

# Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano

## Regulating ecosystem services: trends and impact on human welfare

<sup>1</sup>Emma Sofía Corredor Camargo, <sup>2</sup>Jorge Armando Fonseca Carreño y <sup>3</sup>Edwin Manuel Páez Barón

<sup>1</sup>Médico veterinario; especialista en sanidad animal. <sup>2</sup>Ingeniero agrónomo; especialista en finanzas; magíster en ciencias agrarias; doctorante en agroecología. <sup>3</sup>Médico veterinario zootecnista; especialista en sanidad animal; master of arts in higher education.

<sup>1,2,3</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), Tunja (Boyacá).

E mail: <sup>1</sup>emma.corredor@unad.edu.co, <sup>2</sup>jorge.fonseca@unad.edu.co, <sup>3</sup>edwin.paez@unad.edu.co

### Resumen

Los servicios ecosistémicos se configuran a partir de beneficios potenciales asociados a las funciones de los ecosistemas, que se concretan en servicios reales una vez son demandados, usados o disfrutados; es decir, en cuanto la sociedad les asigna valores instrumentales. Para esta revisión se asumirá la clasificación de los servicios ecosistémicos que se propone en el documento *La evaluación de los ecosistemas del milenio* (2005), donde se clasifican en servicios de provisión, culturales y de regulación. Los servicios de regulación son de gran relevancia para el bienestar humano; se obtienen directamente de los ecosistemas, sin pasar por procesos de transformación, como es el caso del aire limpio, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y la prevención de enfermedades, entre otros. A continuación se presenta una revisión bibliográfica sobre la tendencia de los servicios ecosistémicos de regulación, su relación con la calidad del agua, el aire, el control biológico y la biodiversidad; ello, con el fin de brindarle al lector una idea precisa sobre la relevancia de estos servicios y los beneficios reales que de ellos recibe la sociedad; pero también, una idea sobre cómo se los está alterando y los impactos negativos de eso sobre el bienestar de la sociedad.

**Palabras clave:** Biodiversidad, ecosistema, regulación.

### Abstract

Ecosystem services are configured from potential benefits associated with the functions of the ecosystem services which are specified in real time, are defendants, used or enjoyed, and per saying when society assigns instrumental values. For this review, we assume the classification of

ecosystem services proposed in the document *The evaluation of the Millennium Ecosystem Assessment* (2005), which are classified as provisioning services, cultural and regulation. Regulating services are great importance to human welfare, are obtained ecosystems directly, without going through processes processing, such as clean air, maintenance of biogeochemical cycles and disease prevention, among others. then presents a literature review on the trend of regulating ecosystem services, their relationship with the quality of water, air, and biological control biodiversity that, in order to give the reader a precise idea about the relevance of these services and the real benefits that society receives from them, but also, an idea of how they are being altered and that negative impacts on the welfare of the society.

**Keywords:** Biodiversity, Ecosystem, Regulation.

### Introducción

Las actividades antrópicas someten a grandes presiones a los ecosistemas naturales, afectados por el cambio en el uso del suelo, la contaminación de los cuerpos de agua, la desaparición de especies y la reducción de sus hábitats, entre otros aspectos. Dichas alteraciones afectan tanto la estructura y el funcionamiento como la propiedad resiliente de los ecosistemas, al igual que la capacidad que estos tienen de ofrecer servicios a la sociedad (Díaz., 2006).

Para comprender el concepto, la importancia y el impacto de los servicios ecosistémicos en el bienestar humano es necesario partir desde la definición de desarrollo sustentable propuesta en el informe *Nuestro futuro común* (1987), de la Comisión del Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU; también, las definiciones propuestas por las conferencias mundiales ambientales convocadas por

las Naciones Unidas: la primera, en Estocolmo (1972); la segunda, en Río de Janeiro (1992), y en la cual se propuso el compromiso internacional de lograr el desarrollo sustentable que permita asegurar a las generaciones futuras el acceso a los recursos y la equidad, para mejorar las condiciones de vida de una población exponencialmente creciente; y la tercera, en Johannesburgo (2002), llamada Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. A partir de la dinámica ambiental este concepto se ha extendido rápidamente en los escenarios gubernamentales, políticos, académicos y de la sociedad civil.

Los beneficios y las comodidades de la sociedad se han obtenido a costos muy altos, pues se hallan cimentados sobre el uso constante y la degradación de los servicios de los ecosistemas, y ello genera, entre otros aspectos, un mayor riesgo de cambios no lineales y la acentuación de la pobreza de algunos grupos humanos. Es necesario abordar de manera integral dicha problemática, ya que los beneficios para las generaciones venideras están disminuyendo de forma acelerada.

Tal como lo afirma el MEA (2005), la degradación de los servicios de los ecosistemas podría empeorar considerablemente durante la primera mitad del presente siglo y ser un obstáculo para la consecución de los objetivos de desarrollo del milenio. Existen diversas opciones para conservar o fortalecer estos servicios específicos, de tal forma que se reduzcan las elecciones (acciones) negativas que la sociedad realiza (en algunos casos, obligada, pues no hay otra posibilidad), o bien, que se ofrezcan sinergias positivas con otros servicios de los ecosistemas (Thaler et al., 2011).

### El ambiente como sistema

Hasta finales del siglo XX la ciencia contemporánea (por lo menos, en Occidente) estaba enmarcada en un modo de pensar que ponía el conocimiento riguroso y detallado por encima de cualquier otra consideración, y se desarrolló según las bases impuestas por Galileo y Newton, según las cuales se podían manejar relaciones simples entre fuerzas y cuerpos, y presentaban una imagen del universo reducida a obedecer tales relaciones.

Newton consideraba el universo físico como un mecanismo gigante que seguía leyes deterministas de movimiento (un efecto responde a una causa). Tal enfoque hizo que en el desarrollo agrícola predominara, hasta hace poco, un criterio reduccionista y mecanicista de la ciencia (Báez, 2006).

La adopción de las ideas reduccionistas-mecanicistas en las ciencias biológicas, ambientales y sociales tuvo dos efectos importantes: el primero de ellos fue el fraccionamiento de un problema en sus partes para el estudio por separado de cada una de ellas, lo cual trajo como consecuencia que el conocimiento ganase en profundidad lo que perdió en amplitud, y así se alejara de los problemas del mundo real. En contraposición al reduccionismo y el mecanicismo,

el expansionismo es ahora reconocido como la vía para alcanzar una mayor comprensión del mundo, pues está más interesado en las partes como componente del todo que en las partes por sí mismas, y ve el todo como un sistema compuesto por un conjunto de partes interrelacionadas. En otras palabras, la ciencia actual, que se opone al reduccionismo, intenta conocer las partes a través del conocimiento del todo, lo cual no significa, sin embargo, intentar desarrollar una teoría general del todo, sino que entre lo específico que carece de significado y lo general que no tiene contenido, debe existir para cada propósito y en cada nivel de abstracción un grado óptimo de generalidad, pues dicho enfoque supone que el sistema es un todo indivisible y no es meramente la suma de sus partes, por lo que no admite para su estudio el enfoque reduccionista, y exige, por lo tanto, un tratamiento multidisciplinario (Báez, 2006).

Esta aproximación fue abordada en primera instancia en 1937, y luego, en posteriores publicaciones, con el nombre de Teoría General de los Sistemas (TGS), por von Bertalanffy; Capra (1998) señaló que Alexander Bogdanov abordó el concepto de ciencia de las estructuras, el cual llegó a ser de la misma dimensión y alcance que la de von Bertalanffy, pero no tuvo las mismas posibilidades de publicación.

La TGS intenta, apoyada en enfoques expansionistas, un acercamiento entre la matemática pura y las ciencias empíricas; es decir, busca un compromiso entre la descripción puramente cualitativa y puramente cuantitativa de un fenómeno, como forma de encontrar su propia estructura; también afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas en términos de sus elementos separados: su comprensión se presenta cuando se las estudia globalmente.

De lo anterior es posible deducir que los sistemas vivos, sean individuos u organizaciones, deben ser analizados como *sistemas abiertos*, que mantienen un continuo intercambio de materia, energía e información; su análisis revela *lo general en lo particular* y muestra las propiedades generales de las especies que son capaces de adaptarse y sobrevivir en un ambiente determinado.

La TGS permite reconceptuar los fenómenos dentro de un enfoque holístico, para integrar asuntos que son, en su mayoría, de naturaleza completamente distinta. Las características de los seres vivos están explicadas en los fundamentos del pensamiento sistémico (Capra, 1998). Un sistema natural debe entenderse, entonces, como el conjunto de procesos o procedimientos diseñados para transformar variables de entrada en variables de respuesta, y así propiciar una alta interacción entre los elementos que lo integran, para la obtención de un bien o servicio.

### Servicios ecosistémicos: definición y clasificación

Los servicios ecosistémicos se pueden definir como todos aquellos beneficios que la sociedad obtiene de los

ecosistemas; un concepto cada vez más aplicado a la conservación del medio ambiente, el bienestar humano y la implicación de las intervenciones antropogénicas en el medio natural (MEA, 2005).

Los servicios de provisión son bienes tangibles (también llamados recursos naturales); en la misma categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera y las fibras, entre otros. Los servicios culturales brindan beneficios que dependen de las percepciones colectivas de la sociedad acerca de los ecosistemas y de sus componentes, los cuales pueden ser materiales tangibles o intangibles; los beneficios espirituales, recreativos o educacionales que brindan los ecosistemas se consideran en esta categoría. Otra categoría de los servicios ecosistémicos son los de regulación, entre los que están: el control de inundaciones y epidemias, y la regulación en la calidad del aire y del agua, y aunque son mucho menos fáciles de reconocer, resultan vitales en el bienestar humano (MEA, 2005; Gómez y R. de Groot, 2007).

Los beneficios potenciales asociados a las funciones de los ecosistemas se concretizan en beneficios reales una vez son demandados, usados o disfrutados por la sociedad; es entonces cuando dichas funciones pasan a ser reconceptualizadas, dentro de un marco eminentemente antropocéntrico (Gómez y R. de Groot, 2007). Por todo lo anterior, los servicios ecosistémicos de regulación son relevantes, en la medida en que sus beneficios reales (para la sociedad) son constantemente demandados por el ser humano y resultan vitales para su supervivencia.

### Servicios ecosistémicos de regulación

Los beneficios de regulación se obtienen directamente de los ecosistemas sin pasar por procesos de transformación ni por los mercados; incluyen el aire limpio, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (el equilibrio  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ , la capa de ozono, etc.), la protección que ofrece el ozono frente a los rayos ultravioleta (UVA), la prevención de enfermedades y el mantenimiento de la calidad del agua, entre otros (Tapia, 2000). En este contexto la gama de ecosistemas existentes en el planeta, y particularmente en América Latina, brinda diversos servicios ecosistémicos de regulación, que han sido clasificados de diversas formas (Gómez y R. de Groot, 2007).

Existe una distinción importante, a menudo borrosa, entre los impactos humanos sobre la biosfera y el impacto de la biosfera sobre el bienestar humano; aunque ambos son, claramente, dos aspectos distintos, están íntimamente relacionados. Así, la salud y el bienestar humano están en el largo plazo supeditados al mantenimiento de la integridad y la resiliencia de los ecosistemas que la engloban (Gómez y R. de Groot, 2007). Que la teoría económica convencional haya ignorado este hecho, ha sido identificado como una causa fundamental de la actual crisis ecológica.

Aproximaciones como la economía ecológica y ambiental tratan de frenar este tipo de carencias analíticas desarrollando conceptos y formas de contabilidad que incorporan los costes ecológicos derivados del crecimiento económico. Conceptos como el capital natural o las funciones y los servicios de los ecosistemas juegan un papel fundamental en la articulación de una nueva forma de entender la economía (Money, 2009; Gómez y R. de Groot, 2007).

Los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación y la calidad del agua provienen de ecosistemas que proveen una gran variedad de funciones hidrológicas importantes para el bienestar humano; dichas funciones se convierten en bienes y servicios ecosistémicos cuando son valoradas en términos del bienestar y el desarrollo de la sociedad, la cual depende de su provisión sostenida (MEA, 2005). La regulación del ciclo hidrológico es uno de los servicios tangibles de mayor impacto en el mundo entero, y su perturbación ha aumentado el impacto sobre la población más vulnerable, que depende del mencionado recurso para obtener agua potable, hidroenergía o riego para las actividades agropecuarias (Martínez *et al.*, 2010).

Los servicios hidrológicos incluyen la regulación de caudales para mitigar inundaciones, la recarga de acuíferos que mantienen caudales durante la época seca, la purificación del agua y el control de la erosión (MEA, 2005). Una ampliación de la definición de estos servicios fue realizada por Krauze y Wagner (2007), quienes dieron relevancia a la calidad, la cantidad, la ubicación y la temporalidad del recurso hídrico.

El tema atinente a esta revisión hace referencia a la regulación de la calidad y la temporalidad del agua como servicios de regulación, ya que la ubicación y la cantidad son servicios de provisión o de sustento. La calidad se refiere a los flujos de patógenos, los nutrientes, la salinidad y los sedimentos determinados por la capacidad de infiltración de la vegetación, la estabilización del suelo y los procesos bioquímicos de los ecosistemas. La temporalidad se refiere a los picos de caudales, los caudales de base y su velocidad; todos ellos afectan el nivel de los ríos durante la época seca, la intensidad o la frecuencia de las inundaciones y el potencial de eutrofización de las aguas, lo cual, a su vez, se ve afectado por el almacenamiento y la estacionalidad del agua, el corto o largo plazo en los ecosistemas y su control del flujo (Krauze y Wagner, 2007).

La calidad y la temporalidad del agua disponible dependen de patrones climáticos regionales de precipitación y del balance de los componentes del ciclo hidrológico, así como de las características de la vegetación, el suelo y el subsuelo.

La regulación de la calidad hídrica es el producto de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas que se dan en los ecosistemas acuáticos y terrestres (Balvanera y Cotler, 2009). Tales aspectos de calidad y oportunidad del servicio están limitados por el accionar de las actividades antrópicas

(Quetier, 2007) y la capacidad de los ecosistemas para depurar la carga de contaminantes producidos por dichas acciones humanas (MEA, 2005). Es importante mencionar que la demanda de agua, tanto para consumo humano como para actividades productivas, viene en aumento, mientras que la disponibilidad, la calidad y la oportunidad del recurso han venido en retroceso (Díaz, 2006).

Existen cuantificaciones económicas de los servicios hidrológicos, tanto a escala global como regional y local, que sirven para estimar la magnitud de la dependencia humana de ellos (Conagua, 2010).

En Colombia la precipitación anual bordea los 3000 mm en el área continental; la oferta hídrica generada en términos de rendimiento es de 58 Lt/seg por km<sup>2</sup>, lo que permite obtener grandes volúmenes de escorrentía, capaces, con una buena planificación, de abastecer la demanda nacional; la gran dificultad para ello radica en los términos de disponibilidad, que involucran conceptos no solo de cantidad, sino de calidad del recurso. Ejemplos múltiples se pueden tener como referentes: los ríos Bogotá, Cali y Medellín, entre muchos otros, pueden tener, en principio, una abundante oferta de agua, pero, por su calidad, esa agua no puede ser utilizada ni aprovechada (IDEAM, 2010).

Por las afirmaciones de los expertos, se espera que el cambio climático aumente la presión sobre el recurso hídrico, con adversas consecuencias para los seres humanos y el medio ambiente; al modificar el ciclo hídrico, el cambio climático tendrá como consecuencia condiciones más extremas, que se traducirán en un exceso de precipitaciones en algunos lugares, y, a menudo, en lapsos muy cortos (eso provocará inundaciones), y periodos prolongados de escasez en otros (lo cual traerá sequías); además, incidirá negativamente en la calidad del agua, con el impacto subsecuente en la salud pública (Conagua, 2010; IDEAM, 2010).

Las problemáticas asociadas al recurso hídrico en el sector agropecuario están relacionadas con su manejo y las condiciones técnicas del cultivo, la distancia de siembra, el arreglo en curvas de nivel tipo de siembra y la cobertura de suelo, entre otras, las cuales van a mitigar o a favorecer los impactos negativos de las altas precipitaciones. Así mismo, se identifica como externalidad negativa la contaminación de fuentes hídricas, como consecuencia de la aplicación de agroquímicos (Moreno y Ospina, 2002). Estos servicios de regulación se ven modificados de manera directa por el manejo que les da la sociedad, como la contaminación de los ríos por una inadecuada disposición de los desechos inorgánicos, y que afecta la calidad del agua y su ciclaje; o por la interacción antagónica con otros tipos de servicios, como la superposición de la producción agrícola y su relación con la calidad del agua (Bennett *et al.*, 2009). En tal contexto es de gran importancia establecer prácticas que estimulen

una relación sinérgica entre los diversos tipos de servicios ecosistémicos, así como generar acciones que disminuyan el impacto antropogénico directo.

Los servicios relacionados con el control biológico y la regulación de enfermedades son otro valioso aporte de los ecosistemas. Dentro de los cultivos se presentan interacciones bióticas complejas, las cuales permiten que las diversas poblaciones, tanto de microorganismos como de macrorrganismos, se mantengan en niveles estables y desarrollen actividades de parasitismo, mutualismo, comensalismo y depredación, entre otros; ello dinamiza el flujo de energía y de nutrientes, la dispersión de semillas y la polinización (Díaz, 2006). Algunos microorganismos desempeñan un papel importante como reguladores de poblaciones de otros organismos (generalmente, de otros artrópodos); este es el principio del control biológico de plagas (Giraldo *et al.*, 2010). Estas interacciones bióticas son de gran relevancia para el bienestar humano; en particular, para la producción agropecuaria, pues a menudo se presentan ataques tanto de plagas como de enfermedades, causados por un desbalance o una reducción de la biodiversidad.

Cuando el mencionado equilibrio dinámico se quiebra por la selección de una o de varias especies, debido a la aplicación de productos tóxicos, se permite el surgimiento de una especie que aumenta considerablemente su población, o la desaparición de una o de varias especies que eran fuente de alimento, y ello configura el principio para el ataque de plagas y enfermedades a los cultivos. Cuando se mantienen o se recuperan dichas interacciones en los procesos de producción se regula la presencia tanto de plagas, de vectores y de especies invasoras como la de polinizadores (Díaz *et al.*, 2005; Balvanera y Cotler, 2009).

Haciendo un uso mas racional de productos de síntesis química se reduce la carga contaminante en los cuerpos de agua, los suelos y los trabajadores rurales, y ello aumenta las posibilidades de inocuidad en los alimentos (Fonseca *et al.*, 2010).

En Colombia los monocultivos con baja o mínima diversidad vegetal y la alta dependencia de insumos externos (fertilizantes e insecticidas químicos) provocan un impacto ambiental negativo y pérdidas económicas para los productores agropecuarios (Giraldo *et al.*, 2011). De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario, la demanda potencial estimada de fertilizantes durante 2008 fue de cerca de 2,6 millones de toneladas en presentación sólida, y de 20.695 litros en formulaciones líquidas. El volumen de plaguicidas usado por tipo fue de 11768 toneladas y 16238 litros para herbicidas; para fungicidas, 11602 toneladas y 732000 litros; para insecticidas, 3512 toneladas y 4664 litros. De un total de 297 ingredientes activos, el 40% de ellos corresponde a fungicidas; el 26%, a herbicidas, y el 34%, a insecticidas (ICA, 2009; IDEAM, 2010). Una alternativa sustentable es el control biológico, el cual, a diferencia de los plaguicidas, causa menos



daño a las plantas, no genera efectos secundarios en los trabajadores rurales ni en los consumidores y, en general, no afecta el ambiente.

Los servicios ecosistémicos de regulación del clima y la calidad del aire son otros valiosos aportes para la sociedad. Los ecosistemas, en general, mantienen flujos de materia y energía entre sí y con otros ecosistemas; tales flujos afectan directamente la temperatura y las precipitaciones, y en la medida en que existe mayor evapotranspiración aumenta la precipitación a escala local; igualmente, los ecosistemas y los agroecosistemas son sumideros de CO<sub>2</sub>, un gas de efecto invernadero que en altas concentraciones afecta la temperatura (IPCC, 2002).

Se estima que los cambios en el uso de la tierra (principalmente, por la pérdida y la degradación de los bosques tropicales) contribuyen al 61,7% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). Los ecosistemas terrestres y el suelo son depósitos considerables de CO<sub>2</sub>. Los bosques del mundo contienen un estimado de 340 Pg (picogramos) de CO<sub>2</sub> (1 Pg=10<sup>15</sup> g) (1 GtC=gigatonelada=billón de ton) en vegetación, y 620 Pg de CO<sub>2</sub> en suelo. Por ello, los cambios en tales reservorios pueden tener un impacto considerable en el balance global de CO<sub>2</sub>. Durante el último siglo, aproximadamente, 150 Pg de CO<sub>2</sub> han sido liberadas a la atmósfera, como consecuencia de los cambios en el uso del suelo. Esto equivale a casi 30 años de emisiones de quema continua de combustible fósil (FAO, 2004; Imai *et al.*, 2009).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por las siglas en inglés de Intergovernmental Panel on Climate Change) ha estimado que las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> fueron 5,5 +/-0,5 Pg de CO<sub>2</sub>, causadas por la quema de combustible fósil y la producción de cemento, más 1,6 +/- 1,0 Pg de CO<sub>2</sub> causado por la deforestación. El arreglo espacial de los fragmentos de bosque dentro de paisajes agropecuarios, la composición de especies de la vegetación en términos de sus atributos funcionales y el número de especies de plantas afectan la capacidad de los ecosistemas para almacenar carbono (Díaz., 2006).

Según Yepes *et al.* (2011), en Colombia la extensión total del cambio de cobertura de bosque natural a otro tipo de cobertura (deforestación) durante el período 2005-2010 fue de 239.197 ha. Las transformaciones de mayor extensión ocurrieron de bosque a pastos (132739,3 ha), a vegetación secundaria (48343,2 ha), a arbustos (25924,4 ha) y a áreas agrícolas heterogéneas (20970,5 ha). Otras transformaciones de menor extensión presentaron un rango entre 24,62 ha y 3897,4 ha, e incluyen coberturas como superficies de agua y áreas urbanizadas, entre otras. El carbono total liberado durante el mismo periodo, debido a la deforestación, fue de 24601254,3 toneladas, con una tasa anual de 4920,3 Gg CO<sub>2</sub>/año (un Gg equivale a 1000 toneladas). Con la regeneración del bosque natural entre 2005-2010 se capturó un total de 1022894,9 toneladas de

carbono, a una tasa anual de 204,6 Gg año. No obstante, al tener en cuenta solo la conversión de bosques naturales a tierras de cultivo o pastos permanentes, como lo sugieren las directrices del IPCC (1996) para los inventarios de gases de efecto invernadero, las emisiones netas totales de CO<sub>2</sub> durante este mismo período se reducen a 63757879,5 toneladas de CO<sub>2</sub>eq (equivalente), emitidas a una tasa anual de -12751,6 Gg CO<sub>2</sub> año.

En cuanto a los gases de efecto invernadero (GEI) en particular, el inventario para 2000 y 2004 permitió determinar que el aporte de los GEI se compone de: dióxido de carbono (50%), metano (30%) y óxido nitroso (19%); el 1% restante corresponde a los gases que causan efecto invernadero y no están dentro del Protocolo de Montreal como los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (CFC) y halocarbonos y hexafluoruro de azufre (IDEAM, 2008).

Los sectores que más emisiones de GEI aportaron durante 2004 fueron: la agricultura (38%); la energía (37%) y uso del suelo, el cambio de uso del suelo y la silvicultura, o Uscuss (14%). Les siguieron: los residuos sólidos (6%) y los procesos industriales (5%). Al sumar las emisiones totales de los módulos de agricultura con los de Uscuss, se hace notorio el aporte (de, aproximadamente, el 50%) que tiene el sector agropecuario en las emisiones totales (IDEAM, 2009).

Se espera que mecanismos de mitigación basados en incentivos para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques, la conservación de las reservas de carbono, el manejo sostenible de bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono contribuyan de forma importante a la reducción futura de las emisiones de GEI provenientes de cambios en el uso de la tierra (Bertzky *et al.*, 2011).

El Gobierno Nacional ha diseñado en materia forestal unos instrumentos de política que involucran indirectamente medidas de mitigación, como la Política de Bosques, el Plan Verde y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal. En un horizonte de 20 años se estima un potencial de reducción de emisiones equivalente a 42640216 t/C, para el total de las plantaciones comerciales, y a 1607773 t/C para las plantaciones de caucho (SNC, 2010).

## Discusión y conclusiones

Los servicios ecosistémicos se entienden como aquellos beneficios que se obtienen de los ecosistemas, incluyendo su biodiversidad; todos ellos generan bienestar humano con una perspectiva biológica de subsistencia, así como económica, social y cultural. Se los puede clasificar o agrupar de diversas formas; entre las más comunes están: los de bienes y servicios; los tangibles e intangibles; también, los servicios de provisión, de regulación y culturales. Los servicios de regulación están asociados a la presencia de microorganismos y macrorrganismos, la fertilidad natural de

los suelos, la regulación del clima y la mitigación de riesgos naturales; son, evidentemente, de gran relevancia para el bienestar humano. Dichos servicios se hallan en riesgo por el mal uso de los recursos; a ese respecto es posible citar como ejemplo el uso indiscriminado de agroquímicos en Colombia (Torres y Capote, 2004)

A lo largo de los últimos años se han puesto en marcha incentivos económicos, como programas de pago por servicios ambientales alrededor de todo el planeta, y los cuales se proponen modificar comportamientos que han llevado al rápido deterioro de los ecosistemas (Thaler *et al.*, 2011).

En la experiencia particular de Colombia, el Decreto 900 de 1997 reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal con fines de conservación (CIFc), establecido en la Ley 139 de 1994 y el parágrafo del artículo 250 de la Ley 223 de 1995, para aquellas áreas donde existan ecosistemas naturales boscosos. El incentivo es un reconocimiento por los costos directos e indirectos en los cuales incurre un propietario por conservar en su predio ecosistemas naturales boscosos poco o nada intervenidos, y cuyo valor se definirá con base en los costos directos o indirectos por la conservación y la disponibilidad de recursos totales para el incentivo.

Según Blanco *et al.* (2007), el aspecto crítico que impide la implementación del mencionado instrumento es la inseguridad financiera a la hora de garantizar recursos suficientes (disponibilidad presupuestal) para financiar el instrumento durante 10 años/contrato; sumado a esto, el valor del incentivo forestal, pese a incluir factores regionales en su determinación, no toma en cuenta la variedad de actores sociales enfrentados al logro de objetivos de conservación. El costo de oportunidad asumido es casi uniforme para todos los actores económicos. Las Corporaciones Autónomas Regionales (autoridades ambientales regionales) deberían tener la posibilidad y la capacidad de evaluar el valor real del CIFc con base en los estudios socioeconómicos disponibles y sobre el estado de los ecosistemas.

Es innegable que a partir de los años sesenta del siglo XX, con la emergencia de una mentalidad ambientalista, ha habido una progresiva valoración de los servicios ecosistémicos. A lo largo de los últimos años se ha generado un movimiento hacia un enfoque más transdisciplinario de la investigación, que es más coherente con la naturaleza de los problemas que se tratan (Starrett, 2003; Chan *et al.*, 2006). Sin embargo, el aporte de la valoración de los servicios para la gestión del ecosistema no ha sido tan significativo como se esperaba, ni tan claramente definido. Es así como Liu *et al.* (2010) concluyen que para conseguir un cambio significativo los investigadores deberán trascender las fronteras disciplinarias utilizando herramientas, habilidades y metodologías de diversas disciplinas; sumado a ello, la investigación tiene que ser más orientada al mundo real, a la toma de decisiones y a la conservación del capital natural. Uno de los servicios ecosistémicos más relevantes es el

recurso hídrico. Los distintos panoramas encontrados al respecto en América Latina hacen evidente la necesidad de mejorar la institucionalidad e involucrar a los actores en la evaluación de su vulnerabilidad y en las opciones de adaptación frente al cambio climático; así mismo: establecer y manejar corredores biológicos entre áreas protegidas afectadas por el cambio climático; cambiar o adaptar el sistema productivo; llegar a acuerdos entre actores que viven en la misma cuenca hídrica para mejorar el uso y el manejo del suelo, y así reducir la sedimentación y la contaminación de las aguas río abajo (Martínez *et al.*, 2010).

En este contexto resulta de gran relevancia realizar investigaciones concretas sobre la caracterización de los servicios ecosistémicos en el país, y su impacto aplicado al bienestar humano, así como su papel en la adaptación al cambio climático, y en la forma como van a verse afectados en el escenario regional, dado que, aun con el interés creciente sobre la adaptación al cambio climático, no se han reconocido, hasta ahora, los vínculos entre adaptación y servicios ecosistémicos.

## Literatura citada

1. Báez, W. 2006. El principio de sistemas aplicado a la cuenca hidrográfica. Ponencia presentada en el Curso Internacional de Agroecología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
2. Balvanera, P. H. Cotler *et al.* 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.
3. Bertzky, M., Ravilious, C., Araujo Navas, A.L., Kapos, V., Carrión, D., Chiu, M. & Dickson, B. 2011. Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: Explorando los beneficios múltiples. Ecuador. UNEPWCMC, Cambridge, Reino Unido.
4. Blanco J. 2007. La Experiencia Colombiana en Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales Editorial: CIFOR/ ECOVERSA. Colombia 616 -626.
5. Capra, F. 1998. La trama de la vida: una nueva perspectiva de los seres vivos. Anagrama. Barcelona. Caps I –III.
6. Chan K, M. Shaw, R. Cameron, C. Underwood, C. Daily. 2006. Conservation Planning for Ecosystem Services. PLoS Biology. 4, 11: 379p
7. CONAGUA, Comisión nacional del agua de México. 2010. Diálogos por el agua y el cambio climático. Disponible en: [www.unwater.org/downloads/llamado\\_a\\_la\\_accion.pdf](http://www.unwater.org/downloads/llamado_a_la_accion.pdf)
8. Daza D., Noriega M & Murcia A. 2009. Valoración económica de los servicios hídricos y de biodiversidad del Cerro La Judía. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” Programa de Uso y Valoración

- 9.** Díaz, S., 2006. Biodiversity regulation of ecosystem services, en R. Hassan, R. Scholes y N. Ash (eds.), *Ecosystems and hu-human well-being: Current state and trends*, Vol. 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- 10.** FAO. 1998. Taller técnico internacional organizado conjuntamente por la secretaría de la Organización de las naciones Unidas en el marco del convenio sobre diversidad biológica (SCDB) 2 -4 diciembre 1998. Roma.
- 11.** Fonseca, J, Fonseca, N & Cleves, A. 2010. Manual técnico del cultivo de cebolla puerro (*Allium porrum*) bajo el uso de buenas prácticas agrícolas en el distrito de riego del alto chicamocha. Orion Editores. Bogotá.
- 12.** Gómez-Baggethun, R. de Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* 16 (3): 4-14. Septiembre 2007.
- 13.** Giraldo C., Reyes L.K. & Molina, J. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Manual 2. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible Bogotá, Colombia. 51pICA. 2010. Comercialización de Plaguicidas. Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas, Disponible en <http://www.ica.gov.co%2Fgetattachment%2F6ce78611-9690-4977-a2fb-d302e778d561%2FPublicacion>
- 14.** IDEAM. 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.
- 15.** IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico 5 del ipcc. Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra. Disponible en <http://ipcc.cac.es/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>.
- 16.** Imai N, Samejima H, Langner A, Ong RC, Kita S, *et al.* 2009. Co-Benefits of Sustainable Forest Management in Biodiversity Conservation and Carbon Sequestration. *PLoS ONE* 4(12): 8267p
- 17.** Krauze, K. & Wagner, I. 2007. An ecohydrological approach for the protection and enhancement of ecosystem services. In: Petrosillo *et al.* (eds.). *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*. NATO Science for Peace and
- 18.** Security Series C: Environmental Security. Springer Netherlands. 107-277 p.
- 19.** Liu, J., L. Jin-wei & T. Jian. 2010. Ultrasonically assisted extraction of total carbohydrates from *Stevia rebaudiana* Bertoni and identification of extracts. *Food Bioprod. Process.* 88(2-3), 215-221.
- 20.** López B, J.A. González, S. Díaz, I. Castro & M. García. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16 (3): 69-80.
- 21.** MEA. 2005. Evaluación de Ecosistemas del Milenio. 2005. *Ecosystems and human wellbeing: synthesis*. Island Press, Washington, DC. Disponible en: [www.millenniumassessment.org/](http://www.millenniumassessment.org/)
- 22.** Money, A. 2010. The ecosystem-service chain and the biological diversity. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365, 31-39.
- 23.** Moreno A. & Ospina, C. 2002. Recursos agua y suelo en la agricultura familiar y empresarial, dos casos contrastantes de la producción de Berries en Caldas Colombia y Michoacán México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- 24.** Quetier, F. 2007. Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta ecológica*. Número especial 84 – 85. Instituto Nacional de Ecología. México
- 25.** SCN. 2010. Memoria de la segunda comunicación nacional de Colombia ante la CMNUCC. Disponible en: [www.minambiente.gov.co/.../5783\\_res\\_ejecut\\_segun\\_comun\\_cam](http://www.minambiente.gov.co/.../5783_res_ejecut_segun_comun_cam)
- 26.** Tapia M. E. 2000. Mountain Agrobiodiversity in Peru. *Mountain Research and Development*. 20 No 3: 220–225
- 27.** Thaler S, Eitzinger J., Trnkaa R., Dubrovskya B. 2011. Impacts of climate change and alternative adaptation options on winter wheat yield and water productivity in a dry climate in Central Europe. *Climate Change and Agriculture Research Paper*. The Journal of Agricultural Science, FirstView Article: 1-19.
- 28.** Torres y Capote. 2004. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas* 13 (3): 2-6.
- 29.** Yepes, A., Navarrete D.A., Phillips J.F., Duque, A.J., Cabrera, E., Galindo, G., Vargas, D., García, M.C y Ordoñez, M.F. 2011. Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 32 p.

Recibido: Marzo 1 de 2012

Aceptado: Abril 25 de 2012