad del agua puesto que está relacionada con los procesos erosivos e incremento de sedimentos en los cauces (Andrade Castañeda, Segura Madrigal *et al.* 2018).

Los estudios de calidad del agua basados en el componente ecológico (macroinvertebrados, perifiton), se concentran en algunas regiones y abordan los órdenes de insectos Ephemeroptera (Amazonas, Antioquia, Magdalena, Chocó, Cauca, Valle del Cauca), Plecoptera (Norte de Santander, Nariño, Cundinamarca, Valle del Cauca) y Trichoptera (Tolima, Cauca, Antioquia, Valle del Cauca), organismos generalmente asociados con agua de buena calidad (Arango Jaramillo, Álvarez Arango et al. 2014) Galarza Beltrán, Quinche Bareno et al. 2016, Roldán-Pérez 2016). Sin embargo, dada las características funcionales de organismos de otras especies como determinantes en los ciclos tróficos, en el procesamiento de detritus y en la producción secundaria, es necesario profundizar en el estudio de este tipo de comunidades bentónicas para comprender los procesos de regulación de calidad del agua en los ecosistemas acuáticos superficiales (Roldan 2003, Tamaris T 2009, Oviedo 2018) y subterráneos (Ossa Valencia, Betancur Vargas *et al.* 2018).

De acuerdo con los diferentes usos establecidos en la normatividad colombiana, el agua disponible en el país se distribuye principalmente para los sectores agrícola (16,067 Mm³/año) y energético (9,07 Mm³/año). Para el consumo doméstico, este corresponde a 2,74 Mm³/año, de los cuales la mayor carga contaminante se concentra en este sector (2,8 millones ton/año), seguido por el industrial (2,6 millones ton/año) y agrícola con el cultivo de café (174,660 ton/año) (IDEAM 2018).

Esta situación limita el acceso al agua para las diferentes poblaciones, pues si bien se cuenta con el recurso en cantidad, no se tienen las condiciones de calidad necesarias para ser utilizada ni aprovechada. Además, la brecha de cobertura de acueductos de cabecera, centros poblados y rural disperso para el periodo 2008–2016 supera el 40%, especialmente en la región Caribe (República 2018).

La disminución de la oferta de agua de buena calidad es evidente en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, con un índice de alteración potencial de la calidad del agua que agrupa más del 70% del total de subzonas hidrográficas con categoría muy alto, seguido de Caribe (18,5%) y Pacífico (3,7%) (Figura 4). De igual manera, la presión hídrica en estos ecosistemas por actividades productivas es crítica, causando que departamentos como Guajira, Magdalena, Cesar y Tolima presenten alta susceptibilidad al desabastecimiento de agua.

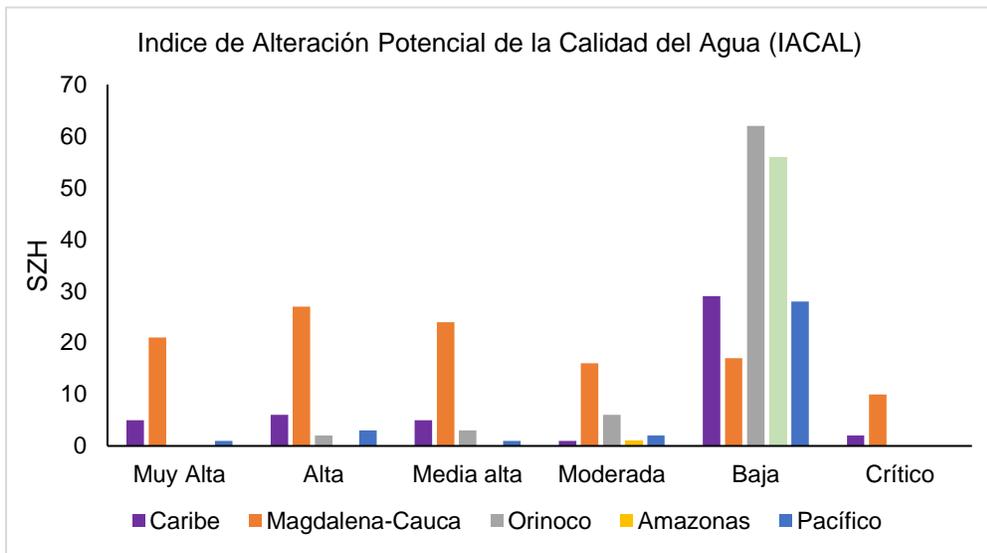
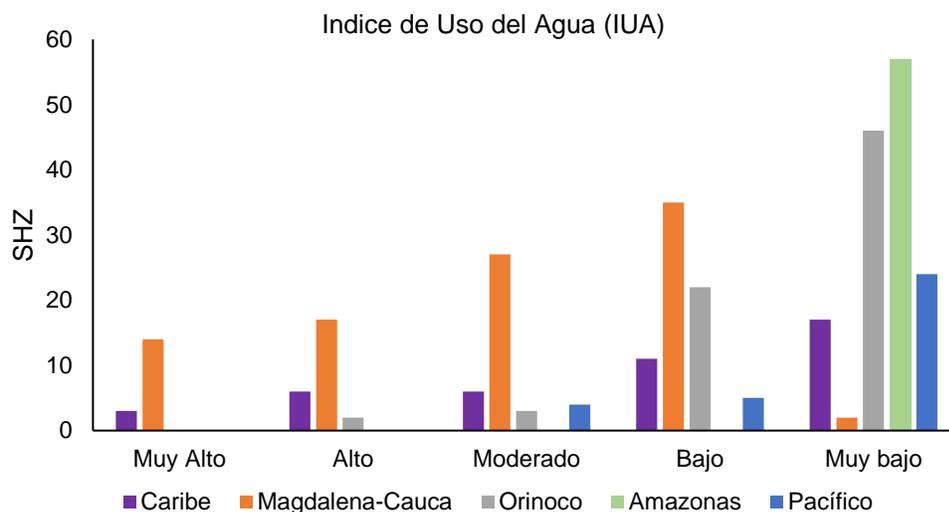


Figura 4. Índices asociados a la calidad y uso del agua en Colombia



Consecuentemente, a nivel municipal se dispone de agua con condiciones que afectan la salud humana. Según lo indica el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), el 26,1% de los municipios presenta riesgo medio, el 25,6% riesgo alto y el 1,9% es inviable sanitariamente (Rojas *et al.* 2017; Social 2018).

En relación a otros usos, se destaca que cerca del 60% de nuestra electricidad proviene de fuentes hídricas reguladas por los bosques. Adicionalmente, los beneficios que prestan las cuencas en términos de calidad del agua, le representan al sector energético un ahorro aproximado a 0,059 billones de COP/año (Rojas *et al.* 2016). Por ello, la provisión de agua de

óptima calidad, por ejemplo, aquella generada en las áreas de parques nacionales, asegura hasta el 50% la demanda del sector energético.

Los ecosistemas costeros como los manglares disminuyen la velocidad del agua de las mareas, caños, ríos y oleaje y en consecuencia favorecen la deposición y retención de sedimentos, nutrientes y residuos que se encuentran suspendidos en el agua (Dhote y Dixit, 2009; Horstman *et al.* 2014; Sánchez-Núñez *et al.* 2019; Montgomery *et al.* 2018). En la Ciénaga Grande de Santa Marta se encontró que los manglares en las riberas de los caños mejoran la calidad del agua. La carga de nutrientes como los nitratos y los fosfatos se redujo 1.2 y 3.0 veces más por kilómetro recorrido del caño Clarín en sectores con manglares ribereños en comparación con sectores del caño que no tenían manglares en las riberas (Vargas-Morales *et al.* 2013).

Similarmente, la turbidez del agua y la materia orgánica suspendida disminuyeron 2.7 y 9 veces más por kilómetro recorrido en sectores con manglares ribereños. Las praderas de pastos marinos también mejoran la calidad del agua al disminuir la fuerza del oleaje y favorecer la deposición y retención de sedimentos. Al disminuir la turbidez del agua favorecen los procesos fotosintéticos realizados por el fitoplancton, las formaciones coralinas y por las mismas praderas de pastos marinos. No obstante, no se han realizado ejercicios en Colombia para cuantificar en qué medida las praderas de pastos marinos contribuyen a mejorar la calidad del agua.

3.2.6 Formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos

Esta contribución de la naturaleza se refiere a la retención de sedimentos y el control de la erosión, la formación del suelo y mantenimiento de la estructura y los procesos que se llevan a cabo en él, tales como la descomposición y el ciclo de nutrientes que se evidencia en la productividad del suelo y el desarrollo del campo. En el contexto colombiano, se vincula específicamente con el almacenamiento de Carbono orgánico en el suelo, la capacidad para controlar la erosión y la sedimentación.

En Colombia, los suelos son diversos y frágiles, requieren de atención y gestión sostenible para el desarrollo del campo. El 58.1% de los suelos del país son incipientes y poco evolucionados, mientras que el 28.8% son muy evolucionados pero poco fértiles. Los mejores suelos agrícolas equivalen a 7.5% del territorio nacional. Las regiones más afectadas por procesos de degradación de los suelos (erosión, sellamiento, contaminación, pérdida de materia orgánica, salinización, compactación, acidificación, aridización y desertificación) son la región

Caribe, Andina y la Orinoquía (Figura 5). Sin embargo, se han iniciado procesos de degradación en el litoral del Pacífico y en la Amazonía.

Las selvas húmedas tropicales se encuentran afectadas por procesos de deforestación y también por la extracción de minerales y petróleo (IGAC, 2012; MADS, 2016). Sin embargo, se estima que el 40% de los suelos del área continental e insular del país están afectados por algún grado de erosión. En Colombia, el costo económico por la degradación de los suelos debido a la erosión es de cerca del 0.8% del PIB (IDEAM, 2015).

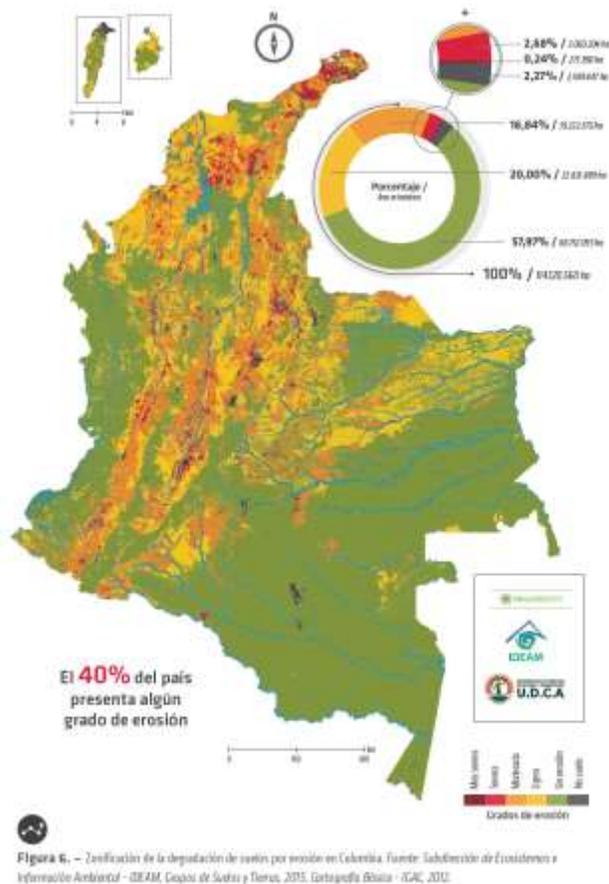


Figura 5. Zonificación de la degradación de suelos por erosión en Colombia.

Los suelos sanos son el mayor almacén de carbono y son fundamentales para un sistema alimentario productivo, mejores medios de vida rurales y un ambiente sano, de ahí la importancia de la gestión sostenible de estos (MADS 2016). Colombia cuenta con la política para la gestión sostenible del suelo publicada en el 2016, que busca promover el manejo sostenible en un contexto socio-ecológico y con un plan de acción que tiene un horizonte de cumplimiento al año 2036 (20 años). Se espera que estas medidas den

respuesta a las necesidades culturales, prácticas y costumbres de individuos y comunidades tanto a nivel regional como local.

Los procesos erosivos en la zona costera del Caribe están relacionados con el crecimiento de las ciudades, la construcción de defensas costeras con pobres lineamientos técnicos, cambios en el aporte de sedimentos de los ríos, la alteración de los patrones de transporte de sedimentos

en las costas, al aumento de la energía del oleaje, los eventos de mar de leva, la tala de manglar y la degradación de otros ecosistemas protectores como las formaciones coralinas (Osorio-Cano, 2018; Rangel-Buitrago *et al.* 2018; Restrepo-López *et al.* 2015; Young *et al.* 2019). Por ejemplo, el aporte de sedimentos del río Magdalena, uno de los mayores aportantes de sedimentos al mar Caribe, se ha incrementado en las últimas décadas producto de la deforestación (Restrepo, 2015). Las tendencias crecientes en la carga de sedimentos del río Magdalena en el sector del canal del Dique coinciden con la disminución general de cobertura de coral vivo en algunas formaciones coralinas de islas del Rosario.

Análisis de cambios de largo plazo de la línea costera en el Caribe Colombiano, estiman que el 50% experimenta erosión, mientras que un análisis multicriterio estima que el 28% y el 31% de la línea costera tiene un grado de amenaza alto y de vulnerabilidad alto a la erosión respectivamente (INVEMAR, 2019; Ricaurte-Villota *et al.* 2018). Esto ha derivado en la pérdida de terrenos, lagunas costeras, playas y áreas de bosque de manglar a lo largo de la costa Caribe.

Por su parte, en la costa pacífica, los procesos erosivos han estado relacionados con eventos geológicos, el aumento del nivel del mar y las alteraciones antrópicas de los ríos, como el Patía (Navarrete-Ramírez 2014). La mayor incidencia de la erosión se aprecia en islas de barrera y sistemas deltaicos de la región con 35–40% de la línea de costa afectada (Posada *et al.* 2009). En el Pacífico se ha estimado que el 31% y 3% de la línea costera tienen grado alto de amenaza y de vulnerabilidad a la erosión, respectivamente (INVEMAR, 2019; Ricaurte-Villota *et al.* 2018)

En zonas insulares los procesos erosivos dependen de la geomorfología costeras y el nivel de exposición a eventos oceánicos. Así, los procesos erosivos en las diferentes islas se encuentran entre el 16–17% % para las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, mientras que para el área insular del Archipiélago de las Islas del Rosario y San Bernardo e isla Fuerte, hasta el 50% de la línea de costa sufre procesos erosivos. Para las islas Gorgona y Gorgonilla, en el Pacífico colombiano, los procesos erosivos afectan cerca del 14% de la isla Gorgona (Navarrete-Ramírez, 2014).

Los arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos y manglares contribuyen también a la protección costera y la producción de sedimentos (Moberg y Folke, 1999). Por ejemplo, Las extensas barreras coralinas y la vegetación costera del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina han protegido y protegen las islas del archipiélago contra la erosión y el

aumento del nivel del mar (CORALINA, 2013). Así mismo, se estima que la barrera coralina de Isla Tesoro en el Archipiélago de Corales del Rosario disipa la altura del oleaje en un 84% en 600 m (Osorio-Cano *et al.* 2018) y por lo tanto disminuye la energía que alcanza la línea costera contribuyendo con la mitigación de la erosión.

Por otro lado, se ha identificado que los manglares en Cispatá, Córdoba, mitigan la erosión entre un 55 y 94% y favorecen los episodios de acreción costera cuando la energía del oleaje es baja (Sánchez-Nuñez *et al.* 2019). La mitigación de la erosión ocurre porque los manglares favorecen la retención de sedimentos y limitan su resuspensión al generar condiciones de menor energía del oleaje. En el litoral pacífico de Colombia, el marcado desarrollo de bosques de manglar también contribuye a la protección de la línea de costa (Díaz, 2007; Polanía *et al.* 2015; López-Angarita *et al.* 2016).

3.2.7 Regulación de amenazas y eventos extremos

Contribución de la naturaleza a la prevención o atenuación de los impactos sobre los humanos y su infraestructura ocasionados por fenómenos naturales tales como inundaciones, viento, huracanes, intrusión salina, heladas, olas de calor, tsunamis, ruido, etc. En Colombia, los eventos de mayor ocurrencia y que producen el mayor número de víctimas mortales y personas afectadas son las inundaciones, los deslizamientos y las avenidas torrenciales (Aguilar *et al.* 2008), cuales coinciden con episodios fríos del fenómeno de la niña. Estos eventos tienden, además, a afectar de manera desproporcionada a los hogares pobres por estar estos más expuestos. Para Colombia se estima que la fracción de hogares pobres ubicados en zonas proclives a inundaciones es dos veces más alta que para el resto de la población (Hesse *et al.*, 2018)

En nuestro país, se reconoce el papel de los humedales en la mitigación de inundaciones, la reducción de la erosión y los deslizamientos. Este efecto mitigatorio es especialmente importante en el caso de los ecosistemas de manglar, lagos, humedales riparios, bosques inundables, marismas y pantanos (Ricaurte *et al.* 2017). Por esta razón, no es de sorprenderse que las comunidades locales otorguen un gran valor a los ecosistemas de manglar en la protección contra eventos extremos (Guillén *et al.* 2016), y asocien el deterioro de los humedales con un mayor riesgo de inundación (Nardini & Gomes Miguez, 2016).

De forma similar, los arrecifes coralinos y ecosistemas adyacentes, como pastos marinos y manglares, protegen las costas de tormentas, huracanes y tsunamis (Batista-Morales y Díaz, 2010; Prato, 2014; Polanía *et al.* 2015; Osorio *et. al.* 2018; Vanegas, Osorio y Urrego, 2019). Los principales fenómenos que generan eventos energéticos extremos de oleaje en el Caribe Colombiano son los vientos, el paso de huracanes (a distancias considerables de la costa), las tormentas y los frentes fríos (Bernal *et al.* 2016). Las barreras coralinas disipan la altura de las olas y los manglares de borde que están en contacto diario con las mareas y el oleaje contribuyen a disipar eventos energéticos de oleaje. Los manglares ubicados en zonas interiores o separados del mar por barras arenosas facilitan la disipación de eventos energéticos extremos cuando dichos eventos sobrepasan las barras arenosas, lo cual puede ocurrir en condiciones de mar de leva en el Caribe Colombiano o por la marejada de un tsunami en los litorales Pacífico y Caribe.

Por ejemplo, el terremoto y posterior tsunami de 1979 en Tumaco, Pacífico colombiano, causó la pérdida de 500 vidas humanas con olas de tsunami máximas estimadas de 3 m para la isla de Tumaco y de 6 m para la isla de San Juan (Stand *et al.* 1983; Adriano *et al.* 2017). Los manglares contribuirían a disipar las olas de eventuales tsunamis, dado que tendrían un rol en la atenuación de olas de alta energía (Marois *et al.* 2015; Hochard *et al.* 2019). Así pues, la conservación de estos ecosistemas debe considerarse también como una estrategia de manejo para la protección costera, que además aporta positivamente a la provisión de alimentos, la recreación, entre otros servicios ecosistémicos.

3.2.8 Regulación de organismos perjudiciales para el ser humano

Esta contribución se refiere al beneficio que los organismos o ecosistemas prestan en la regulación de plagas, patógenos, depredadores, competidores, etc., que afectan a los humanos, plantas y animales. Un ejemplo claro de esto es la relación existente entre la deforestación y la incidencia de malaria. De acuerdo a Burkett-Cadena y Vittor (2018), la mayoría de las especies de mosquitos favorecidos por la deforestación son vectores de patógenos humanos, entre ellos las especies vectores de malaria que son predominantes en la Amazonía y el Pacífico colombiano (Jimenez *et al.* 2014; Montoya-Lertma *et al.* 2011). Un análisis de datos a nivel municipal¹ para

¹ Cálculos propios, basado en los reportes rutinarios de vigilancia epidemiológica publicados en SIVIGILA. Para la identificación de *hotspots* de deforestación se tomaron los municipios reportados en los boletines de alertas tempranas de deforestación del IDEAM.

el periodo 2013–2017 muestra que para municipios que son *hotspot* de deforestación se presentaron en promedio 15 casos más de malaria por semana que aquellos que no lo son. Al discriminar por tipo de *Plasmodium* (*P. falciparum* o *P. vivax*), se encuentra el mismo patrón. Además, la evidencia sugiere que es la deforestación impulsada por la minería la que está asociada con la mayor incidencia de malaria, en línea con estudios para Colombia que han reportado una incidencia más alta de malaria en las zonas de minería (Castellanos *et al.* 2016).

3.2.9 Alimentos para seres humanos y forraje para animales domésticos

Contribución de la naturaleza para la producción de alimentos a partir de organismos silvestres, manejados o domesticados, tales como pescado, carne de res, aves de corral, caza, productos lácteos, cultivos comestibles, hongos, carne de animales silvestres e invertebrados comestibles, miel, frutas silvestres comestibles y tubérculos. También incluye la producción de alimentos para animales domésticos (por ejemplo, ganado, equinos, mascotas) o para la acuicultura.

La pesca artesanal es fundamental para la subsistencia de comunidades del país. Sin embargo, la explotación no regulada de los recursos pesqueros contribuye al agotamiento del recurso y la degradación de los ecosistemas asociados, afectando el bienestar presente y futuro de las comunidades locales que los usan. De acuerdo con la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP, para el año 2015, la producción total pesquera ascendió a 150,465 T, de las cuales el 70,9% correspondieron a acuicultura, 22,9% a la pesca marina y 6,2% a la pesca continental (Figura 5).

En la pesca marina, las capturas en el Caribe representan cerca del 18% de las pesquerías del país. Los recursos pesqueros están amenazados, lo cual es crítico si se tiene en cuenta que el mar Caribe no es un sistema altamente productivo (FAO & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). El sector pesquero más productivo del país se concentra en el océano Pacífico. El potencial pesquero se ha calculado dentro del sistema de cuotas globales de pesca en 37795 t/año⁻¹ representado por 84 especies registradas de un total de 250 inventariadas. Se considera que 81% de las poblaciones de peces de la región son objeto de aprovechamiento por encima del límite de rendimiento sostenible (RMS) (Barreto & Borda, 2008; Barreto *et al.* 2009; FAO & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

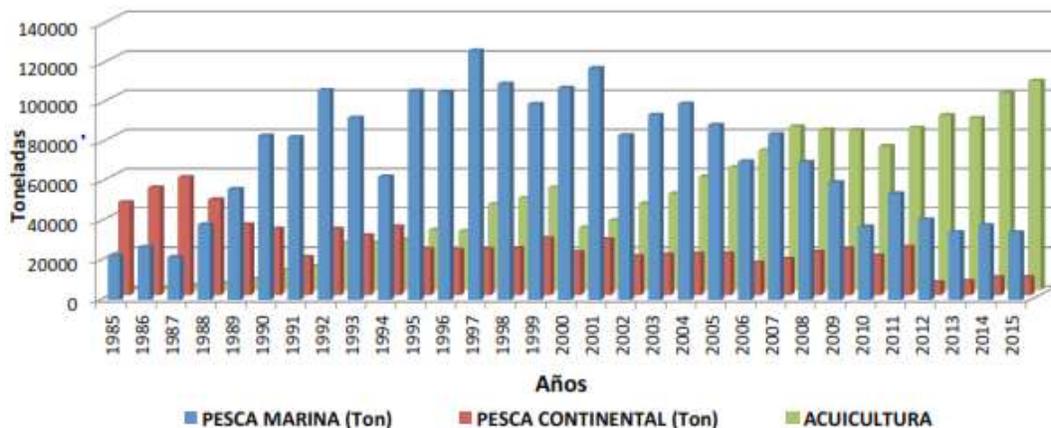


Figura 5. Producción pesquera histórica en Colombia. Fuente: AUNAP, 2018.

En las aguas continentales se presenta el mayor estado crítico de las poblaciones objeto de aprovechamiento. En el río Magdalena, por ejemplo, la disminución de la producción desembarcada y registrada entre 1974 y 2017 fue del 85%, con 81 especies con algún grado de amenaza, contra 41 reportadas en 2004. En la década de los setenta y ochenta, la cuenca aportaba entre el 77% y el 95% de la pesca continental. Respecto a toda la pesca nacional registrada, ha pasado del 69% al 15% en 2017 (Gutiérrez & Barreto, 2019). En el río Atrato, las aproximaciones al estado de los recursos pesqueros denotan que las poblaciones parecen haber llegado a su rendimiento máximo sostenible (Lasso *et al.* 2011a; Gutiérrez *et al.* 2011; Jiménez *et al.* 2018).

La agricultura en Colombia (Figura 6) se concentra en las cuencas hidrográficas de los ríos Cauca y Magdalena, en la región Andina. En estas cuencas habita el 77,4% de la población nacional y de ellas depende en gran medida el abastecimiento de agua y la producción agrícola que sustentan el desarrollo socioeconómico de sus comunidades. Ecológicamente, estas zonas son claves por la interacción que ocurre entre los bosques andinos, alto andino y páramos, conformando las áreas estratégicas de recarga y regulación de caudales que determinan la oferta hídrica nacional (IDEAM 2002, IDEAM 2003, PNUD 2010, IDEAM 2014, MAVDT 2014).

Consecuentemente, el sector agrícola tiene una demanda hídrica de 46,6% sobre un total de 35.987 Mm³. La huella hídrica agrícola (HHA) creció a ritmos anuales del 1%, pasando de 23,1 Gm³ a 34 Gm³ (Arévalo *et al.* 2011; IDEAM 2014), mientras que la contribución de la agricultura al Producto Interno Bruto (PIB) ha tenido serias variaciones pasando del 15,8% en el 1992 al 7% en 2016.

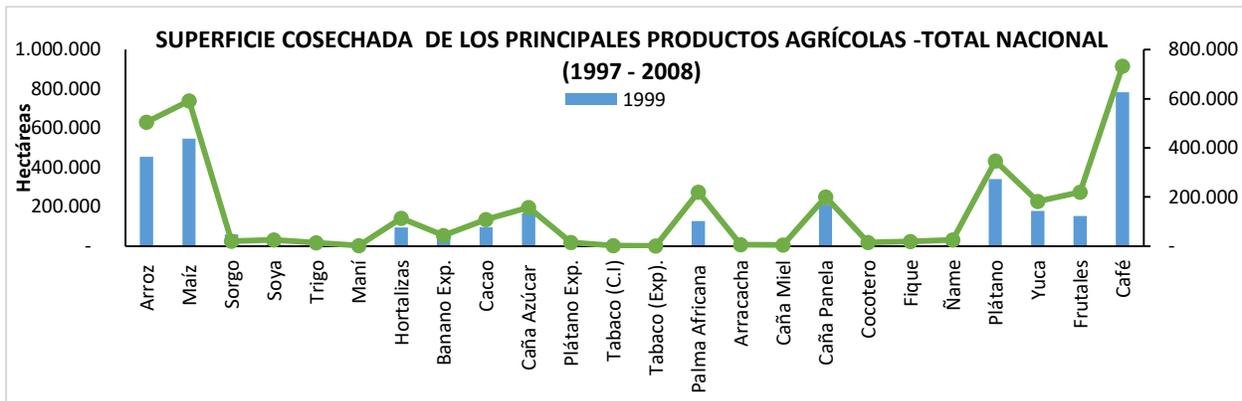


Figura 6. Comportamiento de los principales productos agrícolas. Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Secretarías de Agricultura Departamentales - UMATA. Años 2006, 2007 y 2008 Convenio MADR - CCI.

3.2.10 Recursos genéticos, bioquímicos y medicinales

Contribución de la naturaleza a la producción de sustancias y materiales derivados de organismos (plantas, animales, hongos, microorganismos) con uso medicinal humano y animal. Incluye la producción de información genética con aplicaciones en biotecnología y en la cría de animales y plantas. Si bien la elevada diversidad biológica del país constituye un potencial considerable en este ámbito, la investigación biotecnológica en Colombia sigue siendo escasa (Martinez *et al.* 2014; Nemogá, 2014; Gómez y Ossa, 2015)

Los estudios en biodiversidad marina en el país son relativamente recientes, con avances importantes en inventarios de especies, caracterización de ecosistemas y cartografía (Díaz y Acero, 2003). En Colombia se han realizado avances importantes en la descripción, caracterización y evaluación de la actividad biológica de invertebrados marinos colombianos (Duque *et al.* 2003). La mayor parte de las investigaciones en productos naturales marinos se ha realizado en el Caribe, especialmente en el área de Santa Marta, seguido del archipiélago de San Andrés y Providencia y el Golfo de Urabá. Otras regiones marinas del país han sido exploradas en menor medida.

3.2.11 Aprendizaje e inspiración

Esta contribución se refiere a las oportunidades que ofrece la naturaleza mediante los paisajes terrestres y marinos, hábitats u organismos para el desarrollo de capacidades humanas por medio de la educación, adquisición de conocimiento y el desarrollo de habilidades. Esta contribución ayuda al bienestar, la información científica y la inspiración para el arte y el diseño tecnológico.

La naturaleza se ha adaptado para permitir la supervivencia de sus especies a través del desarrollo de varias formas, materiales, técnicas y procesos que han inspirado a los investigadores, creativos y entusiastas a desarrollar soluciones artificiales que imiten a sus contrapartes naturales. Los avances en biomateriales y robótica están permitiendo la creación de estructuras más complejas, flexibles y portátiles que se asemejan a las características biológicas que se encuentran en la naturaleza (León-Rodríguez *et al.* 2015).

Esta contribución de la naturaleza se ve reflejada en los avances tecnológicos en el campo de la biomimesis o bioinspiración. Investigadores colombianos aplican enfoques biomiméticos para el modelado dinámico de perturbación de la radiación solar (García *et al.* 2018), desarrollo de material biomiméticos para implantes óseos (González *et al.* 2018), aplicaciones ortopédicas inspirados en la estructura de panal de abejas (Favi *et al.* 2016), tratamiento de aneurismas (Echeverry-Rendón *et al.* 2017), regeneración de tejidos (Bolaños *et al.* 2017) y otras aplicaciones biomédicas con biomateriales (Osorio-Delgado *et al.* 2017; Estupiñán *et al.* 2008). Por el lado de la robótica, el pez negro (Lubina) inspiró a investigadores para la construcción de un robot submarino con aplicaciones en la piscicultura, la protección costera y monitoreo de animales (Coral *et al.* 2018), la manta raya inspiró a investigadores en el diseño y desarrollo de prototipos para la exploración magnética como alternativa a la electromecánica tradicional (León-Rodríguez *et al.* 2015), por último se cuenta con una nariz electrónica para el control de calidad en la industria del café (Rodríguez *et al.* 2010). Los departamentos en los que se realizan tales investigaciones sitúan a Antioquía, Cundinamarca, Huila, Santander y Norte de Santander, como los pioneros en este campo.

3.2.12 Experiencias físicas y psicológicas

Esta contribución se refiere a las oportunidades que ofrece la naturaleza para el desarrollo de actividades físicas y psicológicamente benéficas. Aquí se incluyen todo tipo de actividades recreativas, turísticas y contemplativas. El contacto con la naturaleza es positivo para el bienestar

humano al menos por tres razones. La primera está relacionada con la hipótesis de biofilia (Wilson, 1984), la cual hace referencia a la tendencia innata que tenemos los humanos a relacionarnos con la vida y los procesos naturales y buscar en ella significado espiritual, intelectual, cognitivo y artístico (Keller & Wilson, 1995). En segundo lugar, hay efectos psicológicos benéficos del contacto con la naturaleza, pues se ha encontrado que los espacios naturales reducen el estrés psicológico, inducen emociones positivas y renuevan o restauran recursos cognitivos agotados (Atchley *et al.* 2012; Carrus *et al.* 2015). Por último, diversos estudios muestran cómo los entornos verdes propician respuestas fisiológicas asociadas a un menor estrés: se ha encontrado que durante la exposición a entornos verdes las personas experimentan mejoras en la presión arterial, el ritmo cardíaco, la tensión muscular y los niveles de cortisol, la llamada hormona del estrés (Roe *et al.* 2013). En una sociedad predominantemente urbana, como la colombiana, estos beneficios se materializan en la medida que las personas puedan realizar actividades de recreación pasiva o activa en entornos verdes. Si bien los parques naturales y áreas protegidas juegan un papel muy importante en este respecto, las zonas periurbanas e incluso los parques urbanos también contribuyen en este sentido. Este es un tema poco estudiado en el país, aunque los datos disponibles indican que las áreas verdes urbanas inciden positivamente en la satisfacción con la vida (Vargas y Roldán, 2016; Aldana-Dominguez *et al.* 2019).

En cuanto a las actividades recreativas se destaca el aviturismo, la cual es una de las actividades con mayores perspectivas de crecimiento dentro del turismo de naturaleza en Colombia (Maldonado *et al.* 2016; Ocampo-Peñuela y Winton, 2017). Se estima que anualmente el aviturismo podría generar USD \$ 9.000.000 y atraer a más de 15.000 observadores, mientras que los ingresos percibidos por el país beneficiarían directamente a comunidades locales, generando 7.500 nuevos puestos de trabajo que impactarían en una mejor calidad de vida de las comunidades (Maldonado *et al.* 2016).

Los ecosistemas marino-costeros son hábitat temporal o permanente de especies de flora y fauna, entre las cuales se destacan tortugas, peces, delfines, rayas, pulpos, erizos, estrellas y caballitos de mar (Díaz *et al.* 2003), todas ellas de gran interés para el desarrollo de actividades ecoturísticas y recreativas como el buceo y el careteo. En San Andrés y Providencia, se estima un potencial anual de ingresos por 241 millones de dólares con un desarrollo sostenible de esta actividad (James y Márquez, 2011). Prato y Newball (2015) estimaron el valor económico

aportado por los ecosistemas marinos y costeros en la reserva de Biósfera Seaflower en cerca de US \$ 267.339 millones anuales, teniendo en cuenta la extensión de manglar, pastos marinos, arrecifes de coral y océano abierto, y los valores reportados en otros estudios (Costanza *et al.* 1997; Costanza *et al.* 2014; Van der Ploeg y de Groot, 2010).

3.2.13 Construcción de identidades

Esta contribución se refiere a los diversos elementos del entorno ecológico que son claves en los procesos de construcción del territorio a diferentes escalas y experiencias religiosas y espirituales. Tales elementos también dan oportunidades para que las personas se conecten con el territorio donde habitan y desarrollen un propósito de vida. Además, brindan las bases de mitos, narrativas, creencias y celebraciones (Reinado de la palma de Cera en Salento, Quindío; Festival del cangrejo, San Andrés).

Colombia es un mosaico complejo, con transformaciones a diferentes escalas espaciales y temporales, con sistemas sociales y ecológicos integrados, más o menos estables, o con trayectorias de cambio hacia otros equilibrios (Caicedo Fernández 2010). El territorio también influye en la cosmogonía de las comunidades, por ejemplo, según la mitología de los Coconucos, en el departamento del Cauca, la laguna del Buey (PNN Puracé), está conectada con el inframundo “por eso en ella puede ascender la dueña de esa esfera, la sierpe, un ser entre culebra y pescado que se parece a un dragón, también es una forma de Mama Dominga, el espíritu femenino de la naturaleza”. Esta laguna está protegida por el volcán Pan de Azúcar, que obtiene su vitalidad de las ánimas de los guandos (coco: espíritu, urco: cerro con entrada al inframundo) (Faust 2004).

Existen múltiples ejemplos que destacan el papel de la biodiversidad en la construcción del territorio y su manejo, como es el caso de las comunidades indígenas, campesina, negritudes y población asentada en las ciudades. En primera instancia, es claro que el papel de la naturaleza en la identidad de las comunidades indígenas representa la base de su existencia, por esta razón y ante la necesidad de salvaguardar estos modos de vida y costumbres, el país ha avanzado en la consolidación de áreas protegidas con participación de pueblos indígenas como estrategia para la conservación de la biodiversidad.

Uno de los ejemplos más destacados corresponde al de Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi-Ande, el cual fue creado para salvaguardar el conocimiento tradicional en

el uso de las plantas medicinales y la identidad de diversas comunidades indígenas como los Cofán, Inga, Siona, Kamentsa y Coreguaje, etnias con lenguas, costumbres y tradiciones propias, pero unidos por lo que la antropología ha denominado la “cultura del yagé (PNN 2008). Otros ejemplos asociados con la construcción de identidades en pueblos indígenas se resaltan en la tradición de tararear o cantar a los niños poesías o historias relacionadas con la naturaleza, mitos y leyendas, para el caso de los pueblos Katios, Embera Dobidas e incluso comunidades afrodescendientes del Chocó (Álvarez *et al.* 2012). La construcción de identidad con la naturaleza es catalogada como algo sagrado, representado en ceremonias como la ombligada, a través de la cual se establece una fuerte relación entre la persona y la naturaleza, es decir, un nuevo ser, como parte de la naturaleza, debe tener algo que lo representa y lo une con los seres vivientes, para obtener de ellos las habilidades que requieren para la vida. En comunidades como como Los Tikuna y Los Katios los juegos de los niños están relacionados con paseos a los ríos, trepar árboles, aprender a reconocer las huellas de los animales del monte e incluso crear juguetes con elementos naturales de sus contextos. Todas estas manifestaciones representan una muestra de cómo la naturaleza forma y fortalece la identidad de comunidades indígenas y afrodescendientes. Sin embargo, es importante destacar además el papel de la naturaleza en la identidad de comunidades campesinas y urbanas resaltando el papel que tiene la biodiversidad en las diferentes manifestaciones culturales, la visión de territorio y sus relaciones con el mismo.

Como ejemplo de la construcción del territorio basado en el entorno natural, se identifica que solamente el 3% de la población nacional reside en lugares sin humedales mientras que el 10% se localiza en áreas con altos porcentajes de este tipo de cobertura, lo que ha dado lugar a la mención de Colombia como país anfibio (Cortés-Duque and Flórez-Ayala 2015).

De igual forma la biodiversidad ha sido fundamental en el desarrollo de los modos de vida agropecuaria, como lo es el caso de las sabanas inundables de la Orinoquia. Allí, la actividad ganadería convive con los ritmos estacionales de las inundaciones y favorece la conservación de la biodiversidad en la medida en que su estructura y relaciones socioambientales han sido concomitantes con balances entre conservación y producción (Peñuelas 2017).

Por otra parte, la relación biodiversidad naturaleza en la identidad del territorio se manifiesta además en las múltiples muestras artísticas y festivas de las regiones del país, como es el caso de los Carnavales, Festivales o Ferias en donde la naturaleza es fuente de inspiración y uso de las fiestas más tradicionales. Uno de los casos más representativos corresponde a la Feria

de Las Flores en Medellín, donde los agroecosistemas campesinos como el de los silletteros de Santa Elena en Antioquia, permiten la conservación de la cultura y biodiversidad de los agricultores de la zona quienes cada año realizan muestras artísticas en las tradicionales silletas como parte de su identidad y relación con la naturaleza (García Villegas and Gálvez Abadía 2011).

Entre los muchos ejemplos que se pueden encontrar sobre como la biodiversidad permite la construcción de identidad y fortalece las relaciones entre ser humano y naturaleza, se identifica el papel de la misma en las diferentes culturas y la sociedad colombiana a través de los años. No obstante, toda esta riqueza se ve cada vez más amenazada por diferentes fenómenos como el crecimiento demográfico acelerado que reduce los territorios campesinos, y de comunidades étnicas. En este sentido, como lo señala Arango Escobar (2008), la expansión urbana representa un riesgo en la medida en que se pierde la presencia humana en territorios biodiversos, capaz de cuidar reservas de agua, bosques y biota, de los cuales depende la calidad de los demás ambientes en el largo plazo. Por esta razón, la pérdida de biodiversidad no solo representa un riesgo en términos de afectación a los ecosistemas sino también a la identidad cultural y a los modos de vida de las comunidades de nuestro país.

3.3 Contribuciones de la naturaleza: valores y valoración

3.3.1 Valoración plural e integral

La importancia de la valoración integral y plural de los servicios ecosistémicos se ve reflejada la conceptualización de múltiples valores de la naturaleza y sus beneficios desarrollada por IPBES (Pascual *et al.* 2017). Esta guía propone un esquema nuevo para realizar ejercicios de valoración que trasciende la inercia de las valoraciones económicas como visión única del valor de la naturaleza.

En el contexto Latinoamericano, esta valoración plural, incluyente e integral ha tenido mucho más sentido y cabida (Gómez-Baggethun *et al.* 2014; Rincón *et al.* 2014; Jacobs *et al.* 2016; Pascual *et al.* 2017; Arias-Arévalo *et al.* 2018; de Castro y col., 2015, Rincón-Ruiz *et al.* 2019a, 2019b). En muchos casos, este tipo de valoración integral es necesaria para disminuir las asimetrías de poder en las decisiones sobre la gestión de los ecosistemas y las contribuciones de la naturaleza (Rincón-Ruiz *et al.* 2019b). Colombia, junto con México, es el país con mayor número de estudios sobre procesos próximos a valoración integral (Rincón-Ruiz *et al.* 2019a)

(Figura 7, Anexo 3). Esta valoración integral es apropiada en nuestro país debido a que es un territorio complejo, conflictivo, heterogéneo y dinámico, con un componente de creciente desigualdad, grandes asimetrías de poder, riqueza en recursos naturales y expansión de conflictos ambientales.

Entre los propósitos de los estudios de valoración integral realizados en Colombia se destacan la concientización y educación ambiental, la definición de objetivos o prioridades de conservación (planificación), la creación de información base, cuantificación y mapeo de los servicios ecosistémicos (SE), el diseño de instrumentos de política, solución de conflictos y decisión entre alternativas de manejo y uso del territorio (*trade-offs* de SE).

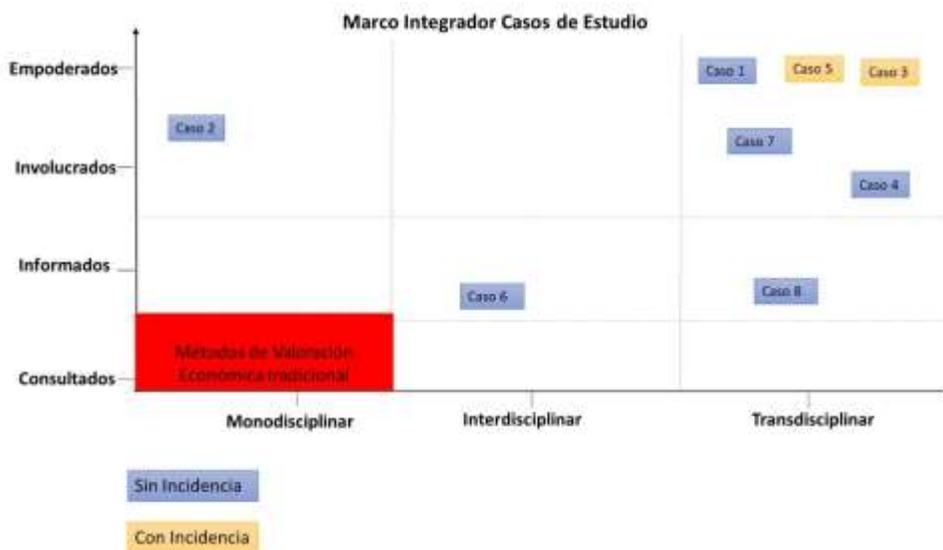


Figura 7. Estudios de caso valoración plural e integral para Colombia. Fuente: adaptado para el caso colombiano de Rincón y col 2019.

Dentro de los SE de aprovisionamiento valorados en estos estudios se encuentran alimentos, materiales, provisión hídrica, principios activos medicinales y extractos naturales, fauna, pesca artesanal. En los SE de regulación están la regulación climática, regulación del aire, polinización, mantenimiento del hábitat, regulación hídrica, control de erosión, almacenamiento de carbono, retención de sedimentos, fertilidad del suelo y regulación de plagas. Las contribuciones no materiales incluyen el disfrute e identidad, belleza escénica, patrimonio arqueológico, recreación, turismo y paisaje. Estas valoraciones, más allá de dar una generalidad a nivel nacional sobre “el valor” de la biodiversidad y los SE, pone sobre la mesa las diferencias de

valores a nivel regional, a nivel local, así como la inclusión de otras perspectivas de valor no monetarias que pueden ser incluidas en la gestión del territorio y procesos de toma de decisiones.

Un aspecto importante para el contexto colombiano es que la mitad de los casos introdujo la idea de asimetrías de poder y acceso y distribución de SE. Estos estudios también resaltan la falta de interés de los tomadores de decisión, los desequilibrios de poder entre los actores y quienes toman decisiones, y la diferencias entre la agenda nacional vs agenda local. Además, estos estudios mencionan como la academia cumple un papel central en facilitar el diálogo, dado que los actores suelen tener confianza en las universidades locales. Sin embargo, la académica tiene que hacer más esfuerzos en comunicar mejor los resultados de investigación y generar conocimiento desde la perspectiva de la co-producción de conocimiento. Asimismo, es necesario la creación de espacios de interlocución adecuados que brinden confianza en participar y que promuevan el interés común, justicia y equidad.

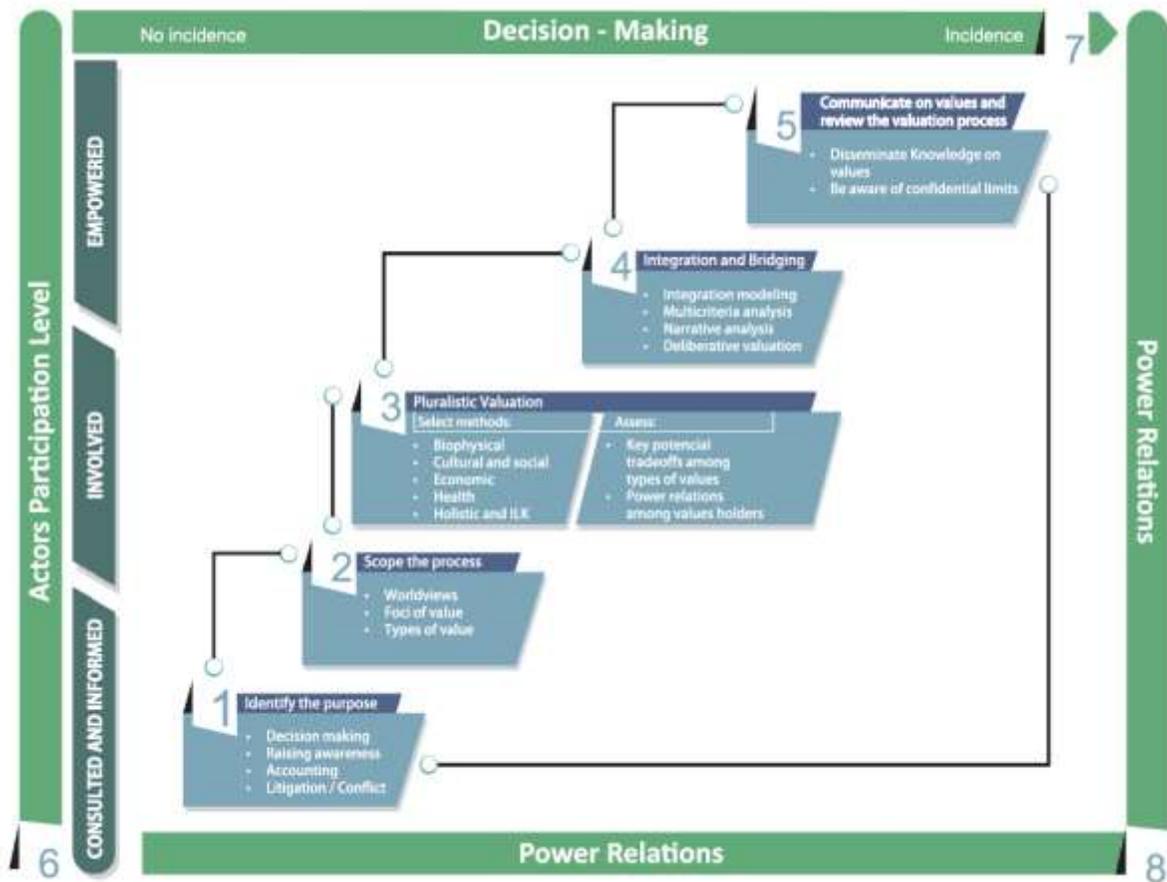


Figura 8. Marco analítico de valoración integral tomado como base los planteamientos de IPBES (Pascual et al 2017) y VIBSE (Rincón et al 2014). Fuente Rincón et al 2019.

Del análisis de los estudios de caso en Colombia bajo el marco analítico de la figura 8, donde la valoración integral es planteada como un “proceso”, con requerimientos previos y como base para la toma de decisiones, se determinaron los siguientes mensajes clave, como retos futuros en la valoración plural de las contribuciones de la naturaleza en contextos como el colombiano:

Importancia de lograr financiamiento de este tipo de iniciativas que generalmente son de largo *plazo, pero con grandes beneficios de construcción colectiva y sostenibilidad de largo plazo*. Esto significa romper la dicotomía entre los “tiempos políticos” y los tiempos que exigen investigaciones de largo plazo para la construcción de procesos duraderos.

Mantener e incrementar la financiación de la academia para desarrollar estas iniciativas. La academia juega un papel muy importante como punto de contacto, empoderamiento y apoyo central para los diferentes actores, sobre todo en el orden local. Además, muchas veces la academia es la encargada de continuar los procesos en el territorio.

Se requiere crear condiciones de participación de los diferentes actores para realmente trascender a escenarios incluyentes y sostenibles social, ambiental y económicamente. En el caso colombiano estas condiciones de inclusión pueden ser el mayor reto, si se tiene en cuenta que se viene dando un asesinato sistemático de los líderes sociales y ambientales locales, sobre los cuales recae el centro de hacer posible esto.

3.3.2. Trade-off entre servicios ecosistémicos y conflictos ambientales

Los servicios ecosistémicos, las contribuciones de la naturaleza, son la base del bienestar humano, y son valorados desde diferentes perspectivas que pueden generar discrepancias, las cuales cuando no se dialogan, terminan siendo la base de conflictos ambientales. Rincón *et al.* 2019b, analiza esta relación entre servicios ecosistémicos y conflictos ambientales asociando estos según sus impactos y ubicación geográfica. La figura 9 relaciona a) 125 conflictos ambientales en Colombia con b) los diferentes servicios ecosistemas impactados y c) según la zona geográfica donde ocurrió. Los resultados principales evidencian que las actividades productivas que más generan conflictos ambientales son la minería (principalmente oro), la extracción de petróleo y carbón y la extracción de biomasa (agroindustria y explotación de

madera). De otro lado, los servicios ecosistémicos más afectados fueron regulación y provisión hídrica, y alimento. Las regiones donde se dan más frecuentemente estos conflictos son la región Andina y Caribe. Los conflictos aquí descritos significaron que Colombia sea considerado como uno de los países con mayor número de conflictos ambientales en el mundo.

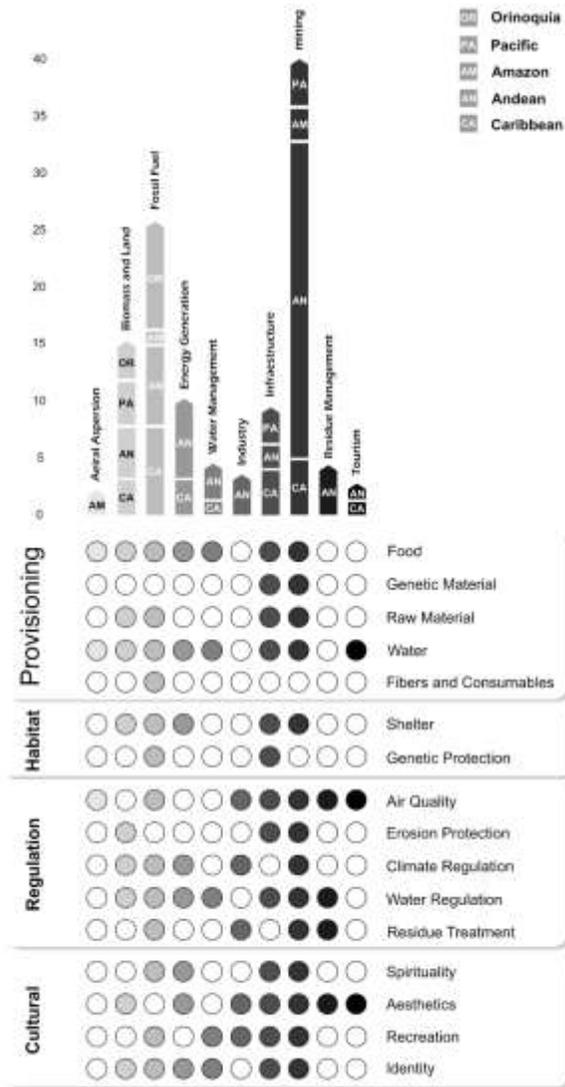


Figura 9. Conflictos ambientales en Colombia (tomado del Environmental Justice Atlas) con los diferentes servicios ecosistemas impactados y la zona geografía donde ocurrió.

De seguir el aumento de conflictos ambientales, los puntos de insostenibilidad serán cada vez mayores, pues las comunidades vulnerables son las que sufren en mayor medida la pérdida de bienestar generada por los impactos en servicios ecosistémicos pues son las más dependientes

de la naturaleza. Las decisiones que tienden a primar grandes inversiones que aportan al crecimiento, por encima de una visión de sustentabilidad, tienden a abrir cada vez más brechas con las comunidades locales, dada su dependencia de los ecosistemas, no solo en términos de beneficios estrictamente materiales, sino en sus modos de vida y sus estructuras culturales (Rincón *et al.* 2015).

Sin embargo, las salidas basadas en la organización y el empoderamiento local, han sido buenos caminos para una mejor toma de decisiones, sobre todo más incluyente. En el 20% de los casos analizados las comunidades lograron negociar sus puntos de vista y reclamos a partir del diálogo (Rincón *et al.* 2015, 2019b). De allí la importancia de generar acuerdos entre los actores en pro de consolidar mecanismos de participación efectivos de acción colectiva, para una mejor gestión de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos. Sin este tipo de diálogos o acuerdos, es posible que los conflictos ambientales asociados a servicios ecosistémicos sigan aumentando.

4. Brechas de Conocimiento

A pesar de que se reconoce la importancia de la naturaleza para mejorar la calidad de vida de los colombianos, todavía muchas de sus contribuciones no se han valorado. Por ejemplo, a nivel mundial se reconoce que las zonas verdes, los bosques urbanos y los árboles de las calles pueden contribuir a mejorar la calidad del aire. Sin embargo, no existen estudios al respecto en las principales ciudades colombianas, las cuales, según los Informes del Estado de la Calidad del Aire realizados por el IDEAM, tienen calidades de aire perjudiciales para la salud. Esta información es necesaria para el desarrollo de estrategias específicas en los Planes de Gestión de la Calidad del Aire y medidas que permitan atender las particularidades de cada territorio.

Hay un desbalance entre el entorno rural y el urbano. Teniendo en cuenta las proyecciones de las Naciones Unidas para el 2050, las ciudades colombianas tendrán el 89% de la población (UN, 2018), por lo que es necesario impulsar las investigaciones relacionadas con las contribuciones de la naturaleza para la gente en estos entornos. Las valoraciones de tipo sociocultural y económicas son igual de importantes a las biofísicas, sin embargo, son estas últimas las que más se reportan en la literatura. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de apoyar también investigaciones relacionadas con valoraciones socioculturales y económicas, y en el mejor de los casos, que abarque a las tres de manera integral. Por último, es importante potenciar el desarrollo de investigación en todas las ecorregiones del país. Existen grandes vacíos

de información para ecosistemas de la Amazonia y Orinoquia, así como para ecosistemas marinos. Actualmente, la mayoría de información ha sido generada de la región Andina.

Con respecto a los servicios ecosistémicos marinos y costeros (SEMyC), de acuerdo con Costanza *et al.* (1997) y Martínez *et al.* (2007), los océanos y especialmente la zona costera contribuyen con más del 60% del valor económico total de la biosfera. Sin embargo, los datos y métodos para evaluar la provisión de servicios de SEMyC son mucho más limitados en comparación con las evaluaciones terrestres. La brecha entre las evaluaciones terrestres y marinas es mayor cuando se trata de mapeo de servicios ecosistémicos debido a la ausencia o baja resolución de información espacialmente explícita y la dificultad de cuantificar las funciones y procesos del ecosistema en un entorno tridimensional altamente dinámico (Liquete *et al.* 2013).

Adicionalmente, los sistemas de clasificación de servicios ecosistémicos existentes se han creado teniendo en cuenta el entorno terrestre y, en muy pocos casos, abordan las particularidades del entorno marino, lo que genera inconsistencias en las terminologías utilizadas y desajustes conceptuales. Liquete *et al.* (2013) proponen un sistema de clasificación para los SEMyC que además de representar un nuevo sistema de clasificación, constituye una adaptación de las clasificaciones existentes (EEM, TEEB, CICES). Este sistema de clasificación ha sido empleado en diversas valoraciones integrales de servicios ecosistémicos adelantadas por la línea de valoración económica del INVEMAR en el caribe colombiano.

Colombia sea considerado como uno de los países con mayor número de conflictos ambientales en el mundo. Aunque los casos son contados, la valoración plural e integral ha sido explorada en varios estudios de caso. Esta valoración es la más adecuada para Colombia considerando su complejidad territorial, alta biodiversidad, conflictos internos, desigualdad social, grandes asimetrías de poder y conflictos ambientales. Este tipo de valoración puede convertirse en un elemento central para la disminución de asimetrías de poder y lograr una mayor justicia ambiental. IPBES pueden ser un primer paso de llamado en acción hacia el apoyo de este tipo de iniciativas desde todos los ámbitos.

Literatura citada

- Adriano, B., Arcila, M., Sanchez, R., Mas, E., Koshimura, S., Arreaga, P., & Pulido, N. (2017). Estimation of the Tsunami Source of the 1979 Great Tumaco Earthquake using Tsunami Numerical Modeling. In *Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake, 16WCEE* (Vol. 2017).
- Agudelo-Suarez, A. A., Martinez-Herrera, E., Posada-López, A., & Rocha-Buelvas, A. (2016). Ethnicity and Health in Colombia: What Do Self-perceived Health Indicators Tell Us?. *Ethnicity & disease*, 26(2), 147.
- Agudelo-Suárez, A. A., Martínez-Herrera, E., Posada-López, A., Sánchez-Patiño, D., & Viñas-Sarmiento, Y. (2014). Ethnicity and self-perceived oral health in Colombia: a cross-sectional analysis. *Journal of immigrant and minority health*, 16(1), 111-118.
- Andrade Castañeda, H. J., M. A. Segura Madrigal and E. Sierra Ramírez (2018). Servicios ecosistémicos aportados por sistemas de producción en laderas de la cuenca media del río Combeima (departamento del Tolima, Colombia): Un aporte a la gestión del recurso hídrico, Ibagué: Universidad del Tolima, 2018.
- Andrade, G. I. y Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica. En *Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 53:71.
- Arango Jaramillo, M. C., L. F. Álvarez Arango, G. A. Arango-Rojas, O. E. Torres and A. d. J. Monsalve-Ríos (2014). "Calidad del agua de las Quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia."
- Arboleda Daza, A. M. and D. Moyano Fonseca (2013). Aplicación de un método de identificación y priorización de servicios ecosistémicos para la formulación de medidas de gestión de un ecosistema en el marco de ordenamiento territorial en el municipio de Mosquera-Cundinamarca, Universidad Piloto de Colombia.
- Asociación ambientalista de las Herosas –ASOHERMOSAS, Pontificia Universidad Javeriana. (2014). Plan de desarrollo sustentable corregimiento de Las Herosas 2015-2030. Municipio de Chaparral – Tolima. 71 p.
- Barbier, E. B., & Burgess, J. C. (2017). Natural Resource Economics, Planetary Boundaries and Strong Sustainability. *Sustainability*, 9(10), 1858.

- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B. N., ... & Lebel, L. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 76-85.
- Bernal, G., Osorio, A. F., Urrego, L., Peláez, D., Molina, E., Zea, S., ... & Villegas, N. (2016). Occurrence of energetic extreme oceanic events in the Colombian Caribbean coasts and some approaches to assess their impact on ecosystems. *Journal of Marine Systems*, 164, 85-100.
- Bernal, G., Osorio, A. F., Urrego, L., Peláez, D., Molina, E., Zea, S., ... & Villegas, N. (2016). Occurrence of energetic extreme oceanic events in the Colombian Caribbean coasts and some approaches to assess their impact on ecosystems. *Journal of Marine Systems*, 164, 85-100.
- Bernardo y Chocó: Extensión y estado actual. PRY- BEM-005-13 (convenio
- Bolivar, J. M., Gutierrez-Velez, V. H., & Sierra, C. A. (2018). Carbon stocks in aboveground biomass for Colombian mangroves with associated uncertainties. *Regional studies in marine science*, 18, 145-155.
- Brown, C., King, S., Ling, M., Bowles-Newark, N., Ingwall-King, L., Wilson, L., Pietilä, K., Regan, E., & Vause, J. (2016). Natural Capital Assessments at the National and Sub-national Level. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Builes, E. (2013). "Cuantificación y análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica agrícola y pecuaria de la cuenca del río Porce." Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente.
- Burbano Garcés, M. L., Figueroa Casas, Apolinar, Peña, Miguel (2012). "BP-02. Flujo de NO, NH Y NH, en el Throughfall Y Stemflow en un bosque asociado un altoandino humedal de la ONU." Business Media Dordrecht 2017. DOI 10.1007/978-94-007-61735_280-1
- Carrillo-Hormaza, L., & Osorio, E. (2017). Botanical ingredients: The key link in Colombia for the development of innovative and natural pharmaceutical, cosmetic, and food products. *Vitae*, 24(2), 85-87.
- CEPAL Y PATRIMONIO NATURAL. Amazonia posible y sostenible. Bogotá: Cepal y Patrimonio Natural. Comisión Económica para América Latina y el Caribe - Cepal Parques Nacionales Naturales Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas Gordon and Betty Moore Foundation. 2013. ISBN: 978-958-57544-1-6. 258 p.

- Cerrón, J., J. del Castillo, V. Bonnesoeur, M. Peralvo and S.-L. Mathez (2019). "Relación entre árboles, cobertura y uso de la tierra y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales: Una síntesis del conocimiento."
- CGR (2018). Gestión y resultados del sector de agua potable y saneamiento básico con énfasis en los recursos del Sistema General de Participaciones 1994-2017. D. d. E. S. C. D. p. e. S. Social. Bogotá, CGR -Contraloría General de la República. 1: 102.
- Chan, K. M. a., Balvanera, P., Benessaiah, K., Chapman, M., Díaz, S., Gómez-Baggethun, E., ... Turner, N. (2016). Opinion: Why protect nature? Rethinking values and the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(6), 1462–1465.
<http://doi.org/10.1073/pnas.1525002113>
- CHEC. (2013). Informe de presentación al Mercado Reasegurador. Manizales - Caldas.: Grupo EPM - Central Hdroeléctrica de Caldas S.A. E.S.P. Colombia. 268 p.
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333. (21, julio, 2009). Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. En: Diario oficial. 21 de julio de 2009. Nro. 47.417
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 611. (17, agosto, 2010). Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática. En: Diario oficial. 29 de agosto de 2010. Nro. 44.144
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2064. (21, octubre, 2010). Por la cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de Fauna y Flora Terrestre y Acuática y se dictan otras disposiciones. En: Diario oficial. 26 de octubre de 2010. Nro. 47.874
- CORALINA-INVEMAR. 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.
- CORPOCALDAS. (2010). Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca del Río Chinchiná. Manizales: Corporación Autónoma Regional De Caldas " CORPOCALDAS".

Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC (2016). Plan de ordenación y manejo de la subcuenca hidrográfica del Río las Piedras (Actualización). Resolución 0751/2006. Piedras., F. P. R. L. Popayán, CRC: 457.

Correa-Rojas, C., Briceño-Zuluaga, F., Legarda, G.A. y Arteaga, CORTOLIMA. (2005). Proyecto plan de ordenación y manejo de la cuenca Hidrografía mayor del Rio Saldaña cuenca Amoyá. Convenio CORTOLIMA, Sena, Universidad del Tolima.

CORTOLIMA. (2018). Subdirección de Planeación y gestión tecnológica - CORTOLIMA. Respuesta DERECHO DE PETICION: radicado 136558 del 6/07/2018 por Claudia Alvarez.

Costanza, R. (2013). A theory of socio-ecological system change. *Journal of Bioeconomics*, 16(1), 39–44. <http://doi.org/10.1007/s10818-013-9165-5>.

Costanza, R., R. D'Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, & M. Van Den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253 – 260p.

Costanza, R., R. De Groot, P. Sutton, S. der Ploeg, S.J. Anderson, I. Kubiszewski, S. Farber & R.K. Turner. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environ. Change* 26, 152–158.

costera en Colombia: enfoque regional para la gestión

de Andrade, L. O. M., Pellegrini Filho, A., Solar, O., Rígoli, F., de Salazar, L. M., Serrate, P. C. F., ... & Atun, R. (2015). Social determinants of health, universal health coverage, and sustainable development: case studies from Latin American countries. *The Lancet*, 385(9975), 1343-1351.

del atlas de pastos marinos de Colombia: sectores Guajira, punta San

del riesgo. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" – INVEMAR–. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 33. Santa Marta,

Dhote, S., & Dixit, S. (2009). Water quality improvement through macrophytes—a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1-4), 149-153.

Díaz, J. M., & Acero, A. (2003). Marine biodiversity in Colombia: achievements, status of knowledge and challenges. *Biodiversidad marina en Colombia: Estado actual del conocimiento y desafíos futuros*. *Gayana*, 67(2), 261-274.

- Díaz, J.M., L. M. Barrios y D. I. Gómez-López (eds). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta, 160 p.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., ... & Bartuska, A. (2015). The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash., Larigauderie, A., Adhikari, JR., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, IA., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, KM., Figueroa, VE., Duraipah, A., Fischer, M... (2015). The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R., Mólnar, Z.,& Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 2018, 270-272.
- Duarte Torres, O., & Velho, L. (2009). Capacidades científicas y tecnológicas de Colombia para adelantar prácticas de bioprospección. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 4(12), 55-68.
- Duarte, O., & Velho, L. (2008). Análisis del marco legal en Colombia para la implementación de prácticas de bioprospección. *Acta Biológica Colombiana*, 13(2), 103-122.
- Duque C, Puyana M, Osorno O, Zea S. (2003). Análisis retrospectivo de las investigaciones en productos naturales marinos en Colombia durante los últimos quince años. En: *El Mundo Marino de Colombia: investigación y desarrollo de territorios olvidados*. Red de Estudios del Mundo Marino-REMAR, Universidad Nacional de Colombia. 313-329 p.
- Estela, F. A. y López – Victoria, M. (2005). Aves de la parte baja del río Sinú, Caribe colombiano; inventario y ampliaciones de distribución. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 34: 7-42.
- ESTRADA-CELY, Gloria; GAVIRIA, Alejandro y PACHECO, Juan. Estudio del marco normativo de la fauna silvestre en Colombia. *Revista Estudios de Derecho*. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas de la Universidad de Antioquia, julio – diciembre de 2016, vol. 73, nro. 162, pp. 107–139. DOI: 10.17533/udea.esde.v73n162a05
- Everard, M., Irvine, K., McInnes, R., Middleton, B., van Dam, A., Davidson, Fedele, G., Locatelli, B., & Djoudi, H. (2017). Mechanisms mediating the contribution of ecosystem services to human well-being and resilience. *Ecosystem Services*, 28, 43-54.

- Fonseca, H. and M. Ataroff (2005). "Dinámica hídrica en la selva nublada de la cuenca alta del río Cusiana y un pastizal de reemplazo, Cordillera Oriental, Colombia." *Dinámica hídrica en sistemas neotropicales. Investigaciones en Dinámica Hídrica de la red RICAS*. ICAE, Mérida, Venezuela: 31-36.
- Galarza Beltrán, G. M., L. L. Quinche Bareno, D. A. Aguilera Velasco, C. Garzón Ladino, J. Manzano Álvarez, L. C. Corredor Martínez, E. D. Hernández Aldana, M. Guerrero, A. Yesid and P. A. Tamayo Millán (2016). *Estudio limnológico de varios sistemas lóticos y lénticos aledaños a la reserva Yotoco Valle del Cauca, Colombia, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*.
- García. 2014. Informe técnico Final Proyecto de Actualización cartográfica Gobernación del Cauca, 2016-2019. Vulnerabilidad y Riesgo en Sistemas de Agua Potable en el Cauca – AQUARISC. Proyecto de investigación. SGR-CTI.
- Gómez, D., & Soto, G. N. (2007). Ilegalidad de la investigación genética en Colombia. *Pensamiento Jurídico*, (18).
- Gómez, S. P. M., & Ossa, Y. K. H. (2015). Biotecnología aplicada al desarrollo agropecuario colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 97-108.
- Gómez-Cardona, C., Contreras, A., Guillen-Oñate, K. y Maldonado, C. 2018. Valoración del potencial turístico de las aves en el Parque Regional Natural del Sistema Manglárico de las bocas de Guacamaya, Santiago de Tolú, departamento de Sucre. Informe Técnico. INVEMAR Santa Marta. 68p.
- Gómez-López, D., C. Díaz, E. Galeano, L. Muñoz, S. Millán, J. Bolaños y C.
- Goyes, D. R., & South, N. (2015). Land-grabs, biopiracy and the inversion of justice in Colombia. *British Journal of Criminology*, 56(3), 558-577.
- Guerrero, R., Prada, S. I., Pérez, A. M., Duarte, J., & Aguirre, A. F. (2015). *Universal Health Coverage Assessment Colombia*.
- Guerry, A. D., Polasky, S., Lubchenco, J., Chaplin-Kramer, R., Daily, G. C., Griffin, R., ... & Feldman, M. W. (2015). Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7348-7355.
- Guhl, E. (2008). "La huella humana y la sostenibilidad." Ciudad: Universidad Nacional de Colombia.

- Güiza, L., & Bernal, D. (2013). Bioprospecting in Colombia. *Universitas Scientiarum*, 18(2), 153-164.
- Haines-Young, R., Potschin, M., & Kienast, F. (2012). Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs. *Ecological Indicators*, 21, 39-53.
- Hochard, J. P., Hamilton, S., & Barbier, E. B. (2019). Mangroves shelter coastal economic activity from cyclones. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(25), 12232-12237.
- Horstman, E. M., Dohmen-Janssen, C. M., Narra, P. M. F., Van den Berg, N. J. F., Siemerink, M., & Hulscher, S. J. (2014). Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations. *Coastal engineering*, 94, 47-62. }
- Hunt, B., & Vincent, A. C. (2006). Scale and sustainability of marine bioprospecting for pharmaceuticals. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 35(2), 57-64.
- IDEAM (2018). Estudio Nacional del Agua. M. d. A. y. D. Sostenible. Bogota, Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- IDEAM. (1990 - 2016). Mapas de Bosque no Bosque. Recuperado el 20 de mayo de 2018 de <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas>
- IDEAM.(2000-2012). Mapas de cobertura cuenca del rio Amoyá. Recuperado el 20 de mayo de 2018 de <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapa>
- Instituto Alexander von Humboldt. (2012). Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- interadministrativo 2131068). Fonade-MADS-Invemar. Santa Marta.
- INVEMAR, 2017. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia, 2016. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR, 2017. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia, 2016. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR, 2019. Informe del estado de los ambientes y recursos
- James, J. y C. Márquez. 2011. Valoración Económica del buceo, como estrategia de uso sostenible de la biodiversidad marina, Archipiélago de San Andrés y Providencia, Caribe Colombiano. *Rev. Gest. Amb*, 14(1), 37-54.

- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C (2016). Colombia Anfibia, un país de humedales 2. Bogotá, D. C., Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. II: 116.
- Jetzkowitz, J., van Koppen, C. S. A., Lidskog, R., Ott, K., Voget-Kleschin, L., & Wong, C. M. L. (2017). The significance of meaning. Why IPBES needs the social sciences and humanities. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 1-23.
- Joly, C. A., & Bolzani, V. S. (2017). The Challenge of Including Chemodiversity, and the Potential Economic Use of New Natural Compounds and Processes, in the BIOTA/FAPESP Program. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(3), 391-392.
- Krause-Jensen D., Duarte C. M. Substantial role of macroalgae in marine
- Leal, M. C., Puga, J., Serôdio, J., Gomes, N. C., & Calado, R. (2012). Trends in the discovery of new marine natural products from invertebrates over the last two decades—where and what are we bioprospecting?. *PLoS One*, 7(1), e30580.
- Liquete, C., C. Piroddi, E.G. Drakou, L. Gurney, S. Katsanevakis, et al. 2013. Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. *PLoS ONE* 8(7): e67737.
- Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., & Egoh, B. (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PloS one*, 8(7), e67737.
- Londoño, N., Tamayo, C. (2018). Estrategia de Sostenibilidad Financiera del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Recuperado de Subdirección de Sostenibilidad y Negocios Ambientales - Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá, - Parques Nacionales Naturales de Colombia
- M.E. 2018. Amenaza y vulnerabilidad por erosión
- Macreadie, P. I., Anton, A., Raven, J. A., Beaumont, N., Connolly, R. M., Friess, D. A., ... & Lovelock, C. E. (2019). The future of Blue Carbon science. *Nature communications*, 10(1), 1-13.
- Macreadie, P. I., Anton, A., Raven, J. A., Beaumont, N., Connolly, R. M., Friess, D. A., ... & Lovelock, C. E. (2019). The future of Blue Carbon science. *Nature communications*, 10(1), 1-13.

macroalgal export can make an important contribution to deep sea carbon

Maldonado, J., Moreno, R., Espinoza, S., Bruner, A., Garzón, N. Y Myers, J. (2016) La paz es mucho más que palomas: Beneficios económicos del acuerdo de paz en Colombia a partir del turismo de observación de aves. Conservation Strategy Fund, Serie Técnica 22 N° 46. Disponible en: http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/Audubon_-_Digital.pdf/

MANCERA, Javier. y REYES, Otto. Comercio de fauna silvestre en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 2008, vol. 61, nro. 2, pp. 4618 – 4645

Marchetti, M., Vizzarri, M., Lasserre, B., Sallustio, L., & Tavone, A. (2015). Natural capital and bioeconomy: challenges and opportunities for forestry. *Annals of Silvicultural Research*, 38(2), 62-73.

marinos y costeros en Colombia, 2018. Serie de Publicaciones

Marois, D. E., & Mitsch, W. J. (2015). Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands—a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 71-83.

Martínez ML, Intralawan A, Vázquez G, Pérez-Maqueo O, Sutton P, et al. (2007) The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63: 254–272.

Martinez, H., Jaime, A., & Camacho, J. (2014). Biotechnology profile analysis in Colombia. *Scientometrics*, 101(3), 1789-1804.

Martínez, ML., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P, et al. (2007) The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63: 254–272.

MEA. (2005). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014) Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 101 p.

Montgomery, J., Bryan, K., Horstman, E., & Mullarney, J. (2018). Attenuation of tides and surges by mangroves: contrasting case studies from New Zealand. *Water*, 10(9), 1119.

- Moreno, L. A., Andrade, G. I., y Ruíz-Contreras, L. F. (2016). Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 3: 106.
- Mulligan, M. and A. Jarvis (2000). "Laboratory simulation of cloud interception by epiphytes and implications for the hydrology of the Tambito Experimental Cloud Forest, Colombia." *Journal of Hydrology*.
- MUÑOZ, Diana. Revisión de la Normatividad para Zoocriaderos en Colombia. Bucaramanga: Especialización en Ingeniería Ambiental. Universidad Industrial de Santander. 2011. 86 p.
- N. C. 2017. *The Wetland Book*, Springer Science+
- Nellemann, C., & Corcoran, E. (Eds.). (2009). *Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment*. UNEP/Earthprint.
- Nemogá, G. R. (2014). Biodiversity research and conservation in Colombia (1990–2010): the marginalization of indigenous peoples' rights. *Canadian Journal of Latin American and Caribbean Studies*, 39(1), 93-111.
- O., González, M.E., Bejarano-Espinosa, M., Morales, D.F., Ocampo-Peñuela, N. y Winton, R.S. (2017). Economic and Conservation Potential of Bird-Watching Tourism in Postconflict Colombia. *Tropical Conservation Science*. Volume 10: 1–6. doi: 10.1177/1940082917733862
- Olley, J., D. Ward, J. Mahon, N. Saxton, T. Pietsch, P. Laceby, F. Bengtsson, C. Rose and F. Pantus (2010). "Phase 2c report: rehabilitation priorities Lockyer focal area - Healthy Country Project. ." Brisbane: eWater CRC.
- Olley, J., D. Ward, J. McMahan, N. Saxton, T. Pietsch, P. Laceby, F. Bengtsson, R. Calvin and F. Pantus. 2010. Phase 2c report: Rehabilitation priorities Lockyer focal area. Healthy Country Project. eWater Cooperative Research Centre Queensland, Australia. 61 p.
- Ortega Molina, L. F. (2014). Evaluación comparativa del papel de diferentes coberturas vegetales sobre algunos servicios ecosistémicos en los Andes colombianos, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
- Ortega, L. F., León, J. D., & Villegas, J. C. (2014). Evaluación comparativa del papel de diferentes coberturas vegetales sobre algunos servicios ecosistémicos en los Andes colombianos (Doctoral dissertation, Masters thesis in Geomorphology and Soils. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín).

- Osorio-Cano, J. D., Alcérreca-Huerta, J. C., Osorio, A. F., & Oumeraci, H. (2018). CFD modelling of wave damping over a fringing reef in the Colombian Caribbean. *Coral Reefs*, 37(4), 1093-1108.
- Osorio-Cano, J. D., Alcérreca-Huerta, J. C., Osorio, A. F., & Oumeraci, H. (2018). CFD modelling of wave damping over a fringing reef in the Colombian Caribbean. *Coral Reefs*, 37(4), 1093-1108.
- Ossa Valencia, J., T. Betancur Vargas, J. Camilo Duque, A. Jose Cardona Pérez, L. Pineda Zapata, P. Pablo Villegas Yepes, V. Paredes Zúñiga and C. Molano Cajigas (2018). "Physical, chemical and biological characterization as support for water governance in a hydrogeological system of Colombia." *Geologia Croatica* 71(2): 97-104.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325 (5939): 419-422.
- Oviedo, M., Néstor, Reinoso-Flórez, Gladys (2018). "Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia)." *Revista Colombiana de Entomología* 44(1): 101-109.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., ... & Maris, V. (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26, 7-16.
- PEÑA et al., Orientaciones para reducción de la deforestación y degradación de los bosques: Ejemplo de la utilización de estudios de motores de deforestación en la planeación territorial para la Amazonia colombiana. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas «SINCHI» y GIZ. 2016, 41 p. ISBN: 978-958-59513-5-8
- Pérez, M., J. Rojas and C. Ordoñez (2010). *Desarrollo sostenible: Principios, aplicaciones y lineamientos de política para Colombia*. Cali, Colombia., Universidad del Valle - Instituto CINARA. Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- PNN. (2016). *Valoración del Servicio Ecosistémico de Retención de Sedimentos - Cuenca del Río Chinchiná - Parque Nacional Natural Los Nevados*. Bogotá D.C.: Parques Nacionales Naturales - Subdirección de Sostenibilidad y Negocios Ambientales.
- Prato, J. y R. Newball. 2015. *Aproximación a la valoración económica ambiental del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – Reserva de la Biósfera Seaflower*. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano-SECCO,

Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA. Bogotá, 170 pp.

Prato, J., & Newball, R. (2015). Aproximación a la Valoración Económica Ambiental del departamento archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina Reserva de Biósfera de Seaflower. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano SECCO, Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina-CORALINA. Bogotá, Colombia. 169 p.

Puyana M. (2015) Desarrollo de productos derivados de algas. Reporte Técnico. Convenio de Cooperación Científica y Técnica para el establecimiento y desarrollo de un proyecto piloto de cultivo de algas y desarrollo de productos basados en sus derivados. CORALINA-FISH AND FARM C-ENTERPRISE-UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO-UNGRD. Bogotá, 13 de octubre de 2015. 27 pp.

Ramírez, B. H., M. van der Ploeg, A. J. Teuling, L. Ganzeveld and R. Leemans (2017). "Tropical Montane Cloud Forests in the Orinoco river basin: The role of soil organic layers in water storage and release." *Geoderma* 298: 14-26.

Rangel-Buitrago, N., Williams, A. T., & Anfuso, G. (2018). Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls. *Ocean & Coastal Management*, 156, 58-75.

Recaman L. (2017). manejo adaptativo del territorio en una cuenca altoandina desde la diversidad cultural y ecosistémica. Tesis de doctorado en Ciencias ambientales. Universidad del Cauca. 417 p.

Reed, M. S., Allen, K., Attlee, A., Dougill, A. J., Evans, K. L., Kenter, J. O., ... & Scott, A. S. (2017). A place-based approach to payments for ecosystem services. *Global Environmental Change*, 43, 92-106.

Restrepo, J. (2015). El impacto de la deforestación en la erosión de la cuenca del río Magdalena (1980-2010), doi: 10.18257/raccefyn. 141. *Rev. acad. colomb. cienc. exact. fis. Nat.(en línea)*, 39(151), 250-267.

Restrepo-López, J. C., Ortiz-Royero, J. C., Otero-Díaz, L., & Ospino-Ortiz, S. R. (2015). Transporte de sedimentos en suspensión en los principales ríos del Caribe colombiano:

magnitud, tendencias y variabilidad. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 527-546.

Reyes, M. (2014). Importancia económica de la provisión y regulación hídrica de los parques Nacionales de Colombia para los sectores productivos del país. Simposio.

Ricaurte-Villota, C., Coca-Domínguez,

Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., BedoyaGaitán, M., Valderrama, N., Anderson, C. B., ... & Fennessy, S. (2018). Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES book.

RICO, Guillermo. Zoocría en Colombia: ¿Es sostenible y garantiza la conservación de las poblaciones naturales? 2016. [En línea] Recuperado en 2018-08-24. Disponible en: <https://goo.gl/WKejrA>

Rincón-Ruíz, A., Echeverry Duque, M. A., Piñeros Quiceno, A. M., Tapia Caicedo, C., David Drews, A., Arias Arévalo, P., & Zuluaga Guerra, P. A. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rivera Ospina, D. (2017). Definición de criterios para la delimitación de los diferentes tipos de Páramos del País y de lineamientos para su conservación: parte 1 Propuesta de tipología socioecológica de los Páramos del País. Propuesta de criterios que deben guiar los procesos de delimitación del Páramo. Análisis de limitaciones y oportunidades de aplicación de criterios de delimitación de Páramos.

Roa-García, M., S. Brown, H. Schreier and L. Lavkulich (2011). "The role of land use and soils in regulating water flow in small headwater catchments of the Andes." *Water Resources Research* 47(5).

Rojas, J., L. Robayo and D. Córdoba (2017). Diagnóstico nacional. N.-R. d. i. a. SUI, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Roldan, G. (2003). Biondicación de la calidad de aguas en Colombia. Uso del método BMWP/Col., Medellín. Colombia, Editorial Universidad de Antioquia.

Roldán-Pérez, G. (2016). "Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica." *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40(155): 254-274.

- Ruiz, D. Incidencia de la producción agrícola en el servicio ecosistémico de abastecimiento de agua para consumo humano en cuencas altoandinas, Tesis de doctorado en Ciencias ambientales. Universidad del Cauca. 280p.
- Sánchez-Núñez, D. A., & Mancera-Pineda, J. E. (2012). Pollination and fruit set in the main neotropical mangrove species from the Southwestern Caribbean. *Aquatic botany*, 103, 60-65.
- Sánchez-Núñez, D. A., Bernal, G., & Mancera-Pineda, J. E. (2019). The Relative Role of Mangroves on Wave Erosion Mitigation and Sediment Properties. *Estuaries and Coasts*, 1-15.
- Sánchez-Núñez, D.A., Bernal, G. & Mancera Pineda, J.E. *Estuaries and Coasts* (2019). <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00628-9>
- Sánchez-Páez, H., G. Ulloa-Delgado y H. Tavera-Escobar. 2004. Manejo integral de los manglares por comunidades locales, Caribe Colombiano. Proyecto PD 60/01 Rev. 1(F) Manejo sostenible y restauración de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia. Bogotá, D.C. Colombia.
- Sarmiento, C. (2016). Páramos y Humedales. Construcción de insumos técnicos para la gestión integral del territorio y la adaptación al cambio climático en ecosistemas estratégicos. biodiversidad. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 1: 216.
- Seiter, K., C. Hensen, and M. Zabel. 2005. Benthic carbon mineralization on a global scale, *Global Biogeochemical Cycles*, 19, GB1010, doi:10.1029/2004GB002225, 2005. 3173
- SEMANA. Controversia por cifra de deforestación en la Amazonia colombiana. Semana Sostebile. 14 de julio de 2019. [En línea] Recuperado en 2019-10-14. Disponible en: http://cort.as/-MT_N
- Sharp, R., Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., Chaplin-Kramer, R., . . . Bierbower, W. (2015). InVEST +VERSION+ User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.
- Sierra-Correa, P.C., Arias-Isaza, F., Gomez, R. y Eses, E.M. (2018). Mangroves, Sea-grasses and Local Communities: Governance and experiences exchange of the integral management of biodiversity and its services at the Caribbean (MAPCO). 71st GCFI Conference. Isla de San Andrés, Colombia.

- Smith, S. V. (2013). *Parsing the Oceanic Calcium Carbonate Cycle: A Net Atmospheric Carbon Dioxide Source Or a Sink?*. Association for the Sciences of Limnology and Oceanography
- Social, M. d. S. y. P. (2018). Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo humano INCA. Bogotá, Subdirección de salud ambiental. 1: 362.
- Spangenberg, J. H., Görg, C., Truong, D. T., Tekken, V., Bustamante, J. V., & Settele, J. (2014). Provision of ecosystem services is determined by human agency, not ecosystem functions. Four case studies. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10(1), 40-53.
- Stand, A. P. M., & London, D. Z. H. (1983). EL TERREMOTO DE TUMACO, COLOMBIA, 1979'. *BOLETIN DE LA OFICINA SANITARIA PANAMERICANA*.
- Tamaris T, C. E. S. L., Tatiana Katherine (2009). "Una inspección al papel de la producción de los Plecópteros en ecosistemas lóticos."
- Tobón, C. (2009). Los bosques andinos y el agua, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation.
- Tobón, C., Morales, Eydith Girleza Gil (2007). "Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los páramos andinos." *Avances en recursos Hidráulicos*(15).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). *World Urbanization Prospects 2018: Highlights (ST/ESA/SER.A/421)*.
- Van der Ploeg, S. & R.S. de Groot. 2010. *The TEEB Valuation Database – a searchable database of 1310 estimates of monetary values of ecosystem services*. Foundation for Sustainable Development, Wageningen, the Netherlands.
- Vargas-Morales, M., Sánchez, D., Amaya, E., Contreras, Andrea Sánchez-Maldonado, J., Acosta, A., Pérez, D., Pupo, L., Vilorio, E., 2013. *Valoración Integral de los Principales Bienes y Servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de manglar. Elementos Técnicos y Generación de Capacidad para el Ordenamiento y Manejo de los espacios y recursos marinos, costeros e insulares de Colombia*. INVEMAR. Informe Técnico. Santa Marta, Colombia.

Villanueva, L.V.L. Mangrove Ecosystems (Colombia). In: Finlayson, C. M., Young, I. R., & Ribal, A. (2019). Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. *Science*, 364(6440), 548-552.

Tabla 1. Acrónimos usados en el texto.

Acrónimos	Explicación
COP	Pesos Colombianos
EEM	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
GEI	Gases Efecto Invernadero
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “Jose Benito Vives de Andrés”
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PNN	Parque Nacional Natural

Estudios de Caso

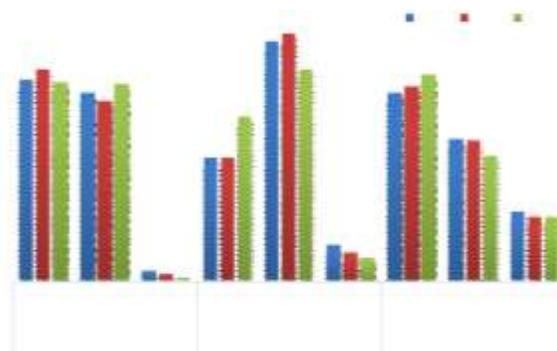
Valoración integral en la subcuenca del río Las Piedras, Popayán, Cauca

Por: Diana Ruiz

El río Las Piedras es un importante tributario de la cuenca alta del río Cauca, ubicado en la cordillera central de los Andes, sobre las franjas de bosque andino y altoandino, en el departamento del Cauca. Es considerado un ecosistema estratégico por ser la principal fuente de abastecimiento de agua para la capital del Cauca (abastece el 70% de usuarios de la empresa de acueducto de Popayán) y contiene la única zona de páramo del municipio. Además, río Las Piedras hace parte del área de amortiguamiento del PNN Puracé.

En la subcuenca, la oferta hídrica es buena (caudal 2,48 m³, ICA ≥ 80), para los diferentes usos que se hacen del agua proveniente de esta fuente. Lo anterior, es resultado del trabajo conjunto que se adelanta por parte de las comunidades e instituciones locales, con acciones de recuperación de coberturas naturales reguladoras y procesos sociales con prácticas agrícolas sostenibles.

Los cambios de coberturas en la subcuenca del río Las Piedras indica que ha habido un incremento de las áreas naturales hacia las zonas media y baja, que favorecen la capacidad de regulación y recarga hídrica. Sin embargo, la ampliación de las áreas de pastos y cultivos genera conflictos entre las entidades y las comunidades locales, por la disponibilidad del recurso hídrico destinado al consumo humano y las actividades productivas.



La zona alta de la subcuenca se asocia con contribuciones de regulación y no materiales, relacionadas con las coberturas naturales reguladoras de importancia ecológica y cultural. En la zona media predomina la disponibilidad de áreas productivas y atractivos ecoturísticos, mientras

que la zona baja representa las dinámicas de abastecimiento, con zonas cultivadas y la provisión de agua (contribuciones materiales).

En cuanto al manejo y gestión de la subcuenca, existen acciones de gobernanza mediante acuerdos de iniciativas comunitarias, entre ellos el pacto de Paz y Convivencia (2002), la construcción de un acuerdo de voluntades para la planificación de la subcuenca (2005), la gestión del riesgo para conformar un sistema de alertas agroclimáticas tempranas participativas SAATP (2012) y la propuesta de herramientas para fortalecer la oferta ambiental a través de un fondo de agua (2017).

Valoración del servicio ecosistémicos de control de erosión en la cuenca del Río Chinchiná- Parque Nacional Natural Los Nevados

Por: Miguel A. Bedoya

La cuenca del río Chinchiná se localiza en la región centro-sur del departamento de Caldas, sobre la vertiente occidental de la cordillera Central. Se encuentra en jurisdicción de cinco municipios: Manizales, Villamaría, Chinchiná, Palestina y Neira. La cuenca pertenece a la zona Hidrográfica Magdalena-Cauca y es el afluente más importante del río Cauca por su margen derecha. En la parte sur oriente (municipio de Villa Maria) se encuentra el Parque Nacional Natural (PNN) Los Nevados, donde nace el Río Claro, uno de los principales afluentes de la cuenca.

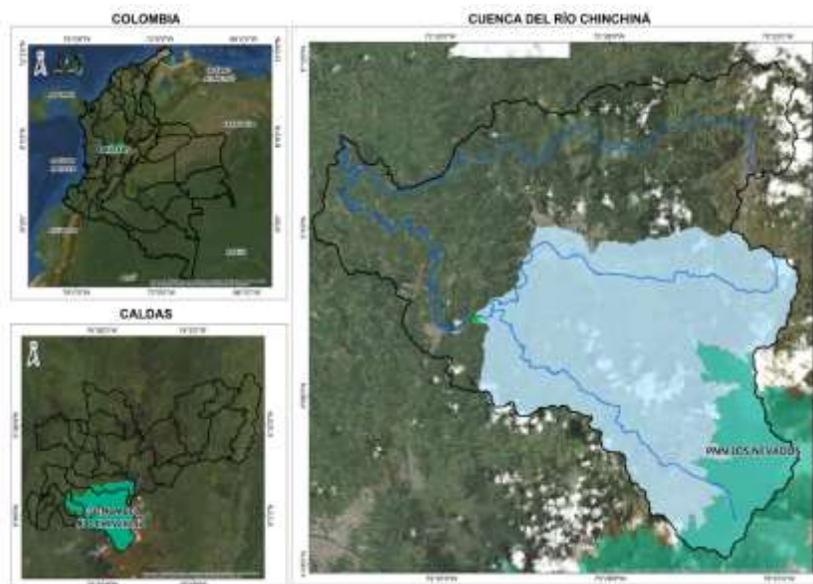


Figura 1. Ubicación general de la Cuenca del Río Chinchiná.

La cuenca presenta una oferta hídrica promedio anual de $30.75 \text{ m}^3/\text{s}$. Abastece a poblaciones de gran importancia económica como la ciudad de Manizales y municipios como Villa María

y Neira. Así mismo, brinda recurso hídrico al sector hidroeléctrico, agropecuario, servicios, entre otros. (Corpocaldas, 2010).

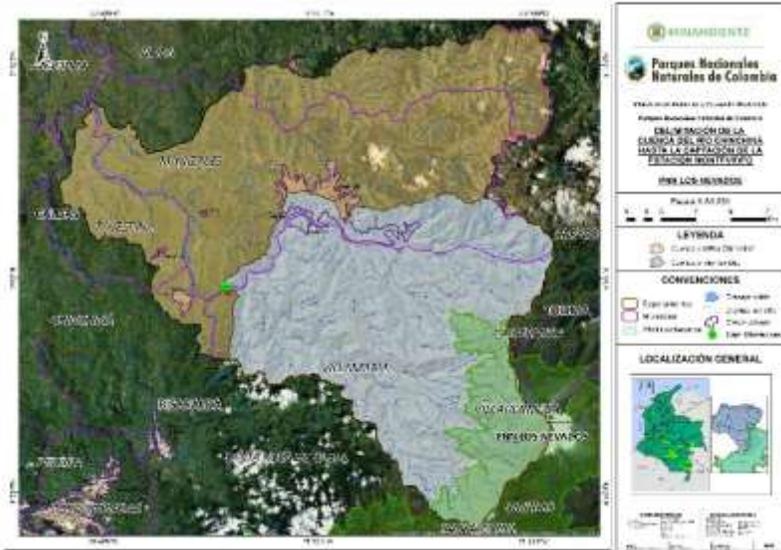


Figura 2. Cuenca del Río Chinchiná delimitada hasta la bocatoma de Montevideo de la CHEC.

En la fig 2 se presenta la Cuenca del Río Chinchiná delimitada hasta la bocatoma de Montevideo, donde la Central Hidroeléctrica de Caldas

(CHEC) hace un uso directo del agua para transportarla al embalse de Camaguadua a través de un sistema de tuberías con el fin de generar energía hidroeléctrica.

El PNN Los Nevados tiene diferentes presiones por el uso, ocupación y la tenencia de la tierra. En este sentido se identifica que aproximadamente el 14,3% del área del parque en la cuenca presenta coberturas de presión asociadas con actividades agropecuarias.

Escenario	Condición Climática	Cobertura
1	Año medio	Actual
2	Año húmedo	Actual
3	Año medio	Bosques a pastos y cultivos
4	Año húmedo	Bosques a pastos y cultivos
5	Año medio	Cob. Antrópica a bosques (5 km buffer)
6	Año húmedo	Cob. Antrópica a bosques (5 km buffer)

Tabla 1. Escenarios para el cálculo de sedimentos exportados

En el ejercicio de valoración se priorizó el servicio ecosistémico de retención de sedimentos con relación al beneficio que brinda la cuenca hacia el sector hidroeléctrico, teniendo en cuenta el aporte de la conservación del PNN Los Nevados en términos del control de la erosión. En esta medida, se identificó que el área de estudio (PNN Los Nevados y Cuenca del Río Chinchiná delimitada hasta la bocatoma de Montevideo) presenta contribuciones de regulación y no materiales relacionadas con la provisión de agua en calidad y cantidad, la formación y protección de suelos, así como la provisión de alimentos, entre otras contribuciones.

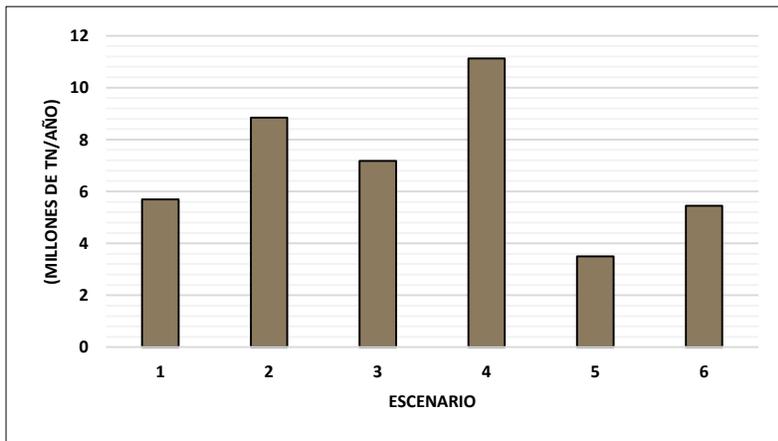


Figura 3. Sedimentos exportados por cada escenario.

A partir de las estimaciones de sedimentos exportados, se identificó que, si no existiera el PNN Los Nevados en la cuenca del Río Chinchiná en el

Departamento de Caldas, los sedimentos exportados aumentarían en 1,48 millones de toneladas anuales, lo que incrementaría los costos de remoción de sedimentos de la Central Hidroeléctrica de Caldas en \$ 65.722 COP millones para los próximos 20 años, es decir \$ 3.286 COP millones anuales.

Aportes al componente programático del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Chinchiná, construcción de insumos para la definición de la estructura ecológica principal de Manizales, fortalecimiento de los procesos de reconocimiento y gobernanza del PNN Los Nevados con sectores beneficiarios de los servicios ecosistémicos, así como la presentación de insumos técnicos para la estructuración de esquemas de pagos por servicios ambientales en el marco del Fondo del Agua Vivo Cuenca.

El difícil camino de la paz y la sostenibilidad. Un análisis del sistema socioecológico de la cuenca del Rio Amoyá, Colombia, bajo el marco IPBES.

Por: Álvarez C., Rincón-Ruiz A., Marín W.

La cuenca del río Amoyá en los Andes colombianos nace en el Parque Nacional Natural Las Hermosas en la cordillera central, originándose a los 3900 m.s.n.m con una extensión de 145.617.9 ha. Se identifican desde bosques secos y bosques húmedos hasta páramos y a escala regional se localiza el Páramo Las Hermosas y Chili –Barragán. (Figura 1).

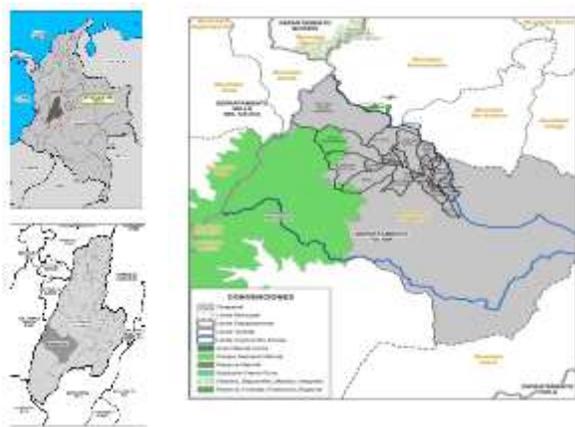


Figura 1. Localización cuenca Amoyá y división territorial corregimiento de Las Hermosas, municipio de Chaparral, Tolima. En verde el PNN Las Hermosas y los páramos Las Hermosas y Chili –Barragán. Fuente: SIAC, 2016. Plan de ordenamiento territorial POT, municipio de Chaparral - Tolima, 2001.

Es una zona importante por su oferta hídrica que se calcula en 1362 millones m^3 anuales, siendo el hogar del corregimiento de Las Hermosas (CORTOLIMA, 2005) donde se encuentran territorios forestales y agropecuarios. La concesión de agua proveniente de la cuenca es de 599 millones de m^3 al año, que surten el acueducto municipal de Chaparral, abasteciendo a 26.716 personas (DANE 2005, Proyección 2016) así como sistemas de riego, acueductos rurales, unidades agropecuarias, batallones y la generación de energía en la Hidroeléctrica Amoyá La Esperanza (CORTOLIMA, 2018).

A escala local, en el corregimiento de Las Hermosas, las comunidades campesinas e indígenas, han conformado una sociedad de 6600 personas cuya identidad se expresa en la producción de café y ganadería que abastecen los mercados regionales y nacionales. En este sistema socioecológico (Sse), los vínculos con la naturaleza-cuenca del río Amoyá, se perciben

como: “la vena, la arteria y la madre del corregimiento”, así como una cuenca hidrográfica que se considera, “la reserva principal del conocimiento”.

En términos de contribuciones económicas, la caficultura en el área rural y la provisión de agua al acueducto urbano, aportan un aproximado de \$47 mil millones de COP a la economía regional (a un horizonte de 20 años y una tasa de descuento del 12%), ligado a su vez, a la generación y comercialización de energía eléctrica que proviene de los derechos de uso sobre el río Amoyá y Davis por la empresa ISAGEN.

El valor ecológico que otorga la cuenca se asocia principalmente con la capacidad para proveer agua debido a la existencia de un área de bosques densos y herbazales, mientras en términos de valoración sociocultural, se ha diseñado un sistema de gobernanza comunitaria, a escala vereda-predio, que involucra instrumentos de políticas públicas, acuerdos para la conservación y delimitación de áreas protegidas veredales y reglas para el uso del bosque (Figura 2).



Figura 2: Valoración integral. Fuente: Claudia Álvarez, Trabajo de campo, 2017-2018

La aplicación de los elementos planteados por IPBES a nivel local, evidencio la existencia de 13 tipos de contribuciones de la naturaleza para campesinos e indígenas. Aquí, el clima, el agua para las personas y animales, la tierra para cultivar, la pesca, la leña, “el disfrute de la luna”, y “la corriente de aire que aleja los zancudos”, entre otras contribuciones, han tenido una incidencia directa en la gestión del territorio y son considerados como elementos de sobrevivencia.

Sin embargo, el modelo de explotación económica en el corregimiento de Las Herosas, promueve los suelos para pastoreo de ganado y la agricultura, a expensas de las áreas naturales. Entre los años 1990 y 2016, se han reemplazado 22.361 ha de bosques por coberturas productivas, lo que resulta en un *trade-off* de servicios de provisión de alimentos y sus efectos sobre las contribuciones regulatorias y materiales de los bosques (Figura 4).

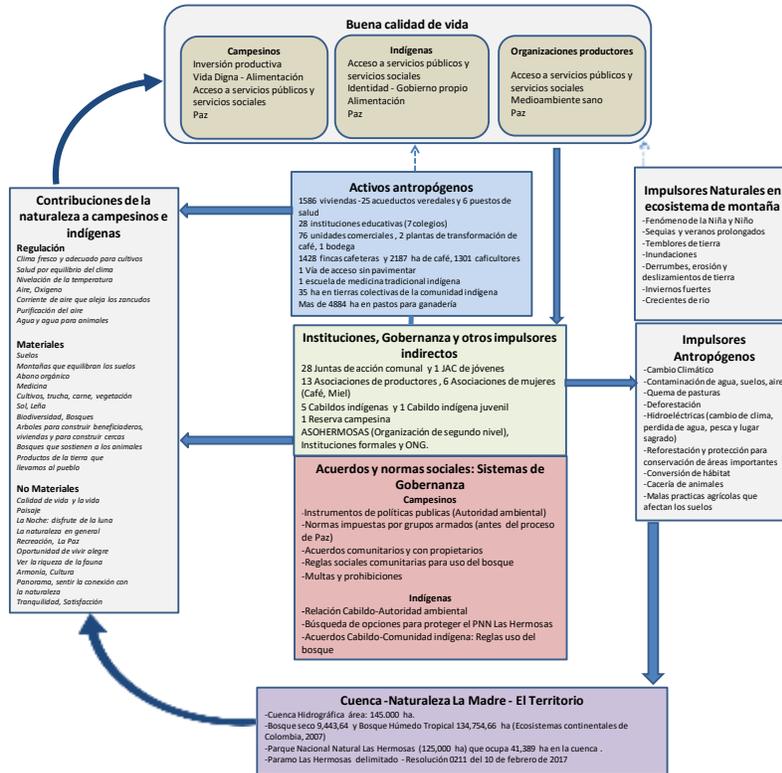


Figura 3. Diagrama que representa los elementos de un Sse basado el marco conceptual de IPBES (Díaz, et al 2015) y la comunidad campesina e indígena del cañón de Las Herosas, 2018.

Fuente: Claudia Álvarez, Alexander Rincón, Wilmer Marín – 2019 (por publicar)



Área de Bosque/No Bosque año 1990

Bosque	No Bosque	Sin información	Total
77 024.85	65 295.09	3297.97	145 617.92



Área de Bosque/No Bosque año 2016

Bosque	No Bosque	Sin Información	Total
54 663.79	85 135.10	5819.03	145 617.92

Total Deforestación 1990-2016 22 361.07 ha
--

Figura 4. Cambio de uso del suelo 1990-2016. Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.1990-2016

Los resultados del análisis de costos/beneficios del cambio de uso del suelo a coberturas de café y ganadería (26 productores entrevistados), mostraron que los beneficios económicos obtenidos por hectárea de café en producción, se encuentran entre \$816 000 y \$6 189 000 COP anuales. De otro lado, los sistemas evaluados para ganadería de carne y leche representan beneficios por hectárea en promedio al año de \$507.000 COP y al igual que el café, se ubican por debajo del ingreso mínimo legal. En consecuencia, espacios naturales en la alta montaña de altísima importancia para la conservación de la biodiversidad, están viéndose reducidos y reemplazados por actividades poco rentables y que finalmente derivan en la ampliación de la frontera agropecuaria.

En términos de manejo y gestión, existen acuerdos comunitarios para el uso de los recursos naturales y el bosque especialmente. Se otorgan permisos de aprovechamiento forestal no comercial, que son solicitados ante la Asamblea de las Juntas de Acción Comunal. A su vez, se prohíben las quemas, fumigación con químicos en la etapa de limpia del café y caza de animales. Otras estrategias se ligan a la imposición de multas por árbol talado con un impuesto de \$20 000 COP y la siembra de cinco arboles por individuo aprovechado, que es gestionado por los comités de conciliación y ambiental de deforestación y quemas. Algunas veredas han delimitado áreas de reforestación y restauración, áreas de conservación en acueductos veredales y zonas de disposición de basuras (Figura 5).



Un ejemplo de movilización social, se dió en el año 2014, cuando se formuló participativamente el “Plan de Desarrollo Sustentable corregimiento de Las Hermosas 2015-2030” que contiene la ruta para promover y gestionar desde la educación, la investigación y conservación de la biodiversidad,

hasta el pago por servicios ecosistémicos, entre otros, (ASOHERMOSAS, 2014).

Figura 5. Instituciones y Sistemas de gobernanza: Acuerdos y normas sociales para el uso de los recursos naturales. Tomadores de decisión. Fuente: Claudia Álvarez, Trabajo de campo 2017-2018

La zootría en Colombia como estrategia productiva y de conservación de especies

Por: Gloria Elena Estrada Cely



Los sistemas productivos establecidos en la región amazónica colombiana se desarrollan en el marco de la fragmentación de los ecosistemas naturales, con enfoque extractivista o de producción extensiva de especies exóticas. La pérdida de las coberturas vegetales es uno de los principales impactos ambientales ocasionados en la región, que para 2017, se calculó en más de 156 mil hectáreas de bosque, lo que supone un incremento del 65% con relación a 2016, concentrándose en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Meta (Semana

sostenible, 2019). La ganadería extensiva en todas sus escalas y con bajos índices productivos, los cultivos lícitos e ilícitos y la extracción de madera, se identifican como las actividades responsables de la mayor proporción de deforestación (Peña *et al.* 2016).

Aunque la Amazonía suele imaginarse como una región remota, uniforme y deshabitada, en la práctica presenta una diversidad ecosistémica incalculable que la identifica como una de sus mayores fuentes de riqueza biofísica del país. Además, esta región alberga cerca del 2,3% del total de la población nacional, principalmente colona en asentamientos rurales y urbanos, que continuamente procuran el establecimiento de actividades que les represente ingresos y estándares de vida similares a los del resto del país. Sin embargo, un 45,8% de los hogares en la región presentan necesidades básicas insatisfechas, muy superior al promedio nacional (27,7%) (Cepal y Patrimonio natural, 2013), ante lo que resulta fundamental el desarrollo de estrategias productivas contextuales que atiendan tanto a las necesidades económicas de los pobladores, como de conservación de los ecosistemas y sus recursos naturales.

Dentro de los diversos recursos que ofrece la Amazonía, su fauna juega un papel representativo en términos de equilibrio ecosistémico, posibilidad de manejo *ex situ* y aporte nutricional y de productos derivados que permiten una oferta variada. La zootría, la actividad de

criar y reproducir animales silvestres en cautiverio o semi-cautiverio, es reconocida como una alternativa económica de conservación y buen uso de la fauna silvestre. En Colombia, está enfocada principalmente a la producción de babillas y caimanes (*Caiman crocodilus crocodilus*, *Caiman crocodilus fuscus* y *crocodrilus acutus*), y en menor proporción a la cría de chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*), lobo pollero (*Tupinambis nigropunctatus*), boa (*Boa constrictor*), escarabajos (*Dynastes hercules*), iguana (*Iguana iguana*) y mariposas.

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS), la explotación de la fauna silvestre con fines comerciales ha tenido, desde el siglo XIX, un fuerte impacto sobre las poblaciones naturales, particularmente sobre aquellas con una fuerte demanda en los mercados mundiales. Desde este panorama, la zootría en el país fue concebida principalmente para crear nuevas alternativas para el manejo de la fauna silvestre y reunir esfuerzos para beneficiar a las poblaciones marginales bajo un criterio de sostenibilidad (Rico, 2016).

Según Baptiste *et al.* (2002), la zootría es la respuesta a problemas de pérdida y extinción de ciertas especies, particularmente derivadas del tráfico ilegal y uso insostenible. La zootría puede fundamentarse desde la valoración económica de la fauna silvestre en el marco de mecanismos de aprovechamiento sostenible, que además de permitir ingresos económicos para los productores, podrían garantizar la preservación de poblaciones naturales de las especies objeto de tal aprovechamiento. La actividad no debe ser entendida exclusivamente como una estrategia de aprovechamiento económico de un recurso natural, sino también como una opción de manejo y modulación de impactos ambientales, en razón a que bien podrá establecerse con fines reproductivos para la repoblación de la especie objetivo, pero, además, aunque se ubique en lo económico, su desarrollo permitirá favorecer la reducción de la presión antrópica sobre la especie objetivo.

El éxito de la zootría legal en Colombia ha sido evidente en los pocos casos existentes, pues se estima que sólo la zootría de babilla, a pesar de ser una especie carnívora, genera anualmente alrededor de US \$25 millones (Finkeros, 2013). Desafortunadamente, la poca experiencia técnica de los funcionarios de las autoridades ambientales encargados de aprobar su establecimiento, los altos requerimientos técnicos y financieros, el contexto socioeconómico, cultural de las comunidades, la baja productividad inicial, el largo plazo requerido para el retorno de la inversión, además de los

requerimientos de los mercados nacionales e internacionales, han limitado dramáticamente el acceso a esta alternativa productiva.

A pesar de esta importante posibilidad de aprovechamiento sostenible de fauna silvestre, que se conjuga favorablemente con la diversidad y abundancia de especies en diversas zonas del país, en departamentos de alta biodiversidad como el Caquetá, no existe a la fecha ningún zocriadero legalmente establecido. La situación del departamento refleja la situación nacional, pues según Mancera y Reyes (2008), los resultados de la gestión Estatal en la implementación de la zocricría resultan aún muy limitados, como puede observarse del reconocimiento del bajo número de especies que actualmente son objeto de este tipo de aprovechamiento, combinado con la notoria reducción de las poblaciones silvestres de las especies actualmente trabajadas, desde donde es posible suponer la continuación de su explotación ilegal mediante técnicas extractivitas. Además de los vacíos legales persistentes, para el aprovechamiento de una gran diversidad de especies promisorias como las aves (Muñoz, 2011).

En indagaciones realizadas en el departamento del Caquetá, dentro de los requisitos establecidos en la Ley 611 de 2000 *“Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática”* del Congreso de la República, para la implementación de un zocriadero, la documentación para el proceso de licenciamiento ambiental fue cotizada en 140 millones COP. A este valor hay que sumarle los costos del terreno, la infraestructura, los equipos, la contratación de profesionales, la consecución del pie de cría, la alimentación y mantenimiento de los especímenes, etc. Finalmente, hay que tener en cuenta el hecho de no poder comercializar los productos derivados hasta ser obtenida la licencia en etapa comercial, para lo que deberá ser superada la etapa experimental, que depende de la adaptabilidad y capacidad reproductiva de la especie a criar y de la viabilidad de la actividad desde el punto de vista biológico, técnico, científico y económico.

Es por lo anterior que resulta más llamativo para un campesino o bosquesino del departamento, la tala y quema de un área de cobertura vegetal nativa para la introducción de especies exóticas como los bovinos, o mantener tales especies en sus predios, pues a pesar de su impacto ambiental comprobado, para tal actividad no se requieren mayores permisos e inversiones. Sin embargo, por compleja que resulte la problemática, su abordaje requiere tan solo de voluntad política y presión social. Si los habitantes de la región conocieran realmente de estas opciones

productivas, sus potencialidades y mecanismos de acceso, seguramente los entes encargados tendrían que profundizar su conocimiento y agilizar los procesos.

Para el Caquetá resulta imperante el establecimiento de mecanismos efectivos para el estímulo y la creación de zocriaderos de tortugas charapas, loros, papagayos, monos ardilla, armadillos, chigüiros y mariposas, debido a su productividad relativamente alta y la posibilidad de demostrar beneficios efectivos a mediano plazo (Estrada-Cely *et al.* 2016).

Sea Flower y manglares de la bahía de Cispatá: contribuciones de la naturaleza en áreas marino costeras del Caribe colombiano

Por: Ellie A. López Barrera



En el Caribe, Colombia cuenta con la Reserva Sea Flower, la mayor área marina protegida (AMP) del mundo y catalogada como Reserva de Biosfera por la UNESCO en el año 2000. Esta parte del territorio marítimo colombiano es de gran relevancia ecológica debido a los ecosistemas

estratégicos que alberga, tales como manglares, praderas de fanerógamas marinas, fondos arenosos, playas y ecosistemas profundos (CORALINA-INVEMAR, 2012). El estado de conservación del AMP, permite un adecuado funcionamiento de los ecosistemas, lo cual se traduce en la generación de contribuciones de la naturaleza que son aprovechadas por beneficiarios directos (comunidad del archipiélago) y beneficiarios indirectos (turistas). El mayor ingreso económico proviene del turismo, pesca y comercio, lo que genera una relación costo-beneficio directa entre las estrategias de conservación y la calidad de vida de los pobladores (Prato, J., & Newball, 2015). Es evidente que la inversión adecuada y estratégica en la conservación de ecosistemas marinos-costeros, como por ejemplo en el manejo de la reserva de la biósfera de Sea Flower y su AMP, permite el uso y aprovechamiento de los servicios ecosistémicos en beneficio del bienestar en diferentes escalas (regional, nacional, mundial).

En la bahía de Cispatá, Golfo de Morrosquillo, desde el 2017 la Fundación Natura e INVEMAR trabajan en colaboración para mejorar la calidad de vida de las comunidades locales. Este proyecto promueve el conocimiento y la conservación en ecosistemas de manglar y pastos marinos. La iniciativa identificó en estos ecosistemas marino-costeros un potencial para la captura de carbón y se ha impulsado la mitigación basada en ecosistemas por medio de la estrategia de Carbono Azul liderada por la comunidad local. Paralelamente, en esta región se han desarrollado planes de negocio de ecoturismo que permiten incorporar ingresos a las comunidades, a la vez que se generan programas de conservación que permiten una gestión adecuada de los pastos marinos y manglares para mitigar los efectos del cambio climático. Esta es una iniciativa que proyecta extenderse a todo el Caribe colombiano, en regiones donde se encuentran áreas de pastos marinos en la plataforma continental del país (Sierra-Correa et al., 2018).

Soluciones basadas en la naturaleza para transitar hacia la sostenibilidad

Por: Maria Eugenia Rinaudo

La humanidad se encuentra sumergida en un inminente cambio ambiental global, expresado en múltiples crisis climáticas y socioecológicas que están marcando un sinfín de precedentes en los umbrales de seguridad del planeta y están produciendo cambios transformativos en todas las dimensiones del desarrollo. Parte de estas crisis, afectan directamente la disponibilidad, acceso y uso de las contribuciones de la naturaleza para la gente. A pesar de este panorama, están emergiendo propuestas territoriales y sectoriales a múltiples escalas con el fin de diseñar soluciones innovadoras a partir de la bioinspiración que permitan fortalecer procesos de gobernanza adaptativa y conduzcan a un manejo sostenible de la naturaleza y sus contribuciones.

Esta bioinspiración puede traducirse en lo que es conocido mundialmente como las soluciones basadas en la naturaleza, las cuales son estrategias que buscan hacer frente a los principales desafíos de la sociedad actual como la seguridad hídrica, alimentaria y energética, mientras se promueven vínculos para deconstruir paradigmas convencionales de desarrollo, permitiendo así una transición hacia la sostenibilidad a partir de diferentes formas de vida, consumo y producción.

En Colombia, un país megadiverso, pluriétnico y multicultural, se abre una ventana ilimitada de oportunidades, donde la biodiversidad debe ser considerada como el principal motor de desarrollo del país. Por esta razón, entre el Instituto Humboldt, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la Universidad Externado, se logró diseñar el primer portafolio de soluciones basadas en la naturaleza para el país, logrando identificar más de doce soluciones a partir de diálogos entre actores diversos.

Parte de los hallazgos de esta investigación, señalan que las soluciones basadas en la naturaleza generan procesos de gobernanza adaptativa y, a su vez, permite una gestión efectiva del cambio climático (percibido como uno de los desafíos con más impacto en la sociedad). Al mismo tiempo, se garantiza la perdurabilidad de las contribuciones de la naturaleza para la gente, permitiendo diseñar sistemas de vida más sostenibles a partir de la consolidación de territorios más resilientes. Esto debe conducir a aportar desde la innovación a la resolución de conflictos. Todo esto promueve el diseño y la implementación de transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad las cuales potencian procesos de gestión de la biodiversidad a partir de la innovación y las concertaciones sociales por medio de diálogos y acuerdos.

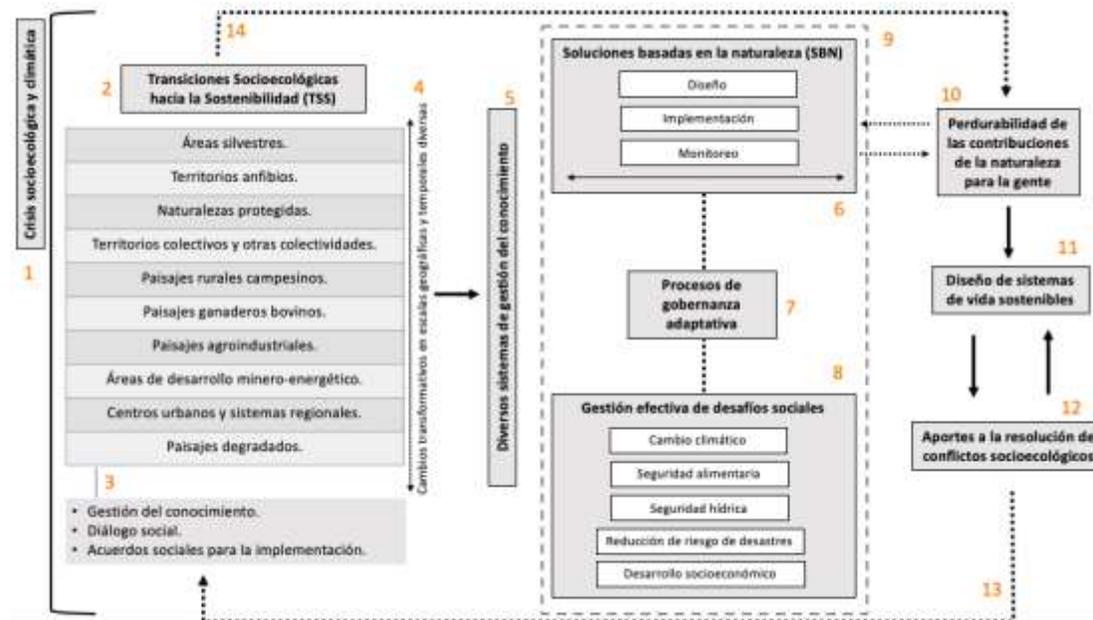


Fig. 1: Vínculos entre las soluciones basadas en la naturaleza y transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad. Fuente: Rinaudo, M. (2019)

Soluciones de escala nacional y regional como áreas de conectividad hidro-ecológica, bioingeniería, sistemas de restauración ambiental, buenas prácticas ganaderas, agrícolas o

pesqueras, protección y manejo forestal, muros de contención natural, entre otros, son las principales acciones en las que Colombia debe invertir para potenciar la conservación de la biodiversidad y lograr al mismo tiempo, garantizar las contribuciones de la naturaleza para la gente. La naturaleza en sí, es un medio para transitar hacia la sostenibilidad y permitir la conexión vital entre los elementos y dinámicas que hacen parte de los sistemas vivos, reiterando la necesidad de fortalecer pensamientos sistémicos y transdisciplinarios para descubrir respuestas simples a desafíos complejos y conducir al bienestar de la sociedad.

Anexo 1. Resumen de las categorías específicas de las contribuciones de la naturaleza para la gente (NCP, por sus siglas en inglés) usadas en las evaluaciones IPBES. Traducida y adaptada al contexto colombiano a partir de la tabla 1 presentada en el informe de la quinta plenaria IPBES (IPBES/5/INF24).

Categorías	Explicación breve y algunos ejemplos
1. Creación y mantenimiento de hábitats	Los organismos o ecosistemas crean continuamente condiciones ecológicas necesarias para la subsistencia de especies importantes para los seres humanos. Este incluye sitios de anidación, alimentación, apareamiento, abrigo, o descanso para peces, aves y mamíferos. También espacios verdes en las ciudades y corredores para el mantenimiento e intercambio de la biodiversidad.
2. Polinización y dispersión de semillas y otros propágulos	Contribución de los animales en el transporte de polen entre flores, dispersión de semillas, larvas o esporas de organismos importantes para los seres humanos.
3. Regulación de la calidad de aire	Los ecosistemas regulan la calidad del aire a través de la fijación, filtración, degradación y almacenamiento de contaminantes atmosféricos. También mantienen el balance de CO ₂ /O ₂ y otros compuestos que en exceso son contaminantes. Las plantas contribuyen a la regulación de la calidad del aire.
4. Regulación del clima	Los ecosistemas ayudan a regular el clima de diversas formas incluyendo la emisión y captación de gases de efecto invernadero (GEI), alterando el albedo, radiación y evotranspiración.
5. Regulación de la acidificación del océano	Los organismos fotosintéticos regulan las concentraciones de CO ₂ y pH del agua, los cuales afectan los procesos de calcificación que llevan a cabo algunos organismos marinos importantes para los humanos, tales como los corales.
6. Regulación de la cantidad, ubicación y temporalidad de los recursos hídricos	Los ecosistemas regulan la cantidad, ubicación y temporalidad del flujo de agua superficial y subterránea usada para el consumo humano, en la irrigación de cultivos, transporte, generación de energía y contribuciones no materiales tales como la formación de identidades (comunidades pesqueras) y experiencias físicas y psicológicas (deportes, recreación). Los ecosistemas también regulan las inundaciones que afectan cuerpos de agua (lagos, lagunas, etc.) usados por la gente.
7. Regulación de la calidad de agua dulce y costera	Los organismos o ecosistemas regulan la calidad de agua a través de la filtración de partículas, patógenos y exceso de nutrientes y otros químicos.
8. Formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos	Retención de sedimentos y el control de la erosión, la formación del suelo y el mantenimiento de la estructura y los procesos que se llevan a cabo en él, tales como la descomposición y el ciclo de nutrientes, que mantienen la fertilidad de suelos de importancia

humana. En el contexto colombiano, se vincula específicamente con el almacén de carbono orgánico en el suelo, la capacidad para controlar la erosión y la sedimentación.

9. Regulación de amenazas y eventos extremos Los ecosistemas reducen el riesgo de desastre en los humanos y su infraestructura ocasionados por fenómenos naturales (huracanes, vendavales, heladas, sequías, avenidas torrenciales, desbordamientos, inundaciones, incendios de la cobertura vegetal, movimientos en masa, etc.).
10. Regulación de organismos perjudiciales para el ser humano Los organismos o ecosistemas regulan plagas, patógenos, depredadores, o competidores, etc., que afectan a los humanos, plantas y animales. Esto incluye: i) la regulación por parte de depredadores o parásitos de la población de animales no dañinos; ii) regulación de la abundancia y distribución de organismos potencialmente dañinos; iii) remoción de los cuerpos de animales muertos por animales carroñeros, iv) regulación del deterioro biológico y la degradación de infraestructuras (daños por termitas).
11. Energía Producción de combustibles derivados de la biomasa, tales como biocombustibles, leña, y desechos de animales tales como excrementos.
12. Alimento para seres humanos y forraje para animales domésticos Producción de alimentos para consumo humano (pescado, carne de res, aves de corral, productos lácteos, etc.) y animal (pasto, maíz) a partir de organismos silvestres, cultivados o domesticados.
13. Materiales y asistencia Producción de materiales derivados de organismos en cultivos o ecosistemas silvestres para todo tipo de usos incluyendo construcción, vestimenta, impresión y fines ornamentales (madera, fibras, ceras, papel, resinas, tintes, perlas, conchas, ramas de coral, etc.). Incorpora el uso directo de organismos vivos para la decoración (plantas ornamentales en parques y hogares, peces ornamentales), uso como mascotas, transporte y mano de obra (incluyendo pastoreo, búsqueda, orientación, protección).
14. Recursos medicinales, bioquímicos y genéticos Producción de sustancias y materiales derivados de organismos (plantas, animales, hongos, microorganismos) con uso medicinal humano y animal. Incluye la producción de información genética con aplicaciones en biotecnología y en la cría de animales y plantas.
15. Aprendizaje e inspiración Oportunidades que ofrece la naturaleza a el desarrollo de capacidades que les permiten a los seres humanos prosperar a través de la educación, adquisición de conocimiento y el desarrollo de diversas habilidades. En general contribuye al bienestar, la información científica y la inspiración para el arte y el diseño tecnológico.
16. Experiencias físicas y psicológicas Oportunidades que ofrece la naturaleza para el desarrollo de actividades física y psicológicamente benéficas. Incluye actividades recreativas, turísticas y contemplativas.

17. Construcción de identidades

Diversos elementos del entorno ecológico son claves en los procesos de construcción del territorio a diferentes escalas y experiencias religiosas y espirituales. También dan oportunidades para que las personas se conecten con el territorio donde habitan, desarrollen un propósito de vida y proporcionan las bases de mitos, narrativas, creencias y celebraciones (Reinado de la palma de Cera en Salento, Quindío; Festival del cangrejo, San Andrés).

18. Posibilidades y opciones a futuro

Capacidad que tienen los ecosistemas, hábitats, especies o genotipos de ofrecer oportunidades que ayuden a mejorar la calidad de vida en un futuro:

- Beneficios (incluyendo aquellos de las futuras generaciones) asociados con la existencia continua de una gran variedad de especies, poblaciones y genotipos
 - Beneficios futuros (o amenazas) que eventualmente se derivan de los usos no anticipados, o que todavía están por descubrir, de organismos o ecosistemas que ya se conocen (por ejemplo, medicamentos o materiales nuevos).
 - Beneficios futuros (o amenazas) que se pueden anticipar a partir de la evolución biológica en curso (por ejemplo, adaptación a un clima más cálido, enfermedades emergentes, resistencia a los antibióticos y otros agentes de control de malezas por parte de patógenos y malezas).
-

Anexo 2. Número de artículos publicados en las bases de datos de SCOPUS y EBSCO relacionados con las 18 contribuciones de la naturaleza para la gente en Colombia.

Tipo de contribución	Contribución	Palabras clave	SCOPUS	EBSCO
Contribuciones de regulación	Creación y mantenimiento de hábitat	"Ecosystem structures" AND processes AND Colombia	16	5
	Polinización y dispersión de semillas	Pollination OR "dispersal of seeds" OR propagules AND Colombia	39	3
	Regulación de calidad de aire	"Air quality" AND Colombia	4	3
	Regulación del clima	"Regulation of climate" OR "regulating albedo" OR "greenhouse gas emissions" OR "carbon sequestration" AND Colombia	31	2
	Regulación de la acidificación del océano	"Ocean acidification" AND Colombia	1	0
	Regulación de la cantidad de agua	Water AND quantity AND Colombia	12	10
	Regulación de la calidad del agua	"Freshwater quality" OR "water supply" OR "water delivery" OR "water filter" AND Colombia	8	8
	Formación, protección de suelos y sedimentos	"Sediments" OR "erosion control" OR "soil formation" OR "maintenance of soil structure" OR decomposition OR "nutrient cycling" AND Colombia	18	0
	Regulación de amenazas y eventos extremos	"Natural hazards" OR "extreme events" AND "Colombia"	8	0
	Regulación de org. perjudiciales para los humanos	"Ecosystem services" AND regulation AND pests OR pathogens OR predators OR competitors AND "Colombia"	3	0
Contribuciones materiales	Energía	"Ecosystem services" AND "energy" AND "Biomass-based fuels" AND "Colombia"	2	2
	Alimentos y forrajes	"Ecosystem services" AND food and feed AND "Colombia"	8	4
	Materiales	Production AND construction OR clothing OR printing OR ornamental OR decoration AND ecosystem AND "Colombia"	1	0
	Recursos genéticos y medicinales	Medicinal OR biochemical OR "genetic resources" AND ecosystem AND "Colombia"	16	11
Contribuciones no materiales	Aprendizaje e inspiración	"Learning and inspiration" OR bioinspiration OR biomimetic AND Colombia	10	1
	Experiencias psicológicas	Physical OR "psychological experiences" AND "Ecosystem services" AND "Colombia"	5	0
	Construcción de identidades	"Supporting identities" OR "non-material contribution"	2	2
	Mantenimiento de opciones	"Maintenance of option" OR "non-material contribution"	0	3
Total de artículos			184	54

Anexo 3. Casos de estudio Valoración integral - Colombia

No	Estudio de caso	Departamento	Responsable	Institución asociada
1	Valoración de servicios ecosistémicos en la Orinoquia con participación de la comunidad local.	Casanare	Talia Waldron	Instituto Humboldt
2	Valoración social de servicios ecosistémicos percibidos por actores sociales en la microcuenca Jaboque, Bogotá-Colombia.	Bogotá	Angelica Trujillo	Jardín Botánico de Bogotá
3	Valoración integral y análisis de escenarios en la cuenta del río Orotoy (Meta)	Meta	Alexander Rincón Ruiz	Instituto Humboldt
4	Valoración de los servicios ecosistémicos asociados al área de influencia del proyecto hidroeléctrico Itango - Antioquia.	Antioquia	Vivian Ochoa	Instituto Humboldt
5	Valores y usos del servicio ecosistémico de abastecimiento de agua, Mondomo, Cauca	Cauca	Victor Cerón	Universidad del Cauca
6	Valoración Integral del servicio de control de erosión que presta el manglar en el Distrito de Manejo Integrado Cispata.	Córdoba	Andrea Contreras	Invemar
7	Valoración de los servicios ecosistémicos presentes en los sistemas de uso productivos y extractivos del municipio de Ataco (Tolima)	Tolima	Lorena Tique	Universidad Javeriana
8	Explorando valores intrínsecos, instrumentales y relacionales, atribuidos a los ecosistemas de la cuenca del río Otún en los Andes Colombianos	Pereira	Paola Arias	Universidad del Valle