

Silvia Milena Corrales Marín, Inés Restrepo Tarquino, Diego Fernando Corrales Marín

Estrategia metodológica

para la sostenibilidad de servicios ecosistémicos

Caso de aplicación Tocatá, Valle del Cauca



Universidad
del Valle

Programa  Editorial

Reseña

Los servicios ecosistémicos (SE) han sido concebidos como medio de generación de comodidad, felicidad y satisfacción de necesidades de las personas (Gómez, 2020; IPBES, 2017, 2019), lo que implica que son vistos como fuente de recursos para las actividades antrópicas, pero eso ha hecho que su disfrute esté generando efectos negativos en la biodiversidad que los provee (Kulczyk *et al.*, 2017).

Para intentar mitigar dichos impactos, en el marco de la estancia postdoctoral “Estrategia de sostenibilidad socioeconómica de los servicios ecosistémicos de la cuenca alta del río Dagua: Caso de estudio vereda Tocotá, Valle del Cauca” y con el apoyo del proyecto “Implementación de estrategias para la recuperación y manejo integrado del recurso hídrico en cuencas del Valle del Cauca”, se construyó un modelo que se constituye en una estrategia metodológica que permite valorar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y sugiere acciones para la recuperación o conservación de los ecosistemas que los proveen. El modelo consta de cinco pasos que permiten identificar los servicios ecosistémicos, calificarlos, evaluarlos y generar acciones a seguir para su recuperación y conservación. Para facilitar su aplicación se acompaña de un archivo Excel.

La presente edición incluye un marco conceptual de los servicios ecosistémicos, la estrategia metodológica construida para la valoración de los SE y los resultados de su aplicación en Tocotá, un sitio que se ha convertido en destino turístico de los caleños, gracias a lo llamativo de sus características ambientales.



Silvia Milena Corrales Marín, Inés Restrepo Tarquino, Diego Fernando Corrales Marín

Estrategia metodológica

para la sostenibilidad de servicios ecosistémicos

Caso de aplicación Tocatá, Valle del Cauca



Colección Ingeniería
Recursos Naturales y del Ambiente

Corrales Marín, Silvia Milena

Estrategia metodológica para la sostenibilidad de servicios ecosistémicos. Caso de aplicación: Tocatá, Valle del Cauca / Silvia Milena Corrales Marín, Inés Restrepo Tarquino, Diego Fernando Corrales Marín – Primera edición
Cali: Universidad del Valle - Programa Editorial, 2024.
104 páginas ; 21,5 x 28 cm. -- (Colección: Ingeniería - Recursos Naturales y Medio Ambiente)
1. Sostenibilidad -- 2. Servicios ecosistémicos -- 3. Tocatá (Dagua, Valle del Cauca)

333.72 CDD. 22 ed.

C823

Universidad del Valle - Biblioteca Mario Carvajal

Universidad del Valle Programa Editorial

Título: Estrategia metodológica para la sostenibilidad de servicios ecosistémicos. Caso de aplicación: Tocatá, Valle del Cauca

Compiladores:  Silvia Milena Corrales Marín,
 Inés Restrepo-Tarquino,
 Diego Fernando Corrales Marín

ISBN-PDF: 978-958-507-247-3

DOI: 10.25100/peu.1065

Colección: Ingeniería: Recursos Naturales y Medio Ambiente
Primera edición

Rector de la Universidad del Valle: Guillermo Murillo Vargas
Vicerrectora de Investigaciones: Mónica García Solarte
Director del Programa Editorial: John Wilmer Escobar

© Universidad del Valle

© Autores

Diseño de carátula: Ingrid Donneys

Diagramación: A. Salguero

Corrección de estilo: Daniel Hurtado

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.



Cali, Colombia, diciembre de 2024

Esta investigación se realizó dentro del marco de la estancia posdoctoral “Estrategia de sostenibilidad socioeconómica de los servicios ecosistémicos de la cuenca alta del río Dagua: Caso de estudio vereda Tocatá, Valle del Cauca”, adelantada por Silvia Corrales en la Universidad del Valle, con recursos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. La investigación contó con el apoyo de la Universidad del Valle y del proyecto “Implementación de estrategias para la recuperación y manejo integrado del recurso hídrico en cuencas del Valle del Cauca”; y fue financiada con recursos de la Gobernación del Valle del Cauca, a través del Sistema General de Regalías

Prólogo

Los servicios ecosistémicos están de moda. Se denomina así a los servicios que los ecosistemas le prestan a la humanidad y que mejoran su bienestar. El término entró en el ámbito de la economía, que fue de donde surgió el concepto de pago por servicios ecosistémicos, que se está implementando en muchos países. Los servicios ecosistémicos se han clasificado de diversas formas, pero la más usada contempla los servicios de soporte, base para los demás servicios, los de provisión, los de regulación y los culturales. El impacto en el bienestar humano de los servicios de soporte suele ser indirecto, a diferencia de los demás tipos de servicios ecosistémicos. Los servicios de provisión son los productos que se obtienen de los ecosistemas. Y los servicios de regulación son los beneficios obtenidos para la regulación de los procesos ecosistémicos.

Corrientemente, se investigan a profundidad los servicios ecosistémicos de provisión relacionados con el agua, en calidad y cantidad. Sin embargo, los demás servicios ecosistémicos no suelen investigarse con el mismo ahínco. Menos que todos se investigan los servicios ecosistémicos inmateriales, llamados también culturales o de ameneidad. Los servicios culturales son los beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, del desarrollo cognitivo, de la reflexión, de la recreación y de las experiencias estéticas. Este tipo de servicios tiene una profunda influencia en aspectos como la diversidad cultural; los valores espirituales, religiosos, estéticos y educacionales; el patrimonio cultural; la recreación y el ecoturismo; entre otros. Los servicios culturales fueron el objeto de investigación de posdoctorado de la doctora Silvia Milena Corrales Marín, financiada por medio de la beca del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) y del Sistema General de Regalías (SGR) del Valle del Cauca. La investigación procuró buscar una metodología que permitiera a las propias comunidades medir la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos. El caso de estudio fue la vereda de Tocotá, en el municipio de Dagua, Valle del Cauca. Los resultados de esta investigación se están ampliando para otras zonas del departamento del Valle del Cauca mediante el proyecto "Implementación de estrategias para la recuperación y manejo integrado del recurso hídrico en cuencas del Valle del Cauca", financiado por la Gobernación del Valle, a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del SGR.

Este libro inicia con una introducción a los servicios ecosistémicos, seguida por la descripción del marco conceptual al respecto. A continuación, se presenta la estrategia metodológica de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y la zona del caso de estudio. Se muestra entonces la aplicación de la estrategia a la vereda Tocatá y finalmente, se presentan las conclusiones. La estrategia metodológica incluye un archivo en excel para su aplicación que puede ser solicitado a silvia.milena@correounivalle.edu.co.

Silvia Milena Corrales Marín
silvia.milena@correounivalle.edu.co
Inés Restrepo Tarquino
ines.restrepo@correounivalle.edu.co
Diego Fernando Corrales Marín
diego.corrales@correounivalle.edu.co

Contenido

CAPÍTULO 1	
Una introducción a los servicios ecosistémicos	9
CAPÍTULO 2	
Marco conceptual	13
¿Qué son los servicios ecosistémicos?	13
Indicadores de análisis de servicios	22
Estrategias de sostenibilidad de servicios ecosistémicos	27
CAPÍTULO 3	
Metodología de la investigación	37
CAPÍTULO 4	
Estrategia metodológica de sostenibilidad de servicios ecosistémicos	41
Indicadores para el análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos	42
Medición y calificación de los indicadores	48
Acciones de sostenibilidad	48
CAPÍTULO 5	
Contexto de la zona de estudio	65
Ubicación geográfica.	65
Población.	67
Características socioeconómicas.	67
Servicios públicos.	68

CAPÍTULO 6	
Aplicación de estrategia en Tocotá	75
Identificación de servicios ecosistémicos en Tocotá	75
Evaluación y calificación de indicadores para determinar el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos en Tocotá80
Acciones para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos.85
Conclusiones	91
Referencias	93
Anexos	99
Anexo 1. Formato de encuesta99
Anexo 2. Entrevistas realizadas	100

Anexo digital

Anexo 3. Nota de política que sirve de protocolo para la aplicación de la metodología de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos.



Compiladores101
------------------------	------

Capítulo 1

Una introducción a los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios que reciben los seres humanos de la naturaleza, por lo que, a su vez, se convierten en un fuerte atractivo de los lugares que los proveen. El concepto de servicios ecosistémicos ha mantenido un consenso desde que fue concebido. Sin embargo, su forma de clasificarlos ha venido evolucionando con el tiempo. Los servicios ecosistémicos fueron concebidos conceptualmente por The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2010), que también generó una clasificación que se ha ido ajustando. Comúnmente, los servicios ecosistémicos se clasifican en servicios de abastecimiento, regulación, soporte y culturales (o usando nombres similares para estos cuatro tipos de servicios), dentro de los cuales se incluyen diversos servicios, de acuerdo con su característica principal; aunque algunos de ellos podrían clasificarse dentro de varios tipos de servicios simultáneamente. Además, la Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2017) clasificó los servicios ecosistémicos como inmateriales, materiales y de regulación, dependiendo de cómo es la provisión de cada servicio; y resaltó la importancia de las contribuciones que hace la naturaleza a la vida de los seres humanos. Independientemente de la forma de clasificación de los servicios ecosistémicos, todas reconocen cada uno de los servicios que presta la naturaleza para la vida en el planeta.

Hay diferentes formas de clasificar los servicios ecosistémicos, pero en cualquiera de ellas es posible hacer una evaluación de su sostenibilidad (Camacho y Luna, 2012). Usualmente, la evaluación de un ecosistema se hace para determinar su salud y la posibilidad de seguir proveyendo los servicios. Por lo tanto, es necesario conocer el funcionamiento del sistema ecológico, pero también es igual de importante considerar el contexto social y político dentro del cual los servicios ecosistémicos son evaluados o utilizados (Camacho y Luna, 2012). Es decir, se entiende que los ecosistemas brindan una serie de servicios vitales para las personas y la sociedad, como la diversidad biológica, los alimentos, las fibras, los recursos hídricos, el secuestro de carbono y la recreación; en consecuencia, pueden mejorar el nivel de bienestar de quienes los disfrutan y de la sociedad en su conjunto. Pero su capacidad en el futuro para proporcionar estos servicios está determinada por los cambios en los aspectos socioeconómicos,

por las características del uso del suelo, por la biodiversidad, por la composición atmosférica y por el clima (Metzger *et al.*, 2006). Los cambios, producidos principalmente por modificaciones del uso del suelo, han impactado las capacidades que poseen los ecosistemas para brindar aquellos bienes y servicios que resultan de suma importancia para el desarrollo de las actividades humanas (Egoh *et al.*, 2007; Sarandón, 2014).

Los servicios ecosistémicos han sido concebidos como medio de generación de comodidad, felicidad y satisfacción de necesidades de las personas (Gómez, 2020; IPBES, 2017, 2019), lo que implica que son vistos como fuente de recursos para las actividades antrópicas. Pero eso ha hecho que su disfrute esté generando efectos negativos en la biodiversidad que los provee (Kulczyk *et al.*, 2017). Y por supuesto, los impactos en los ecosistemas están afectando la posibilidad de disfrute, no solo para las generaciones futuras, sino también para quienes tienen menor acceso a ellos. Se ha identificado, a nivel mundial, que existe una creciente degradación de un gran número de servicios ecosistémicos, debido, principalmente, a la destrucción de hábitats y a malas prácticas de manejo (Schröter *et al.*, 2014), lo que se explica por los cambios del uso del suelo, que es uno de los factores que más efectos negativos causa en la sostenibilidad de los ecosistemas (Montico *et al.*, 2019).

En este sentido, es imprescindible que la sociedad se comprometa a recuperar la degradación que se ha ocasionado a estos atributos de la naturaleza, de modo que se conduzca a un mayor involucramiento en las cuestiones vinculadas al sostenimiento de los beneficios que otorga la naturaleza, más allá de la rentabilidad del uso de la tierra (Montico *et al.*, 2019). La recuperación de los ecosistemas que prestan sus servicios depende del tipo de decisiones que se tomen y de la rapidez con que se realicen las acciones futuras y se aprovechen las posibilidades de neutralización de las intervenciones degradantes y de restauración de las condiciones naturales (Montico *et al.*, 2019). Sin embargo, tomar acciones en pro de la sostenibilidad de los recursos naturales depende de poder identificar el nivel de deterioro actual.

Por esto, en la última década se han desarrollado modelos para determinar los usos que se dan a los servicios ecosistémicos, así como identificar los impactos que generan tales usos en ellos. Entre los modelos se destacan los que han sido desarrollados bajo una mirada interdisciplinaria, ya que incluyen aspectos ecológicos relacionados con los ecosistemas, pero también aspectos socioculturales que influyen directamente en ellos; lo que les da una mirada integral a los modelos. Pero también hay modelos que centran su mirada en los usos e impactos en los servicios ecosistémicos, en el aspecto biológico netamente; es decir, se enfocan en el estado de la biodiversidad exclusivamente. También existen otros modelos que se basan en *softwares* de computación, y que simulan los resultados de distintas interacciones potenciales de algunas características particulares. Y otros más que se basan en el análisis económico para determinar el estado o posibilidad de restauración de un bien o servicio ambiental. Cabe señalar que una forma adicional de analizar el estado de los servicios ecosistémicos es a través de la política pública, mediante la introducción de cambios normativos que propendan por la conservación de los ecosistemas.

No obstante, a pesar de que existe gran variedad de modelos para identificar los usos e impactos sobre los servicios ecosistémicos, también es necesario establecer estrategias para mitigar tales impactos derivados de los distintos usos. En este sentido, en el presente libro se analizan las estrategias que se han propuesto para lograr su restauración y conservación. Entre las estrategias se destaca el uso de indicadores para determinar el estado de los servicios ecosistémicos, que también generan alternativas a desarrollar por parte de los tomadores de decisiones principalmente; de tal manera que se avance hacia la conservación y sostenibilidad de los ecosistemas.

Para esta investigación se seleccionó, como caso de estudio, a la vereda Tocotá, ubicada en el municipio de Dagua, la cual se ha convertido en uno de los lugares de descanso de los habitantes de Cali, gracias a las contribuciones que hace la naturaleza de la región para el descanso de quienes residen en ella y la visitan. Esta zona tiene características

particulares relacionadas con el clima y el paisaje que proveen una gran cantidad de servicios ecosistémicos a quienes la visitan.

En los últimos diez años, esta zona ha pasado de ser un territorio destinado a la agricultura y a la ganadería a convertirse en un sector turístico, por lo que los servicios ecosistémicos, que antes se usaban para la generación de alimento, ahora se usan para la recreación de los turistas (Ortega, comunicación personal, 23 de agosto de 2021). En la actualidad, los predios de la zona tienen infraestructura para facilitar el descanso y la recreación de los visitantes. Por lo tanto, en lugar de preparación de la tierra para la cosecha de cultivos, ahora se poseen espacios recreativos como jardines, canchas de fútbol y piscinas. La zona de estudio se caracterizó a través de recorridos de reconocimiento, entrevistas a líderes comunitarios y representantes de instituciones con jurisdicción en Tocatá, además de la recopilación de información secundaria de bases de datos académicas y documentos de instituciones relevantes.

Este libro también da cuenta de los servicios ecosistémicos que pueden identificarse en la vereda, qué la hace llamativa para el “cambio de clima” que buscan los habitantes de Cali, y cómo toda actividad humana depende, en última instancia, del buen

funcionamiento de los ecosistemas a través del tiempo y de los servicios que estos proveen; puesto que ningún sistema económico organizado puede mantenerse sin tener en cuenta el flujo de los recursos naturales renovables y no renovables (Caro y Torres, 2015; Costanza y Daly, 1992; EEM, 2005; Gómez-Baggethun *et al.*, 2010; Heal, 2001). Cabe agregar que este libro establece una estrategia metodológica para el análisis de la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, a través de una serie de indicadores, que pueden determinarse a nivel comunitario, con el fin de identificar el nivel de sostenibilidad actual de los servicios ecosistémicos en Tocatá, para, posteriormente, generar acciones de conservación o recuperación de estos en la zona. Además, se incluye un marco conceptual relacionado con la sostenibilidad, como punto de partida para explicarla en relación con los servicios ecosistémicos.

La conceptualización en relación con los servicios ecosistémicos se realizó con base en la revisión de literatura científica. Para esto se utilizaron bases de datos de revistas científicas y tesis de grado, además de literatura producida por instituciones del sector ambiental de amplio reconocimiento sobre el tema. La búsqueda de literatura se hizo a través de internet y se usaron las bases de datos adscritas a la Universidad del Valle.

Capítulo 2

Marco conceptual

El marco conceptual de esta investigación se concentró en la concepción de los servicios ecosistémicos y su clasificación, así como también en el análisis de indicadores y en las estrategias para avanzar hacia la recuperación y conservación de los servicios ecosistémicos. A continuación, se desarrollan los conceptos asociados.

¿Qué son los servicios ecosistémicos?

En la palabra ecosistema, la parte *eco* se refiere al ambiente, mientras que la parte *sistema* implica que el ecosistema funciona como un conjunto de partes relacionadas, formando una unidad (Smith y Smith, 2007). En consecuencia, los ecosistemas se entienden como aquellos sistemas biológicos constituidos por una comunidad de organismos vivos y por el medio físico donde se relacionan, es decir, se trata de una unidad compuesta por organismos independientes que comparten el mismo hábitat (Smith y Smith, 2007). Un ecosistema es, entonces, una unidad biológica que se encuentra en algún lugar y que dispone de los factores físicos y químicos que conforman su ambiente no vivo. Los ecosistemas están formados por dos componentes que interactúan: el componente vivo o biótico y el componente físico o abiótico (Smith y Smith, 2007). Su comprensión radica en el estudio de ciertos procesos que vinculan sus componentes a través de dos procesos principales: la transformación de energía y el ciclo biogeoquímico (Smith y Smith, 2007).

Alrededor de los años 90 se habló de los favores que ofrece la naturaleza a los seres humanos cuando Costanza *et al.* (1997) los denominaron *servicios ambientales* y desde entonces se apreció su importancia en la toma de decisiones, en relación con los sistemas ecológicos. Sin embargo, luego del año 2000, surgió también el término *servicios ecosistémicos* (Vega, 2016).

En 2003, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) definió los servicios ecosistémicos como los beneficios que la población puede obtener de los ecosistemas y se pueden clasificar como directos o indirectos (EEM, 2003).

Esta definición ha sido corroborada por la Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) que los define como las contribuciones que hacen los ecosistemas al bienestar humano, es decir, son aquellos servicios que resultan de los ecosistemas (de forma natural, seminatural o modificados) y afectan directamente el bienestar de las personas (Haines-Young y Potschin, 2018). El Estado colombiano, en 2014, señaló, mediante la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), la importancia de realizar un desarrollo nacional basado en el cuidado de los ecosistemas y la biodiversidad, en armonía con las políticas de desarrollo urbano y rural (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2012). En esta política pública se definió a los servicios ecosistémicos como los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad (MADS, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) mediante su Programa para la Alimentación y la Agricultura (FAO) incluye el enfoque de los servicios ecosistémicos como uno de sus objetivos estratégicos para garantizar la sostenibilidad en la agricultura y alimentación. La FAO definió los servicios ecosistémicos como la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. La biodiversidad es la diversidad existente entre los organismos vivos que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios (FAO, 2018). Se estima que la mayor parte de la producción alimentaria depende de que los servicios ecosistémicos y la biodiversidad se gestionen de forma racional, puesto que estos mantienen el buen estado de salud de los suelos, permiten la polinización, regulan las plagas y las enfermedades, entre otras labores (FAO, 2018).

Clasificación de los servicios ecosistémicos

En los últimos años se han generado una variedad de clasificaciones para los servicios ecosistémicos, cuya variación fundamental se identifica en las

categorías en las cuales se agrupan los servicios ecosistémicos. La mayoría de las clasificaciones sugieren dividirlos en cuatro categorías: servicios de soporte, de provisión, de regulación y culturales. Sin embargo, hay clasificaciones que interpolan unos servicios con los otros y otras que suponen a los servicios culturales (y a los demás servicios). Otra diferencia significativa de la clasificación de los servicios ecosistémicos es la asociada con los actores que tienen relación con ellos; hay clasificaciones realizadas por profesionales de áreas técnicas y otras que incluyen a los actores sociales y locales.

En 2005, la EEM explicó que los servicios de los ecosistemas son indispensables para el bienestar y la salud de las personas en todas partes, ya que además de proporcionar las necesidades básicas, los cambios en su flujo afectan los medios de subsistencia, los ingresos, la migración local y el conflicto político; por lo que los impactos resultantes, en términos de seguridad económica, física, de libertad, de elección y de relaciones sociales, tienen impactos sobre el bienestar y la salud (EEM, 2005). En ese sentido, la EEM identificó los servicios clave de los ecosistemas y los clasificó en servicios de provisión, regulación y culturales como aquellos que afectan directamente a las personas; además de los servicios de soporte, que mantienen a los otros servicios (EEM, 2005).

Los servicios de provisión son los productos que se obtienen de los ecosistemas. Los servicios de regulación son los beneficios obtenidos para la regulación de los procesos ecosistémicos. Los servicios culturales son los beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas. Y los servicios de soporte son los que son necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos. Estos últimos difieren de los otros tipos de servicios en la medida que los impactos sobre las personas suelen ser indirectos y ocurren a muy largo plazo, mientras que en las demás categorías de servicios son más directos y de impactos rápidos.

La Tabla 1 muestra los servicios que se incluyen en cada uno de los tipos de servicios ecosistémicos y una descripción de cada servicio, que puede asumirse para todas las clasificaciones.

En 2010, TEEB, según lo indica en su página web, se concentró en hacer visibles los valores de la naturaleza, con el objetivo de incorporar los valores de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en la toma de decisiones, y a todos los niveles, a través del reconocimiento de la amplia gama de beneficios que brindan los ecosistemas y la biodiversidad, de la demostración de sus cualidades en términos económicos, y de sugerir cómo capturar esos valores en la toma de decisiones (<https://teebweb.org>). El enfoque de TEEB se hace desde el punto de vista económico, ya que considera que los flujos de los servicios ecosistémicos pueden considerarse como el dividendo que la sociedad recibe del capital natural; y sostiene que el mantenimiento de las reservas de capital natural permite el suministro sostenido de flujos de servicios ecosistémicos de cara al futuro, de modo que contribuye con la continuidad del bienestar humano (TEEB, 2010).

Además del enfoque economicista, TEEB considera que es necesario entender el funcionamiento de los ecosistemas, cómo proporcionan sus servicios y cómo podrían verse afectados por las presiones. Para ello, es necesario recurrir a los conocimientos especializados de las ciencias naturales y así lograr entender el vínculo entre la biodiversidad y el suministro de los servicios ecosistémicos, incluida su capacidad para seguir ofreciendo servicios bajo distintas circunstancias (TEEB, 2010). Básicamente, TEEB se adhiere a la clasificación de los servicios ecosistémicos ofrecida por la EEM, pero hace énfasis en el mantenimiento de los ecosistemas, de tal manera que la degradación a la cual se han visto sometidos no llegue a umbrales de no retorno, punto que no se conoce exactamente, pues hay un nivel de incertidumbre con respecto a la capacidad de los distintos ecosistemas de soportar los impactos antes de sufrir daños irreversibles (TEEB, 2010).

Tabla 1. Lista de servicios ecosistémicos según su tipo

Servicios ecosistémicos	Descripción
Soporte	
Formación del suelo	Formación de las características del suelo que lo hacen fértil.
Fotosíntesis	Producción de oxígeno necesario para la mayoría de los organismos vivos.
Producción primaria	Asimilación o acumulación de energía y nutrientes por parte de los organismos.
Ciclo de nutrientes	Producción de aproximadamente 20 nutrientes esenciales para la vida, entre ellos el nitrógeno y el fósforo, que hacen parte de los ecosistemas.
Ciclo del agua	Circulación del agua a través de los ecosistemas, que es esencial para los organismos vivos.
Regulación	
Regulación de la calidad del aire	Capacidad de los ecosistemas de contribuir o extraer productos químicos de la atmósfera para mejorar la calidad del aire.
Regulación del clima	Capacidad de los ecosistemas de influir en el clima a escala local o global. Por ejemplo: el secuestro o emisión de gases efecto invernadero.
Regulación del agua	Capacidad de los ecosistemas para regular el momento y la magnitud de la escorrentía, las inundaciones y la recarga de los acuíferos, que puede afectarse por cambios en la cobertura del suelo, y que puede alterar el potencial de almacenamiento de agua del sistema.
Control de la erosión	Capacidad de la cobertura vegetal de retener el suelo y prevenir los deslizamientos de tierra.
Purificación del agua y tratamiento de residuos	Capacidad de los ecosistemas de filtrar el agua y descomponer los desechos orgánicos introducidos en aguas continentales, costeras y marinas, para asimilar y desintoxicar

Continúa

Servicios ecosistémicos	Descripción
	compuestos a través de procesos del suelo y subsuelo.
Control de enfermedades	Capacidad de los ecosistemas de prevenir enfermedades.
Regulación de plagas	Capacidad de los ecosistemas de prevenir la prevalencia de plagas agrícolas y ganaderas.
Polinización	Las características de los ecosistemas afectan la distribución, abundancia y efectividad de los polinizadores.
Regulación de peligros naturales	Capacidad de los ecosistemas de prevenir desastres. Por ejemplo: la presencia de ecosistemas costeros puede reducir el daño causado por huracanes u olas grandes.
Provisión	
Alimentos	Amplia gama de alimentos, productos derivados de plantas, animales y microbios.
Fibras	Productos de madera, yute, algodón, cáñamo, seda y lana.
Combustibles	Productos que sirven como fuente de energía como la madera, el estiércol y otros materiales biológicos.
Recursos genéticos	Genes e información genética utilizada para animales, fitomejoramiento y biotecnología.
Bioquímicos y medicinas naturales y farmacéuticas	Productos que se derivan de los ecosistemas como medicamentos, biocidas, aditivos alimentarios como alginatos y materiales biológicos.
Recursos ornamentales	Productos animales y vegetales como pieles, conchas y flores, que se usan como adornos y se utilizan para jardinería y ornamentación.
Agua fresca	Capacidad de los ecosistemas para suministrar agua dulce. Este servicio puede considerarse dentro de todas las categorías.

Continúa

Servicios ecosistémicos	Descripción
Culturales	
Diversidad cultural	La diversidad de los ecosistemas influye en la diversidad de las culturas.
Valores espirituales y religiosos	Los ecosistemas o sus componentes aportan valores espirituales a las religiones.
Conocimiento de los sistemas	Los ecosistemas influyen en los tipos de conocimiento de diversos sistemas (tradicionales y formales) desarrollados por diferentes culturas.
Valores educativos	Los ecosistemas y sus componentes y procesos proporcionan la base para educación formal e informal en las sociedades.
Inspiración	Los ecosistemas proporcionan una fuente de inspiración para el arte, el folclor, los símbolos nacionales, la arquitectura y la publicidad.
Valores estéticos	La belleza y estética de los ecosistemas genera valor para las personas. Por ejemplo: el apoyo a parques o ubicaciones de viviendas mejoran su valor por los ecosistemas alrededor.
Relaciones sociales	Los ecosistemas influyen en los tipos de relaciones sociales que se establecen en las diferentes culturas.
Sentido de lugar	Valoración de los lugares que se asocia con características reconocidas del entorno, incluidos aspectos de los ecosistemas.
Valores de patrimonio cultural	Valoración que dan las sociedades a los paisajes o a las especies de importancia histórica cultural.
Recreación y ecoturismo	Posibilidad de elección de las personas sobre dónde pasar el tiempo libre, con base en las características de los paisajes, naturales o cultivados, de un área en particular.

Fuente: adaptación de la EEM (2003) y de TEEB (2010).

La World Wildlife Fund, mejor conocida por su sigla WWF, en 2018, generó una categorización de los servicios ecosistémicos (ver Figura 1), y la ilustró como un ciclo en el cual la humanidad satisface sus necesidades mediante el uso, en alguna medida, de los mismos (WWF, 2018). Además, organizó los servicios ecosistémicos entre directos e indirectos. Los servicios directos, conocidos como servicios de soporte, aparte de ser servicios independientes, sirven de base para los demás. Por su parte, los servicios ecosistémicos indirectos han sido reconocidos como servicios de regulación, aprovisionamiento o de suministro; y como servicios culturales.



Figura 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos.

Fuente: WWF (2018).

Actualmente, en el marco conceptual de los servicios ecosistémicos existe una clasificación internacional de referencia, la cual ha sido denominada Common International Classification of Ecosystem Services (CICES), elaborada por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) y revisada por el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico, que es dirigido por la División de Estadística de las Naciones Unidas. Esta clasificación no reemplaza a otras, sino que permite identificar la información de los servicios más fácilmente (CICES, 2021). Además, la CICES reconoce que las principales categorías de

productos de los ecosistemas son el suministro o provisión, la regulación y los servicios culturales, sin incluir los servicios de apoyo que son parte de las estructuras, procesos y funciones subyacentes que caracterizan a los ecosistemas; y que se consumen o utilizan indirectamente o facilitan la existencia de otros productos de los ecosistemas.

La CICES incluye 96 servicios ecosistémicos que se pueden identificar en distintos ecosistemas, y se divide en cinco niveles. El nivel o sección más general es el que corresponde a los servicios de provisión, regulación y culturales. En el siguiente nivel se encuentran divisiones, luego grupos, hasta llegar al nivel de las clases y, después, los tipos de clases. Cada nivel es progresivamente más detallado y específico que el anterior, por lo que cada uno aporta información cada vez más detallada sobre el respectivo servicio (CICES, 2021; Haines-Young y Potschin, 2018).

Los servicios de provisión están relacionados con las materias primas que se pueden obtener de los ecosistemas. Pueden ser bióticos, cuando se relacionan con organismos vivos como fuente de alimento, con materiales para producción textil o con partes de organismos que se pueden usar como biomasa. También hay servicios de provisión que se obtienen de elementos abióticos, como, por ejemplo, el agua o materiales minerales que se pueden consumir de manera directa; los materiales de construcción o fuentes de energía también se consideran elementos abióticos (Creando Redes, 2022).

Los servicios de regulación están relacionados con el funcionamiento de los ecosistemas. Debido a su diversidad, se dividen en dos grandes grupos que incluyen distintos procesos ecológicos: la transformación de insumos químicos o físicos en los ecosistemas (capacidad de los organismos para acumular de manera biológica las toxinas y contaminantes) y la regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas (incluye el control de la erosión, la atenuación de ruidos, la protección contra incendios, los servicios de polinización y la capacidad de secuestro de carbono) (Creando Redes, 2022).

Por otra parte, los servicios culturales son los bienes y servicios que los seres humanos obtienen de la interacción con la naturaleza, ya sea de manera directa, a través del uso y disfrute u observación de esta, o de manera indirecta, mediante la educación ambiental o el valor de legado o existencia que tienen las especies o los paisajes (Creando Redes, 2022). La Tabla 2 muestra un ejemplo sobre la forma de clasificar un servicio ecosistémico.

Tabla 2. Ejemplo de clasificación de un servicio ecosistémico según la CICES.

Nivel	Ejemplo
Sección	Provisión.
División	Biomasa.
Grupo	Plantas terrestres cultivadas para nutrición, materiales o energía.
Clase	Plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales.
Tipo de clase	Cereales (contribución ecológica al crecimiento de cultivos terrestres que se pueden cosechar y utilizar como materia prima para la producción de alimentos).

Fuente: adaptado de CICES (2021).

Por otra parte, el Panel Intergubernamental para la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos generó una clasificación alternativa para las *contribuciones de la naturaleza para las personas* (NCP por su sigla en inglés), con base en la EEM. Estas contribuciones recogen una amplia variedad de descripciones de las interacciones entre los seres humanos y la naturaleza, a través de los servicios de los ecosistemas y otras descripciones que van desde las interacciones más funcionales hasta las más relacionales (IPBES, 2019). Las NCP surgen debido a la dominancia de las ciencias económicas y ecológicas en el marco conceptual de los servicios ecosistémicos, por lo cual estas incluyen el rol de los contextos culturales y saberes tradicionales para abordar los beneficios de la naturaleza desde una visión más integral, que reconozca la importancia de los actores locales en la planificación y evaluación de los servicios

ecosistémicos (Gómez, 2020; IPBES, 2019). Es decir, esta clasificación resalta que los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas no son solo productos básicos, sino que también trata de poner de manifiesto la importancia del valor cultural que la naturaleza tiene para la sociedad. En consecuencia, las clasificación está basada en cómo los humanos experimentan con la naturaleza (Creando Redes, 2022). Por ejemplo, los alimentos no se consideran solo por su valor nutritivo, calórico o económico, sino también por su componente asociado con las identidades culturales, el arte y el disfrute humano (Creando Redes, 2022; Díaz *et al.*, 2018a).

Por consiguiente, las contribuciones de la naturaleza para las personas no solo se basan en los aportes de productos básicos, sino que también consideran la importancia social, cultural, espiritual y religiosa de la naturaleza para las personas, logrando una clasificación equitativa que incluye diversos sistemas de conocimiento y distintas perspectivas en los procesos de evaluación (Díaz *et al.*, 2018a). Las NCP reúnen contribuciones benéficas para los seres humanos, como la provisión de alimentos, la purificación del agua, la inspiración artística, entre otras. Pero también reúne aquellas contribuciones de la naturaleza que van en detrimento de las personas, como aquellas que generan transmisión de enfermedades o causan perjuicios. El considerar una contribución como positiva o negativa puede depender de los aspectos culturales y socioeconómicos; así como del tiempo o del contexto espacial (Díaz *et al.*, 2018a). Vale aclarar que las NCP también incluyen dieciocho servicios que se clasifican en tres grandes grupos: los materiales, los no materiales y los de regulación.

La importancia de reconocer los aspectos culturales y el conocimiento tradicional de las comunidades en las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza ha llevado a definir las NCP como todas las contribuciones, tanto positivas como negativas, que la naturaleza le brinda a la gente, dado que la naturaleza es la combinación de organismos, ecosistemas y funciones que, dependiendo del contexto cultural y socioeconómico, son

percibidos como beneficiosos o dañinos. Por lo tanto, las NCP se clasifican a través de dos perspectivas: la perspectiva generalizada, que hace referencia al panorama técnico de las ciencias naturales y económicas; mientras que la perspectiva contextual muestra la visión de los conocimientos locales que surgen de las experiencias vividas en el territorio (Gómez, 2020).

Las NCP difieren de la EEM en diversas formas. Inicialmente, las NCP reconocen que la cultura juega un papel definitivo a la hora de definir las interacciones entre las personas y la naturaleza. Segundo, las NCP eleva, enfatiza y operacionaliza el rol de las comunidades indígenas y el conocimiento local en el entendimiento de las contribuciones de la naturaleza a las personas. Y tercero, dichas contribuciones requiere involucrar una amplia gama de partes interesadas, que abarcan desde profesionales de las ciencias naturales, sociales, humanas y de la ingeniería, hasta los pueblos indígenas y comunidades locales en cuyo territorio se ubica gran parte de la biodiversidad (Díaz *et al.*, 2018a). De modo que las NPC implican que los servicios ecosistémicos no se miran solo desde el punto de vista ecológico y económico, con el cual se da valor económico a la naturaleza, sino que también se consideran los aspectos sociales y culturales que son la base de las interacciones entre las personas y la naturaleza. Además, esta mirada supone que los servicios ecosistémicos son coproducidos por la naturaleza y las personas, de acuerdo con distintos enfoques culturales (Díaz *et al.*, 2018a).

La clasificación NCP supone dos perspectivas. Para explicarlo basta con el siguiente ejemplo: la agricultura de alta diversidad se enmarca en procesos que combinan los insumos biológicos con los tecnológicos para maximizar los rendimientos, lo que se denomina perspectiva generalizada; pero la agricultura también puede verse como una práctica de cuidado, a través de relaciones sociales y su conexión con entidades espirituales, enmarcada en la perspectiva contexto-específica. Estas dos formas de agricultura, aunque se presentan como extremos, pueden

también entremezclarse para reconstruir el conocimiento entre disciplinas (Díaz *et al.*, 2018a).

La perspectiva generalizada es la típica de las ciencias naturales y de la economía. Y es fundamentalmente analítica, suponiendo la provisión de servicios de la naturaleza a las personas. Las NCP, dentro de esta perspectiva, identifica dieciocho categorías de servicios ecosistémicos, divididas en tres grupos: los servicios reguladores, los materiales y los inmateriales, de acuerdo con el tipo de contribución que realizan para mejorar la calidad de vida de los seres humanos (Díaz *et al.*, 2018a). Las contribuciones materiales aluden a aquellos elementos materiales de la naturaleza que sustentan la existencia física y los activos materiales de las personas; por ejemplo: cuando los organismos se transforman en alimentos, energía o materiales ornamentales. Las contribuciones inmateriales son los efectos de la naturaleza sobre aspectos subjetivos o psicológicos que sustentan la calidad de vida de las personas, como por ejemplo: los bosques o arrecifes de coral, que brindan oportunidades de recreación e inspiración a las personas. Y finalmente, las contribuciones reguladoras son aquellas que afectan la calidad de vida de las personas de manera indirecta, como los organismos del suelo, que permiten el suministro de nutrientes a las plantas, que son las que benefician directamente a los seres humanos. Cabe añadir que los aspectos culturales son transversales a estos tres grupos, que a su vez se superponen, ya que cada servicio ecosistémico puede hacer parte de más de un grupo (Díaz *et al.*, 2018a). La Tabla 3 muestra las contribuciones de la naturaleza para las personas con su respectiva categoría y traslazo.

Por otra parte, la perspectiva de contexto-específica es la típica del conocimiento local e indígena, que no busca extenderse o validarse más allá de áreas geográficas y contextos locales específicos. Esta perspectiva no incluye categorías definidas, ya que dependen totalmente del contexto y de la importancia cultural o espiritual que tengan las contribuciones de la naturaleza para los actores locales (Díaz *et al.*, 2018a).

Tabla 3. Contribuciones de la naturaleza a las personas.

NCP	Contribuciones materiales	Contribuciones inmateriales	Contribuciones de regulación	Descripción
1. Creación y mantenimiento de hábitats				Formación y producción continua de las condiciones ecológicas en los ecosistemas necesarias o favorables para los organismos que son importantes para los humanos. Ejemplos: sitios de anidación, áreas de descanso y de hibernación de mamíferos, áreas de migración de aves y mariposas, etc.
2. Polinización y dispersión de semillas y otros propágulos				Movimiento por parte de animales y de polen entre flores, y dispersión de semillas, larvas o esporas de organismos importantes para los seres humanos.
3. Regulación de la calidad del aire				Regulación por parte de los ecosistemas de CO ₂ y O ₃ para la absorción de rayos UV-B, niveles de óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, partículas aerosoles; además de filtración, fijación, degradación o almacenamiento de contaminantes que afectan la salud humana o la infraestructura.
4. Regulación del clima				Regulación del clima por parte de los ecosistemas mediante: efectos positivos o negativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, efectos positivos o negativos sobre la retroalimentación biofísica de la cubierta vegetal a la atmósfera, procesos directos e indirectos que involucran compuestos orgánicos volátiles biogénicos, y regulación de aerosoles y precursores de aerosoles.
5. Regulación de la acidificación de los océanos				Control por parte de organismos fotosintéticos de concentraciones de CO ₂ en la atmósfera y del pH del agua del mar, los cuales afectan los procesos de calcificación asociados con muchos procesos de organismos marinos importantes para los seres humanos.
6. Regulación de la cantidad, de la ubicación y de la distribución temporal del agua dulce				Regulación por parte de los ecosistemas de la cantidad, ubicación y momento del flujo de aguas superficiales y subterráneas utilizadas para el consumo, riego y transporte; como energía hidroeléctrica y como apoyo a contribuciones no materiales; además de la regulación del flujo de hábitats naturales dependientes del agua que, a su vez, afecta positiva o negativamente a las personas río abajo. Modificación de los niveles de agua subterránea que puede mejorar la salinización de las tierras secas.
7. Regulación de la calidad del agua dulce y costera				Regulación por parte de los ecosistemas u organismos particulares, a través de la filtración de partículas, patógenos, exceso de nutrientes y otros productos químicos, según la calidad del agua utilizada.
8. Formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos				Retención de sedimentos y control de la erosión, formación y mantenimiento de la estructura y de los procesos del suelo que se reflejan en la continua fertilidad de los suelos, importantes para los seres humanos; además de la filtración, fijación, degradación o almacenamiento de sustancias contaminantes químicas y biológicas en suelos y sedimentos importantes para los seres humanos.

NCP	Contribuciones materiales	Contribuciones inmateriales	Contribuciones de regulación	Descripción
9. Regulación de riesgos y fenómenos extremos				Mejora, por parte de los ecosistemas, de los impactos sobre los seres humanos o sobre la infraestructura, causados por inundaciones, vientos, tormentas, huracanes, intrusión del mar, olas de calor, altos niveles de ruido, entre otros. Además de la reducción de peligros como deslizamientos de tierra o avalanchas.
10. Regulación de organismos y procesos biológicos perjudiciales				Regulación, por parte de los ecosistemas, de plagas, patógenos, depredadores, competidores, entre otros, que afectan a los seres humanos, a las plantas y a los animales. Por ejemplo, regulación por parte de depredadores o parásitos del tamaño de la población de animales importantes no dañinos, regulación de la abundancia o distribución de organismos potencialmente nocivos para el paisaje, extracción de cadáveres de animales o humanos por parte de carroñeros, regulación del deterioro biológico y degradación de la infraestructura.
11. Energía				Producción de combustibles a base de biomasa, como, por ejemplo, cultivos para combustibles, desechos animales, leña, entre otros.
12. Alimentos				Producción de alimentos a partir de organismos silvestres, gestionados o domesticados, como pescado, carne de vaca, aves de corral, caza, productos lácteos, cultivos comestibles, setas, carne de animales silvestres, miel, frutos y tubérculos comestibles. Además de producción de alimentos para animales domésticos.
13. Materiales y asistencia				Producción de materiales, derivados de organismos en cultivos o ecosistemas silvestres, para la construcción, confección, impresión o con fines ornamentales; además del uso directo de organismos vivos para decoración, transporte, mano de obra o como mascotas.
14. Recursos medicinales, bioquímicos y genéticos				Producción de materiales derivados de organismos usados para propósitos médicos y veterinarios; aparte de la producción de genes e información genética usada para cría de animales y de plantas, y para biotecnología.
15. Aprendizaje e inspiración				Provisión de paisajes marinos, hábitats u organismos; y de oportunidades para el desarrollo de las capacidades que permiten a los humanos prosperar a través de la educación, adquisición de conocimientos y desarrollo de habilidades para el bienestar; información científica e inspiración para el arte y el diseño tecnológico.
16. Experiencias físicas y psicológicas				Provisión de paisajes marinos, hábitats u organismos; y de oportunidades para actividades físicas y psicológicamente beneficiosas, curación, relajación, recreación, ocio, turismo y disfrute estético, basado en el contacto estrecho con la naturaleza.

NCP	Contribuciones materiales	Contribuciones inmateriales	Contribuciones de regulación	Descripción
17. Apoyo e identidades				Paisajes terrestres, paisajes marinos, hábitats u organismos importantes para ciertas religiones; provisión de oportunidades por parte de la naturaleza para que las personas desarrollen un sentido, propósito, pertenencia, enraizamiento o conexión con el lugar, asociados con diferentes entidades del mundo vivo; base para narrativas, mitos, rituales y celebraciones proporcionados por la naturaleza; fuente de satisfacción derivada por conocer un paisaje en particular, un paisaje marino, un hábitat o especies.
18. Mantenimiento de opciones				Capacidad de los ecosistemas, hábitats, especies o genotipos para mantener las opciones de los seres humanos de acceder a la naturaleza y contribuir con una buena calidad de vida. Beneficios asociados con la existencia continua de una amplia variedad de especies, poblaciones y genotipos. Beneficios o amenazas futuros derivados de mantener abiertas las posibilidades de descubrimientos. Usos imprevistos de organismos particulares o ecosistemas que ya existen. Beneficios futuros que se pueden anticipar a partir de evolución biológica.

Fuente: adaptado de Díaz *et al.* (2018b) e IPBES (2017).

Cualquiera de las clasificaciones de los servicios ecosistémicos (ya que tienen coincidencias) puede ser aplicada para evaluarlos; y la sugerencia es que se use una u otra de acuerdo con las características del ecosistema. Usualmente, la evaluación de un ecosistema se hace para determinar su salud y la posibilidad de seguir proveyendo los servicios. Por lo tanto, es necesario conocer el funcionamiento del sistema ecológico, pero también su contexto social y político en los cuales los servicios ecosistémicos son utilizados (Camacho y Luna, 2012).

Indicadores de análisis de servicios

El suministro de servicios ecosistémicos en el presente (y para las generaciones futuras) depende de realizar un uso sostenible de los territorios que proveen tales servicios (Rodríguez-Loinaz *et al.*, 2019). Una de las formas de evaluar esa sostenibilidad es a través de indicadores, puesto que ellos permiten medir los componentes de un ecosistema, el cual

que proporciona formas prácticas y económicas de rastrear alguna condición (Weilhoefer, 2011); sobre todo, cuando la representación espacial de los servicios ecosistémicos es a través de indicadores socioecológicos (Nahuelhual *et al.*, 2016).

Hay una gran cantidad de criterios para definir un indicador ideal, entre los que se destacan: que cuente con una base científica, que responda al estrés del ecosistema de manera predecible, que sea fácil de medir e interpretar, que sea de bajo costo económico y que sea relevante para los gestores ambientales y tomadores de decisiones (Carvajal-Oses *et al.*, 2019). No obstante, los indicadores no generan cambios en el comportamiento, sino que hacen visible una problemática para priorizarla (Hak *et al.*, 2018); dicho de otro modo: ayudan a generar información ambiental para monitorear los fenómenos con base en la evidencia. Por lo que los indicadores son una herramienta para transformar información en conocimiento social (Karis *et al.*, 2019). Una batería de indicadores debería formularse de manera holística

y de acuerdo con las características específicas del ecosistema a analizar. No obstante, un conjunto de indicadores debería reconocer no solo las interacciones de los ecosistemas sino también los roles de los parámetros ambientales y las perspectivas sociales, económicas e institucionales (Borja *et al.*, 2009; Carvajal-Oses *et al.*, 2019; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2010). En este sentido, los indicadores deberían considerarse como ambientales, sociales, económicos y de servicios ecosistémicos.

Los indicadores ambientales permiten evaluar la condición de salud ecológica de los ecosistemas, como número de aves, integridad abiótica, cambios temporales de uso del suelo, ciclos biogeoquímicos, biomasa arbórea, número de invertebrados, entre otros (Carvajal-Oses *et al.*, 2019). Los indicadores sociales suponen que la sostenibilidad es una condición que mejora la vida dentro de las comunidades y se manifiesta por un sentido de cohesión en el que las personas viven, trabajan y prosperan en un entorno equitativo (Datta *et al.*, 2012), considerando que el ser humano se sitúa en un contexto social y psicológico, en el que resaltan sus necesidades, su bienestar y sus emociones (James *et al.*, 2013). Entre los indicadores sociales se pueden incluir el valor terapéutico de los ecosistemas, el valor de amenidad, el valor de patrimonio, el valor espiritual y el valor de existencia (Carvajal-Oses *et al.*, 2019); además del espíritu de cooperación entre la comunidad, el tiempo en familia y las percepciones acerca del ecosistema (Datta *et al.*, 2010); así como la alimentación, la salud y la educación (Glaser *et al.*, 2010). Por su parte, los indicadores económicos están asociados con los diversos usos que se aprovechan del ecosistema y a los que se puede asignar un costo monetario, tales como el empleo, el turismo y la extracción, entre otros (Carvajal-Oses *et al.*, 2019).

Es recomendable considerar en la gestión de la sostenibilidad de los ecosistemas aspectos como la existencia de consideraciones técnicas para establecer planes regulatorios para el aprovechamiento sostenible, la colaboración equitativa y armoniosa entre las partes interesadas (instituciones estatales, organizaciones de base comunitaria, sector privado, etc.), y la necesidad del consumo de los servicios

ecosistémicos. Por lo que hay que evitar la dicotomía entre naturaleza y pobreza, y fomentar la importancia de que las prácticas de consumo deben construirse con base en las necesidades de las comunidades; así mismo, dependiendo del servicio ecosistémico, hay que impulsar la importancia de armonizar las prácticas de consumo, al considerar las cuencas hidrográficas como unidad de análisis (Carvajal-Oses *et al.*, 2019; Kusmana, 2015; Vande Velde *et al.*, 2019). Vale aclarar que, en la actualidad, se promueve la participación comunitaria, a través de la educación ambiental y del desarrollo de políticas de conservación, para motivar y movilizar a las personas hacia el cuidado de la naturaleza (Carvajal-Oses *et al.*, 2019; Eppinga *et al.*, 2019).

Por otro lado, los servicios ecosistémicos se proporcionan en sistemas socioecológicos complejos e interconectados, que se caracterizan por tener factores determinantes biofísicos y sociales que interactúan entre sí (Carvajal-Oses *et al.*, 2019; Tanner *et al.*, 2019). De manera que los servicios ecosistémicos han permitido evaluar económicamente los recursos naturales y ser fuente de información para tomadores de decisiones; por lo que sus indicadores deben hacer referencia a los beneficios para las comunidades y no a procesos biológicos como pueden ser la distribución, abundancia y sobrevivencia de las especies (Olander *et al.*, 2018). Además, hay que señalar que los indicadores de los servicios ecosistémicos suelen estar relacionados con valores económicos, ya sea por tener un precio directo en el mercado (lo que no es común para bienes y servicios de la naturaleza) o por valoración indirecta a través de métodos contingentes (Carvajal-Oses *et al.*, 2019). Ante estas sugerencias de los indicadores, es necesario entender que, a la hora de evaluar servicios ecosistémicos, es recomendable seleccionar distintos indicadores en función de los objetivos de la evaluación. Por ejemplo: no se usarían los mismos indicadores para un estudio que pretende comunicar que para los de un estudio que busca investigar (Nahuelhual *et al.*, 2016).

Por otra parte, cabe preguntarse: ¿por qué son importantes los indicadores? La respuesta es: porque simplifican la información de manera que esta

pueda ser comunicada y entendida con facilidad; sin contar que facilitan la toma de decisiones con base en evidencia concreta, y permiten identificar y priorizar intervenciones, monitorear el progreso de objetivos, e informar acciones de corrección de manera efectiva. En el marco de los servicios ecosistémicos, los indicadores permiten conocer y entender la condición, tendencias y tasas de cambio de los mismos (Nahuelhual *et al.*, 2016).

La vereda Tocatá, zona de estudio de esta investigación, se ha convertido en una fuente de servicios ecosistémicos, gracias a que es uno de los lugares de descanso de los habitantes de Cali, pues su ubicación, a solo 8 km de los límites de la ciudad por el occidente, la ha convertido en un lugar de fácil acceso, que se caracteriza por un clima acogedor y ser un buen lugar para disfrutar de la naturaleza a pocos minutos del calor y bullicio de la ciudad. En ese sentido, los servicios ecosistémicos que más se evidencian en la zona de estudio son los culturales, principalmente aquellos que se obtienen de la interacción directa con la naturaleza, como por ejemplo: la realización de actividades deportivas y de ocio, y la contemplación del paisaje. También se evidencian servicios ecosistémicos de abastecimiento, aprovechados principalmente por los residentes en la localidad. Los servicios culturales que ofrecen los ecosistemas en Tocatá producen gran interés, debido a que son los espacios que tienen los habitantes urbanos para entrar en contacto directo con la naturaleza, estando muy cerca de la ciudad. Estudios indican que la producción de este tipo de servicios depende tanto de factores ecológicos como de factores sociales, ya que son resultado del procesamiento de información del entorno biofísico a través de los sentidos humanos (Braat y de Groot, 2012; Karis *et al.*, 2019). Sin embargo, otros estudios apuntan a que su generación depende de las características de la infraestructura ecológica, como la superficie, la distribución de los elementos que la componen y la proximidad que tienen con los habitantes (Karis *et al.*, 2019; Karis y Ferraro, 2017; Reyes Páeck y Figueroa Aldunce, 2010). Es así cómo, para evaluar la situación de una localidad, en relación con su infraestructura ecológica y sus servicios ecosistémicos, pueden usarse indicadores de procesos que

puedan ser cuantificados, con base en las estructuras que los proveen o de sus funciones (De la Barra *et al.*, 2016); por lo que podrían cuantificarse los espacios “verdes” disponibles que son accesibles y los que son las principales proveedoras de los servicios ecosistémicos por su mayor superficie (Karis *et al.*, 2019).

Nahuelhual *et al.* (2016) identificaron, a través de una revisión de literatura científica, que los indicadores no suelen usarse de manera repetida, sino que puede haber un sinnúmero de estos para medir cada servicio ecosistémico; lo que podría sugerir que los indicadores, en cada estudio, se formulan de acuerdo con las necesidades del estudio, con la información que se requiere recopilar o con las características de la zona de estudio y la información que sea posible conseguir; es decir, los indicadores que se desarrollan se generan según las áreas de estudio y, así mismo, se define su escala (comunidad, municipio, país, cuenca, entre otros) (Nahuelhual *et al.*, 2016). Por otra parte, los indicadores también pueden construirse de diferentes tipos, de acuerdo con el interés de la información, por lo que pueden estar basados en valores económicos, en opiniones de expertos, en percepción de los actores involucrados, en resultados, en procesos y, principalmente, en capacidades. No obstante, y de acuerdo con lo descrito hasta ahora, la Tabla 4 muestra ejemplos de qué indicadores pueden usarse para la evaluación de servicios ecosistémicos, donde se destacan los indicadores relacionados con el abastecimiento de agua y de alimentos, y los servicios culturales.

Tabla 4. Revisión de indicadores que han sido utilizados para medir servicios ecosistémicos.

Servicio ecosistémico	Indicador
Regulación del suelo	Superficie verde por habitante (mide la extensión de áreas verdes existentes en relación con el número de habitantes).
Regulación del suelo	Distribución de la superficie verde (mide la participación de cada zona en la superficie total de áreas verdes).
Alimentos	Producción extensiva de alimentos.

Continúa

Servicio ecosistémico	Indicador
Agua dulce	Precipitación disponible.
Materias primas	Existencias maderables en plantaciones forestales.
Acerbo genético	Número de hábitats.
Regulación climática	Balance de carbono.
Regulación hídrica	Cobertura de bosques naturales y superficie forestal potencial.
Regulación hídrica	Cobertura de bosques riparios en márgenes de ríos.
Regulación hídrica	Capacidad de retención de agua en la capa superior del suelo.
Regulación hídrica	Capacidad de infiltración del suelo.
Fertilidad del suelo	Contenido de carbono orgánico en el suelo.
Control de erosión	Porcentaje del municipio que no evidencia erosión.
Perturbaciones naturales	Superficie inundable no artificial.
Regulación biológica	Superficie cultivada en áreas no artificiales.
Polinización	Superficie de ecosistemas que ofrecen hábitats y alimento a polinizadores.
Polinización	Número de colmenas.
Recreación y turismo	Infraestructuras turísticas para el turismo rural.
Recreación y turismo	Número de cimas catalogadas.
Recreación y turismo	Número de áreas de escalada permitida.
Recreación y turismo	Longitud de senderos, rutas, entre otros.
Educación ambiental	Número de infraestructuras dirigidas a la educación ambiental.
Disfrute estético del paisaje	Grado de naturalidad del paisaje.
Disfrute estético del paisaje	Diversidad de paisajes.
Disfrute estético del paisaje	Número de hitos paisajísticos, árboles singulares y lugares de interés geológico.

Continúa

Servicio ecosistémico	Indicador
Identidad cultural	Número de ferias agroganaderas y romerías.
Conocimiento tradicional	Número de artesanos.
Diversidad natural	Superficie con protección especial.
Diversidad natural	Cobertura de hábitats de interés comunitario.
Diversidad natural	Superficie no artificial.
Diversidad natural	Índice de presión demográfica (densidad de población humana).
Abastecimiento de agua	Cantidad de lluvia anual que es evapotranspirada.
Abastecimiento de agua	Cantidad de agua total disponible en una cuenca.
Abastecimiento de agua	Suma de huellas de agua subterráneas de los acuíferos.
Abastecimiento de agua	Precipitación media anual.
Abastecimiento de agua	Proporción de áreas cubiertas por ecosistemas con agua fresca.
Abastecimiento de agua	Presencia o ausencia de humedales en el sitio de observación.
Regulación de la calidad del agua	Existencia de áreas de amortiguación en la cuenca.
Carácter natural	Producto del tamaño del ecosistema y su calidad.
Valor natural	Influencia humana en el paisaje y la flora.
Indicador de naturaleza	Proporción de formas de uso de suelo extensivas.
Beneficios culturales y espirituales	Entrevistas para determinar aspectos sociales y ambientales del área de estudio.
Características del paisaje cultural	Fotos de elementos individuales del paisaje, que representan sus atributos; y fotos aéreas de la estructura y composición del paisaje en las entrevistas a los visitantes.

Continúa

Servicio ecosistémico	Indicador
Valor estético percibido de los ecosistemas	Número de individuos por unidad de área que suben fotos a Google Earth.
Valores regionales de servicios ecosistémicos (SE)	Uso del modelo <i>presión-estado-respuesta</i> para evaluar la presión inducida por la urbanización.
Valoración estética del paisaje	Métricas para medir el paisaje (forma, densidad de parches y diversidad).
Sitios de relevancia para la historia y cultura local	Mapeo participativo definido del rango completo de SE culturales y varios "contra servicios" percibidos por la gente que vive en el paisaje cultural.
Valor de la identidad y herencia cultural	Identificación de distintos tipos de valor y determinación de la distribución espacial de distintos valores atribuidos al ambiente (puede haber traslapes de valor).
Valores estéticos y tradicionales	Preferencia social, de acuerdo con la belleza del paisaje.
Valores estéticos	Función cultural y educacional del paisaje, a través de valores únicos del paisaje.
Valores estéticos	Puntajes de atributos estéticos de tipos de coberturas del suelo.
Patrimonio agrícola	Existencia de especie de significancia cultural, sistemas de conocimiento y relaciones sociales para generar un indicador de patrimonio agrícola.

Fuente: elaborada con base en Karis *et al.* (2019), Nahuelhual *et al.* (2016) y Rodríguez-Loínaz *et al.* (2019).

Hay una gran diversidad en la construcción de los indicadores, como también un sinnúmero de indicadores que se calculan usando modelos de simulación de diferentes áreas del conocimiento (Nahuelhual *et al.*, 2016). Muchos otros, sobre todo los indicadores

de servicios ecosistémicos culturales, usan métodos sociales de valoración, a través de opiniones, entrevistas, encuestas, fotos, mapas sociales, etc., de los actores involucrados con los servicios para determinar su estado y valor.

Aunque se han construido una gran cantidad de indicadores para determinar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, la mayoría se concentran en los servicios de provisión y regulación o en servicios materiales, más que en los servicios culturales. Además, los estudios concuerdan en que la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos debe analizarse con base en las características propias de los ecosistemas en un lugar, y no en indicadores generales destinados a usarse en cualquier otro ecosistema (Morales Aymerich, 2011). Esto se explica porque la sostenibilidad de los ecosistemas y, por ende, de sus servicios, depende de la capacidad de carga de estos, es decir, por el límite de los ecosistemas para soportar a los organismos y, al mismo tiempo, mantener su productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Por lo tanto, se puede decir que la capacidad de carga de la naturaleza no es fija ni estática, sino que depende de la tecnología, de las preferencias, de la estructura de producción y del consumo; por lo que cualquier cambio en las interacciones entre los elementos físicos y bióticos del ambiente influye en ella (Morales Aymerich, 2011). Por ejemplo, aunque se puede pensar lo contrario, la cantidad de personas que consume un servicio ecosistémico no es un indicador directo de su sostenibilidad, ya que aunque hubiese mayor cantidad de gente, no necesariamente habría mayor degradación, pues la depredación de un recurso natural no se relaciona directamente con el número de habitantes, como es el caso de Centroamérica, que con una densidad poblacional de 57 personas por metro cuadrado, alcanza los 410 000 m² de tierra deforestada, mientras que Francia, con la misma área de tierra, pero con el doble de densidad poblacional, ha deforestado mucho menos (Hildyard *et al.*, 1993).

Estrategias de sostenibilidad de servicios ecosistémicos

La sostenibilidad es un concepto que surgió en 1972, cuando se publicó el documento denominado *Los límites del crecimiento: Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad* (Meadows, 1972). Sin embargo, fue la Comisión sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, conocida también como la Comisión Brundtland, la que, a través del informe del mismo nombre, definió que la sostenibilidad está asociada con satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras (ONU, 1987), independiente del tipo de necesidad que sea. En general, la sostenibilidad implica la perduración de los recursos en el tiempo; en particular, cuando se habla de sostenibilidad ambiental, implica que la explotación de los recursos naturales se mantenga dentro de los límites de la regeneración y crecimiento natural, a partir de planear la explotación de los recursos y de precisar los efectos que la explotación tendrá sobre los ecosistemas (Zarta Ávila, 2018).

La sostenibilidad también se ha definido como aquella actividad científica que se desarrolla mediante el estudio de las capacidades que tienen los sistemas para adaptar sus relaciones socioecológicas para sobreponerse a perturbaciones y poder mantener sus atributos y procesos esenciales (Salas y Ríos, 2013). La sostenibilidad implica concebir la complejidad de los problemas que conllevan la insostenibilidad y generar alternativas que puedan resolverlos. La complejidad de los problemas requiere que dichas alternativas se identifiquen de manera participativa e interdisciplinaria y que se considere la incertidumbre propia de los fenómenos naturales. Por lo que la sostenibilidad tiene carácter exploratorio más que predictivo (Salas y Ríos, 2013).

También se ha clasificado la sostenibilidad en débil y fuerte. La débil supone que el capital natural y el capital económico son sustitutos perfectos

reversibles en un plazo establecido, de manera que consiste en sostener o aumentar el nivel de bienestar social, medido en términos de la capacidad de consumo, en un periodo determinado de tiempo (Luffiego García, 2000; Ríos-Osorio *et al.*, 2013). Esta mirada de la sostenibilidad está reevaluándose a favor de la sostenibilidad fuerte, que indica una imposibilidad de reemplazar recursos naturales que pertenecen a un sistema complejo, en el que los factores económicos no tienen influencia. La sostenibilidad fuerte define la viabilidad de la relación entre un sistema socioeconómico y los ecosistemas (Luffiego García, 2000).

Esta relación entre los sistemas socioeconómicos y los ecosistemas ha generado las consecuencias negativas que trae consigo el desarrollo económico, la industrialización y el crecimiento poblacional sobre el ambiente; y abrió el debate mundial respecto a la importancia de alcanzar la sostenibilidad, es decir, de avanzar hacia el desarrollo sostenible. En consecuencia, se estableció que el desarrollo económico debe estar asociado con la conservación de los recursos naturales y se estimó que el desarrollo debe ser sostenible (ONU, 1987).

En este sentido, es necesario comprender la interacción entre tres sistemas complejos: la economía mundial, la sociedad global y el ambiente (Sachs, 2014). La Figura 2 muestra esta relación, que explica el desarrollo sostenible, pero que también refleja un enfoque de la sostenibilidad (Restrepo Tarquino, 2019; Sachs, 2014). A partir de la definición de sostenibilidad y su relación con el desarrollo sostenible han surgido dos percepciones: la de sostenibilidad normativa y la de sostenibilidad positiva. La primera componen los acuerdos y propuestas que se han incluido en el marco conceptual del desarrollo sostenible, mientras que la segunda incluye el análisis científico de la sostenibilidad y del desarrollo sostenible, al considerar el sesgo económico y ecológico (Ríos *et al.*, 2013).



Figura 2. Enfoque de sostenibilidad.

Fuente: adaptado de Restrepo Tarquino (2019) y Sachs (2014).

En consecuencia, la sostenibilidad asume que los recursos naturales no son inagotables, por lo que es necesario su protección y uso racional. Pero también considera el desarrollo de las sociedades mediante el aprecio de la idiosincrasia de las comunidades y las culturas, el respeto de sus estándares de bienestar y el seguimiento del crecimiento económico que genere riqueza equitativa para todos, sin perjudicar el ambiente (Rodríguez y Ríos, 2016).

Considerando la importancia de lograr la sostenibilidad y su relación con el desarrollo sostenible, la ONU, para lograr una aplicación práctica del desarrollo sostenible, a partir de 1992, y con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y Desarrollo, denominada como I Cumbre de la Tierra, y más conocida como Río 1992, brindó a los países la posibilidad de adoptar estrategias ambientales globales y se concibieron una serie principios para alcanzar la sostenibilidad, a través de lo que se conoce como Agenda 21 (Corrales y Restrepo Tarquino, 2021; ONU, 1992; Ríos *et al.*, 2013). La Agenda 21 o Programa 21 fue un plan de acción que fue adoptado a nivel universal, nacional y local por organizaciones del Sistema de Naciones Unidas, gobiernos y grupos de cada zona en el mundo, en el cual se señala que los seres humanos tienen influencia sobre el ambiente (ONU, 1992).

Luego, la ONU formuló una serie de objetivos hacia los cuales deberían avanzar los países para alcanzar la sostenibilidad, sin dejar de lado el crecimiento económico. En 2000 se formularon los ocho *objetivos de desarrollo del milenio* (ODM), relacionados con erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad entre los sexos y el empoderamiento de la mujer, reducir la mortalidad de los niños menores de cinco años, mejorar la salud materna, combatir el sida, la malaria y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y fomentar una alianza mundial para el desarrollo (ONU, 2000). Estos objetivos fueron evaluados en 2015 y al encontrarse que no fueron cumplidos en su totalidad pero que alcanzaron un buen avance en los resultados esperados, surgió la necesidad de delinear los *objetivos de desarrollo sostenible* (ODS), cuya evaluación será en 2030. Los ODS son diecisiete objetivos entre los que se resaltan: el fin de la pobreza, el hambre cero, la igualdad de género, la garantía de agua limpia y el saneamiento. Además, incluyen objetivos en torno al uso de energías limpias, instituciones sólidas, consumo y producción responsables, trabajo decente e industria, educación, acciones por el clima y cuidado de los ecosistemas. En general, los ODS son un llamado a tomar medidas para acabar con la pobreza, proteger el planeta y lograr que las personas vivan en paz y prosperidad (ONU, 2015). En general, la construcción del marco teórico y práctico del desarrollo sostenible ha sido llevado a cabo para que, desde la esfera política internacional, se planteen restricciones al modelo económico vigente, que es altamente consumidor y degradador de los recursos naturales (Corrales y Restrepo Tarquino, 2021; Sánchez Fernández, 2009).

En Latinoamérica, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) trabaja, entre otras cosas, en el monitoreo de la sostenibilidad y la entiende como la preservación dinámica de la identidad esencial de un sistema que está en cambios permanentes; pero, además, concibe al desarrollo sostenible como un proceso de cambio direccional, mediante el cual el sistema mejora de manera sostenible a través del tiempo (Corrales y Restrepo Tarquino, 2021; Gallopín, 2003).

En Colombia, las principales normas ambientales incluyen la protección del ambiente para la satisfacción de las necesidades actuales, a fin de garantizar las de las generaciones futuras. Desde hace más de cuatro décadas la legislación ha incluido la iniciativa mundial de avanzar hacia la sostenibilidad de los recursos naturales. El Código de Recursos Naturales (Decreto 2811 de 1974) tiene como objetivos lograr la preservación y restauración del ambiente, considerando criterios de equidad que aseguren el desarrollo humano, la disponibilidad permanente de los recursos naturales, la participación social para el beneficio de la salud y el bienestar de las generaciones presentes como de las futuras; así como prevenir y controlar los efectos negativos de la explotación de los recursos naturales y regular la conducta humana respecto del ambiente. De igual forma, la Constitución Política de Colombia (1991) en su artículo 79 reza que:

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Así mismo, en el artículo 80 menciona que:

El Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; además, debe prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados; así como cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

La Ley 99 de 1993 se ha caracterizado por gestionar el ambiente en el país, mediante la creación de entidades para hacerlo. Tiene catorce principios que se resumen en la necesidad de proteger cada uno de los recursos naturales, permitiendo el proceso de desarrollo económico y social del país. Propende por conservar la biodiversidad, los páramos, el agua y el paisaje; por la prevención de desastres, entre otros. Lo que ha favorecido a la creación de instrumentos económicos que cubran los costos de esta protección,

con entidades que se hagan cargo de la misma, que se haga de manera democrática, participativa y descentralizada; y que promueva el trabajo intersectorial, la formulación de políticas públicas que favorezcan el cuidado ambiental; todo con el fin de avanzar en el desarrollo del país de manera sostenible (Ley 99 de 1993). Más recientemente, el Decreto 1076 de 2015 unificó la normatividad ambiental en un solo documento, que conserva la importancia de garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales, tanto así que tiene como objetivo

orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores. (art. 1.1.1.1)

Adicionalmente, y con base en esto, el concepto de sostenibilidad también se asocia con la prestación de servicios públicos de agua y saneamiento; de modo que la sostenibilidad se entiende como la prestación de un cierto nivel de servicio por un periodo de tiempo indefinido (Lockwood y Smits, 2011). Más aún, la sostenibilidad puede comprenderse como la característica del servicio que el usuario recibe, y que incluye la calidad del agua, la cantidad, la continuidad, el acceso y la satisfacción del usuario con el servicio recibido, para el caso de los servicios de agua y saneamiento (Smits *et al.*, 2012).

Por su parte, el concepto de servicios ecosistémicos ha ido evolucionando desde su identificación. Inicialmente, se originó como un concepto netamente ecológico que los definió como un amplio rango de condiciones y procesos, a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que hacen parte de ellos ayudan a sostener la vida humana (Daily, 1997). El concepto fue introducido en temas de debate, relacionados con servicios públicos, biodiversidad y conservación, bienes y servicios ecológicos, bienestar humano y, principalmente, cuantificación ecológica (Daily, 1997; Kremen, 2005; Martín-López y Montes, 2011; Vanderwalle *et al.*, 2008).

Posteriormente, el término de servicios ecosistémicos también se asoció con enfoques económicos, pues se entendió que los servicios de los ecosistemas tienen flujos de materiales, energía e información de reservas de capital natural, que se combinan con los servicios manufacturados y humanos de capital para producir bienestar para los seres humanos (Costanza *et al.*, 1997). Este enfoque desde la economía permitió analizar los servicios ecosistémicos como bienes y servicios ambientales, capital natural, bienestar, resiliencia y bienes públicos; además de analizar la oferta y demanda de servicios ecosistémicos a través de la valoración ecológica, sociocultural y monetaria de los mismos (Costanza *et al.*, 1997; Hawkins, 2003; TEEB, 2010). Recientemente, se estudian los servicios ecosistémicos como una combinación entre la ecología y la economía, considerando los servicios ecosistémicos como los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad (EMM, 2005). Esta forma de entender los servicios ecosistémicos permite analizarlos a través de sus principales funciones: regulación, hábitat, producción e información; aparte de generar un marco conceptual más amplio que avance hacia su valoración y que promueva la gestión de la biodiversidad y su sostenibilidad (EMM, 2005; Gómez-Baggethun y de Groot, 2007; de Groot *et al.*, 2002; MADS, 2012; Martín-López y Montes, 2011; Montes, 2007; Rincón-Ruiz *et al.*, 2014).

En torno a la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, en Colombia, la PNGIBSE (MADS, 2012) indica que debe haber un balance entre los diferentes intereses que la sociedad tiene frente a la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que se derivan de esta y que son fundamentales para el bienestar humano. Por tanto, la gestión de la biodiversidad no debe ser exclusiva del sector ambiental con jurisdicción en las ciencias naturales, sino que también debe promover la corresponsabilidad social y sectorial, de tal forma que se fomente la participación de la sociedad y el reconocimiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos como un valor público, para incorporarlos en la planificación; de modo que pueda aumentarse la productividad de manera sostenible, al mismo tiempo que se

protegen y mantienen las riquezas naturales y culturales del país (MADS, 2012).

La gran mayoría de las investigaciones que se realizan en torno a los servicios ecosistémicos se hacen en relación con las contribuciones de regulación (76%); además, se ha identificado que el 83% de los trabajos se concentran en descripciones, caracterizaciones y valoración de contribuciones de tipo biofísico. Mientras tanto, solo el 9% de las investigaciones tiene relación con las contribuciones inmateriales, y los trabajos en aspectos socioculturales son solo del 14% (Álvarez *et al.*, 2019; Bedoya *et al.*, 2020). En busca de la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos hay diversos referentes de uso sostenible, principalmente aquellos relacionados con prácticas sostenibles de distintas actividades productivas, tales como producción orgánica de productos, manejo de selvas y bosques, ecoturismo, conservación de biodiversidad local, uso adecuado del agua y de productos forestales no maderables, y pesca (Silva-Rivera *et al.*, 2012); todas las actividades mencionadas son experiencias que integran procesos de desarrollo productivo y económico con conservación ambiental (RAP Pacífico, 2020).

En este sentido, hay casos exitosos en países como México y Costa Rica. En México se encuentran prácticas provenientes de comunidades indígenas en las que se hace manejo forestal sostenible, así como también se produce maíz, aguacate, frutas y café bajo sombra, con varios estratos y especies; de tal manera que se conserven diversas especies útiles (Silva-Rivera *et al.*, 2012). Además, se han implementado procesos de pago por servicios ambientales a través de la captura de carbono (Flores *et al.*, 2018). En Costa Rica, la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos se ha enfocado en la creación de áreas de conservación, establecimiento de proyectos de pago por servicios ambientales y estrategias de integración de energías renovables en los sectores energéticos y de transporte del país (FAO, 2018). Pero su principal implementación ha sido a través de programas de ecoturismo, en los cuales se ha enfocado el crecimiento económico del país, pero sin afectar los recursos naturales. Aparte de eso, el país se caracteriza por tener mecanismos

de gobernabilidad ambiental que integran a la comunidad en la toma de decisiones, lo que facilita la adopción de políticas públicas que se promueven desde las entidades gubernamentales (Benavides, 2020; Silva-Rivera *et al.*, 2012). Desde otros ámbitos, Australia es un referente de desarrollo sostenible en el mundo, pues ha adelantado iniciativas innovadoras en relación con el ecoturismo y la diversificación de mercados para promover el desarrollo económico. También ha adaptado un modelo de ordenamiento territorial que le ha permitido satisfacer necesidades sociales y económicas, pero de manera sostenible con el ambiente (RAP Pacífico, 2020).

En Colombia, se observa un interés por establecer sistemas de desarrollo sostenible sin alterar las actividades políticas, económicas y sociales de la población. En el país se impulsan programas para el desarrollo sostenible, principalmente a nivel local, como lo son los proyectos BanCO2, con los que se pretenden generar esquemas de pago por servicios ambientales, en los que los campesinos venden el servicio ambiental de captura de carbono a cambio del aporte económico de empresas y ciudadanos que buscan compensar sus emisiones. Esta estrategia supone que los campesinos dejarían sus actividades agrícolas y pecuarias de pequeña escala, de la cual obtienen su sustento, para generar cadenas productivas locales para mitigar el cambio climático a través de la conservación de ecosistemas relevantes (RAP Pacífico, 2020). También, se ha declarado la zona exclusiva de pesca artesanal en el Pacífico colombiano, que permite la pesca artesanal por parte de las comunidades del Chocó, y que también permite la conservación y recuperación del recurso pequero (al no permitir pesca comercial), así como el mejoramiento de la calidad de vida de los pescadores y sus comunidades (RAP Pacífico, 2020). También, se ha adelantado el proceso de respaldo a negocios verdes, es decir, apoyo a empresas que generen bienes o servicios sostenibles (MADS, 2017).

En consecuencia, la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos actualmente se orienta hacia la conservación de los ecosistemas, el uso sostenible de la diversidad biológica y la distribución justa y

equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2004), por lo que se han creado metodologías de valoración de los servicios ecosistémicos, de tal forma que pueda determinarse el estado de los mismos, y, de acuerdo con los resultados, tomar decisiones que propendan por su conservación.

En este sentido, actualmente, la sostenibilidad se orienta hacia la declaración de los ODS, que aborda, a través de indicadores, aspectos a tener en cuenta, para que las actividades humanas no deterioren los ecosistemas que las soportan. Como ya se mencionó, los ODS están compuestos por diecisiete objetivos, asociados con 169 metas distribuidas, que se evalúan a través de 232 indicadores y mediante datos estadísticos. Los indicadores están relacionados con áreas de protección, avances de gestión, existencia de lugares importantes para la biodiversidad, índices de cobertura, asistencia para la conservación, entre otros (Labor de la Comisión de Estadística en relación con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, s. f.; ONU, 2015). Así mismo, la EEM (2005) brinda lineamientos para la gestión de los ecosistemas, a través de cambios significativos en las políticas públicas, instituciones y prácticas. Entre las alternativas de sostenibilidad que promueve la EEM están: la continuidad de acciones para aminorar y revertir la degradación; la búsqueda de sustitutos para algunos de los servicios ecosistémicos, considerando la mitigación de la degradación que pueden causar dichos sustitutos (que en ocasiones es más alta que la del uso de los servicios ecosistémicos originales); y la consideración de los generadores de cambios, ya sea en la población, en la actividad económica, en los factores sociopolíticos, en los factores culturales y en la tecnología. Todo esto resulta en un conjunto eficiente de respuestas que avanza hacia una gestión sostenible de los ecosistemas que, a su vez, deben abordar los generadores directos e indirectos de cambio y eliminar las barreras relativas (EEM, 2005).

La EEM generó 78 opciones de respuesta para los servicios de los ecosistemas, la gestión integral de los ecosistemas, la conservación y utilización

sostenible de la biodiversidad y el cambio climático, que pueden resultar muy prometedoras para eliminar las barreras y conservar de manera sostenible el suministro de servicios de los ecosistemas. Esas opciones prometedoras se dividen en sectores específicos y transversales como lo son: las instituciones y la gobernanza, la economía y los incentivos, respuestas sociales y de comportamiento, respuestas tecnológicas, y respuestas basadas en conocimiento (EEM, 2005). La Tabla 5 presenta el ejemplo de respuestas prometedoras que muestra la EEM en sectores específicos. Eso sí, hay que entender que las respuestas son efectivas cuando refuerza los servicios ecosistémicos que se ponen de meta y, además, contribuyen al bienestar humano sin causar un daño significativo a otros servicios (EEM, 2005).

Tabla 5. Ejemplos de respuestas prometedoras para conservar los servicios ecosistémicos.

Agricultura
Remoción de los subsidios a la producción que tienen efectos económicos, sociales y ambientales adversos. Inversiones (y difusión de las mismas) en ciencia y tecnología agrícolas que puedan sostener el necesario incremento del suministro de alimentos, sin tener que hacer elecciones dañinas que impliquen un uso excesivo del agua, nutrientes o pesticidas.
Uso de políticas que reconozcan el papel de las mujeres en la producción y uso de los alimentos; y que están diseñadas para potenciarlas y asegurarles el acceso y control de los recursos necesarios para la seguridad alimentaria.
Aplicación de mecanismos que sean una mezcla de regulación, de incentivos y de uso del mercado para reducir la excesiva aplicación de nutrientes.
Pesquerías y acuicultura
Reducción de la capacidad de pesca en los mares. Estricta regulación de la pesca marina, tanto en lo relativo al establecimiento y respeto de cuotas de pesca, como en lo referente a los pasos a dar para tratar la cuestión de pesca no declarada y no regulada. En algunos casos pueden ser apropiadas las cuotas individuales transferibles, especialmente para las pesquerías que se concentran en una sola especie de aguas frías.
Establecimiento de sistemas de regulación apropiados.

Continúa

para reducir los impactos perjudiciales de la acuicultura. Establecimiento de áreas marinas protegidas, incluyendo zonas flexibles donde se excluya la pesca.

Agua

Pagos por los servicios de ecosistemas suministrados por las cuencas.

Mejor asignación de los derechos de uso de los recursos de agua dulce para alinear los incentivos con las necesidades de conservación.

Mayor transparencia en la información relativa a la gestión del agua y mejor representación de los interesados directos que están marginados.

Desarrollo de mercados del agua.

Mayor énfasis en el uso del medio ambiente natural y de medidas que no sean la construcción de presas y diques para el control de inundaciones.

Inversiones en ciencia y tecnología para aumentar la eficiencia del uso del agua en la agricultura.

Sector forestal

Inclusión de prácticas acordadas sobre gestión forestal sostenible en las instituciones financieras, reglas del comercio, programas mundiales sobre el medioambiente y decisiones sobre la seguridad a nivel mundial.

Potenciación de las comunidades locales en apoyo de iniciativas para el uso sostenible de los productos forestales. Tomadas en conjunto, estas iniciativas son más significativas que los esfuerzos encabezados por gobiernos o procesos internacionales, pero requieren el apoyo de estos últimos para que se generalicen.

Reforma de la gobernanza relativa sobre los bosques y desarrollo de programas nacionales sobre bosques liderados por los países pertinentes, con un enfoque estratégico y negociados por los interesados directos.

Fuente: adaptado de EEM (2005).

En Colombia se ha adoptado un plan de acción para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos a través de la PNGIBSE. Inicialmente, es necesario comprender que la biodiversidad tiene una relación estrecha e interdependiente con los sistemas humanos, a través de un conjunto de procesos ecológicos que son percibidos como beneficios (servicios ecosistémicos) para el desarrollo de los distintos sistemas culturales humanos en cada de sus dimensiones (política, social, económica, tecnológica, simbólica, mítica y religiosa) (MADS, 2012).

La biodiversidad es un sistema que interactúa y funciona gracias a la existencia de la energía del sol, el ciclo global del agua y los ciclos geoquímicos, que interactúan con la vida, a través de relaciones complejas (MADS, 2012). Esto indica que los servicios ecosistémicos son un puente entre la diversidad y los seres humanos y, por lo tanto, la conservación de los beneficios que los ecosistemas prestan al bienestar humano pasa por la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas (MADS, 2012). En consecuencia, la gestión de los servicios ecosistémicos considera que el territorio debe ser comprendido como un socioecosistema, de tal manera que se reconozca a los seres humanos y su cultura como partes integrales de la biodiversidad.

El concepto de socioecosistema alude a sistemas complejos que muestran la interacción y el acoplamiento entre los sistemas sociales (como la cultura, la economía, la organización social, la política, entre otros) y los sistemas ecológicos (Uribe, 2014), en donde las interacciones se expresan de distintas formas, como fenómenos sociales que producen efectos en los sistemas naturales (por ejemplo: la producción de alimentos o extracción de recursos), o como impactos de los movimientos naturales que afectan sistemas sociales (como por ejemplo: la variabilidad climática y la transformación de los suelos) (Salas *et al.*, 2012).

La Figura 3 muestra la conceptualización de los socioecosistemas a través de la interacción de subsistemas sociales y ecológicos.

La sostenibilidad de la biodiversidad, de la cual se desprenden los servicios ecosistémicos, no solo debe procurar que la conservación de la naturaleza trascienda, sino que también debe gestionarse de tal forma que se logre un equilibrio entre la preservación, el uso sostenible de los recursos, la generación de conocimiento y la restauración de la biodiversidad (ver Figura 4). De esta forma debería mantenerse o mejorarse la resiliencia de los sistemas socioecológicos y, por lo tanto, el suministro de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano (MADS, 2012). No obstante, la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos depende de la situación y características particulares de cada territorio, por lo que las acciones necesarias para la conservación de la biodiversidad pueden variar, ya que en la naturaleza no existen equilibrios estáticos; de modo que es necesario contar con socioecosistemas resilientes, capaces de absorber los cambios que puedan presentarse y reorganizarse, de tal forma que puedan mantener sus funciones, estructuras, identidad y retroalimentación, a fin de aumentar su capacidad de aprendizaje y adaptación al cambio para poder mantener, a su vez, el suministro de servicios ecosistémicos (Carpenter *et al.*, 2001; Folke *et al.*, 2004; MADS, 2012).

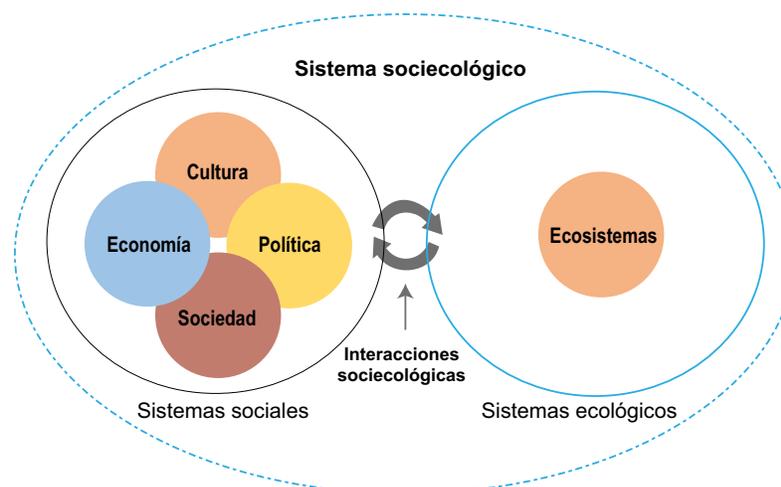


Figura 3. Noción de socioecosistema.

Fuente: Corrales y Restrepo Tarquino (2021).



Figura 4. Acciones a tener en cuenta para la conservación de la biodiversidad.

Fuente: MADS (2012).

No está demás resaltar que, en Colombia, existen unos principios orientadores que rigen los procesos de ordenación de las cuencas hidrográficas, que, entre otras cosas, buscan la conservación de los ecosistemas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2010). Esos principios sugieren que la planificación de las cuencas hidrográficas debe hacerse de manera participativa, con actores sociales e institucionales, con entidades privadas y demás, para incorporar soluciones a problemáticas sufridas desde diferentes frentes; y así, gestionar proyectos o actividades favorecedores para todos los entornos.

La planificación de cuencas sigue un proceso que espera alcanzar la conservación de los ecosistemas en las cuencas. Inicialmente, se define un marco jurídico y se consolida un marco metodológico, orientados al análisis y la acción de la ordenación de las cuencas para definir los alcances de cada fase prevista en el proceso ordenatorio. Luego, se lleva a cabo una fase de aprestamiento, en la que se hace una comprensión de los problemas locales y sus causas, y se definen los instrumentos y mecanismos para hacerles frente. La tercera fase de la planificación de cuencas se dedica al diagnóstico de las situaciones problemáticas identificadas y sus

consecuencias en el ámbito local, regional y nacional; además de presentar soluciones factibles para su solución. La cuarta fase es la de la prospectiva y definición del modelo de ordenación de la cuenca, y tiene como objetivo la previsión de las tendencias que pueden seguir las situaciones identificadas (a empeorar, a mejorar o a mantenerse igual) para facilitar la elaboración de propuestas para la toma de decisiones; en esta, además, fase se diseñan los escenarios técnicos y económicos para el uso coordinado y sostenible de los componentes de los sistemas presentes en la cuenca (suelo, agua, flora y fauna). La quinta fase corresponde a la formulación del plan de ordenación y manejo de cuencas, que incluye la definición de objetivos, metas, programas, proyectos y estrategias para la gestión de las cuencas (CVC y Fundación Universidad del Valle, 2013; IDEAM, 2010). En general, la formulación de planes de acción para el manejo de cuencas hidrográficas se constituye en un instrumento práctico para la gestión de las diferentes acciones dirigidas a la rehabilitación y conservación de los recursos naturales, a través de la integración de los actores locales (CVC y Fundación Universidad del Valle, 2013). No obstante, es un instrumento gubernamental que implica procesos institucionales y amplios recursos para su aplicación.

De manera particular, algunas investigaciones también han sugerido alternativas para avanzar hacia la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos. Díaz Balteiro y Romero López (2021) abordaron el manejo sostenible de los ecosistemas a partir de la multifuncionalidad, al considerar todos los objetivos presentes en un determinado ecosistema. Esta mirada concentra la gestión de los ecosistemas en un enfoque que se basa en una batería de indicadores para cada sistema natural, los cuales se agrupan en tres grandes pilares: el ambiental, el económico y el social, cuya finalidad es unir todos los indicadores en un índice que cuantifique el grado de sostenibilidad de un determinado sistema natural. La principal dificultad que puede generar un alto número de indicadores está asociada con el peso otorgado a cada uno, pues esa importancia relativa que implicaría cada indicador puede incidir directamente en la toma de decisiones; sin contar que un elevado

número de indicadores puede generar redundancia de muchos de ellos; es decir, muchos indicadores pueden estar estrechamente relacionados y no aportar información nueva al problema analizado, de modo que se pierde importancia para la toma de decisiones (Díaz Balteiro y Romero López, 2021).

La necesidad de avanzar hacia la sostenibilidad de los ecosistemas surge como respuesta al deterioro que causan en estos las actividades antrópicas, principalmente las actividades productivas de los seres humanos. Sin embargo, ante la imposibilidad de eliminar las actividades que generan el sustento de las poblaciones, las estrategias de conservación de los ecosistemas han visto la necesidad de orientarse hacia la minimización y mitigación de los impactos negativos que tales actividades producen en los ecosistemas. Y muchos de estos esfuerzos se concentran en aquellas actividades que tienen relación más directa con los recursos naturales, en particular las agropecuarias. En este sentido, Fonseca Carreño y Vega Baquero (2018) propusieron una serie de indicadores para evaluar la sostenibilidad en sistemas agroecológicos, al considerar tres factores que inciden en la generación de un equilibrio entre la actividad productiva agropecuaria y los ecosistemas que la soportan: el grado de equilibrio, que se explica a partir de las buenas prácticas productivas que permiten aumentar la productividad; el grado de importancia, que muestra los beneficios obtenidos a través de la transformación de los negocios; y el grado de sostenibilidad, que representa la resiliencia que poseen las actividades agropecuarias para generar alternativas de mejoramiento productivo. Cabe aclarar que los autores consideraron valiosa la relación entre el grado de eficiencia, de importancia y de sostenibilidad, puesto que se basa en los intercambios económicos y en la adopción de mecanismos de contingencia para garantizar un flujo permanente de productos y servicios; de tal forma que se disminuyan los efectos negativos en los ecosistemas y la concentración de recursos socioeconómicos. Cada uno de estos factores se transformó en indicadores para evaluar la sostenibilidad de los ecosistemas que soportan las actividades agropecuarias en el Sumapaz, región colombiana que se caracteriza por su gran biodiversidad.

En relación con el grado de eficiencia, esta evaluación de sostenibilidad incluye indicadores como la participación organizacional y productiva, el mercadeo, las certificaciones obtenidas, el manejo agrícola, las prácticas de manejo del suelo, las prácticas culturales, la composición ganadera, el manejo agroforestal, entre otros. El grado de importancia, por su parte, incluye indicadores como el rendimiento, los ingresos, la calidad del suelo, la diversidad de la producción, la distribución del ingreso, la toma de decisiones, el acceso a la tecnología, la dependencia de insumos externos, la asistencia a programas educativos, entre otros. El grado de sostenibilidad implica evaluar las condiciones de los cultivos, el origen de las semillas, el uso de labranza de conservación, la conservación de los suelos, el uso eficiente del agua, la disponibilidad del recurso hídrico, la disposición de residuos, entre muchos otros, también de índole comercial y organizacional (Fonseca Carreño y Vega Baquero, 2018). El análisis de este tipo de indicadores espera la reconversión de los sistemas productivos convencionales (monocultivos, dependencia de químicos) por sistemas agroecológicos competitivos, a través del cambio en la forma de producción para mejorar las condiciones del suelo, el bienestar animal, la eficiencia en el uso del recurso hídrico, la reforestación de áreas boscosas, la integración de hábitats y dinámicas del entorno (Fonseca Carreño y Vega Baquero, 2018).

La evaluación de la sostenibilidad de los ecosistemas se ha concentrado en la recomendación de cambiar los sistemas productivos agropecuarios convencionales por los agroecosistemas. Dado lo anterior, Gliessman *et al.* (2007) han sugerido unas etapas en el proceso de conversión o evolución de los procesos agropecuarios hacia sistemas sostenibles. Primero sugieren incrementar la eficiencia de prácticas convencionales para reducir el consumo y uso de insumos costosos, escasos y ambientalmente nocivos. Luego, señalan sustituir las prácticas e insumos convencionales por prácticas alternativas sostenibles para, posteriormente, elaborar el rediseño del agroecosistema de forma tal que funcione sobre las bases de un nuevo conjunto de procesos ecológicos; y así, finalmente, avanzar hacia el cambio de ética y de valores, o sea, hacia una cultura de la sostenibilidad (Gliessman *et al.*, 2007).

Capítulo 3

Metodología de la investigación

Esta investigación desarrolló una metodología para valorar los servicios ecosistémicos, que se implementó en la vereda Tocatá, la cual, como ya se mencionó, se ha convertido en destino turístico de los habitantes de Cali, debido a que el desplazamiento hasta la zona es fácil y relativamente corto. Lo que llama la atención de los turistas respecto a la vereda son los servicios que les ofrecen los ecosistemas, principalmente aquellos relacionados con el clima fresco, con las posibilidades de recreación y, en general, con la facilidad de un contacto estrecho con la naturaleza. Sin embargo, la afluencia de turistas está generando deterioro ambiental. En este sentido, la implementación de la metodología permitió identificar los SE que ofrece Tocatá, los evaluó y propuso acciones para su recuperación y conservación. La Figura 5 muestra el paso a paso que se siguió para la construcción de la metodología.

Se procuró obtener información de referencia sobre los servicios ecosistémicos mediante la revisión de literatura científica en línea. Para ello, durante la búsqueda se utilizaron palabras clave como "servicios ecosistémicos", "metodologías de evaluación de servicios ecosistémicos", "indicadores", entre otras. Así mismo, se hizo una indagación sobre publicaciones de los últimos veinte años, sin descartar los documentos que son de referencia imprescindible para estos temas, como es el caso de la EEM, por mencionar un ejemplo. Para llevar a cabo dicha indagación, se recurrió a bases de datos de revistas con artículos académicos (Science Database, SciELO y Redalyc, entre otras) a las que tiene acceso la Universidad del Valle. También se consultaron repositorios institucionales y literatura producida por instituciones del sector ambiental con amplio reconocimiento sobre el tema (como la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otras).

Se caracterizó la zona de estudio y se identificaron los servicios ecosistémicos de Tocatá, mediante recorridos de reconocimiento y entrevistas con funcionarios de las instituciones con jurisdicción en la zona, y con representantes de la comunidad que habitan en la localidad. Las visitas de reconocimiento se realizaron con acompañamiento de un grupo interdisciplinario de profesionales y líderes comunitarios, dado que son personas que conocen bien el lugar y

contaron sobre las características de la zona y los cambios que ha tenido en el tiempo. Las visitas se hicieron a lugares de referencia para los turistas y lugareños. Además, se concertaron citas para entrevistar a líderes comunitarios que trabajan en pro de Tocotá, tales como representantes de la Junta de Acción Comunal, de la organización que gestiona el sistema de abastecimiento y de la institución educativa de la zona; así como con personas que trabajan en comités ambientales del sector y agricultores y promotores de turismo, quienes residen en Tocotá desde hace años y conocen cómo funcionan las actividades, cómo ha cambiado la zona, qué dificultades se presentan y, principalmente, son capaces de reconocer los SE que se pueden encontrar y cuáles son los más consumidos. Las entrevistas se realizaron utilizando un formato estructurado que sirvió de guía para motivar la conversación con los entrevistados, durante la cual se intercambiaron, además de conocimientos, diversas experiencias y opiniones. En dicho formato se incluyó una lista de los servicios ecosistémicos para que los entrevistados identificaran los de Tocotá, además de preguntas sobre las actividades que se realizan en torno a ellos; también se indagó sobre información socioeconómica de la población (como cantidad de viviendas, servicios públicos, afluencia de turistas, entre otras). Las entrevistas se hicieron de manera independiente con cada persona, tuvieron una duración promedio de cuarenta minutos, fueron realizadas por profesionales participantes de la investigación, y se realizaron a siete hombres y a cuatro mujeres, mayores de edad, que representan a la comunidad en organizaciones comunitarias, educativas y ambientales. En el Anexo 1 se encuentra el formato de entrevista, y en el Anexo 2 se encuentra la lista de personas que fueron entrevistadas, con su respectiva ocupación. Los resultados de las entrevistas fueron procesados en una hoja de cálculo de Excel, que permitió determinar los puntos coincidentes y divergentes entre los entrevistados y facilitó el cálculo de promedios de aspectos como cantidad de personas residentes en la zona, de turistas periódicos, de casas de recreo, de viviendas en total, entre otras. Adicionalmente, se obtuvo información de instituciones como Plan de Desarrollo para el periodo 2020-2023, Plan Básico de Ordenamiento Territorial, encuesta del Sisbén (que es una herramienta del

Estado para clasificar a la población de acuerdo con sus condiciones de vida e ingresos) y otros estudios realizados en la localidad.

Para la construcción de la metodología de evaluación de la sostenibilidad de servicios ecosistémicos y la propuesta de acciones para su recuperación y conservación se consultaron expertos en áreas ambientales, con quienes, en reuniones periódicas, se construyeron indicadores para evaluar el estado de los ecosistemas que proveen servicios a la comunidad y los visitantes. De igual modo, se diseñaron las acciones que pueden seguir las comunidades de acuerdo con el estado de los ecosistemas.

Las acciones que se realizan en pro de la recuperación y conservación de los ecosistemas se ven reflejadas en el mejoramiento de los servicios que estos proveen. Tanto los indicadores como las acciones se construyeron con expertos en reuniones periódicas, en las que se analizó la importancia de los aspectos a considerar en la metodología, con el objetivo de que puedan ser evaluados y adelantadas con recursos propios de las comunidades y sus visitantes. En otras palabras: son indicadores de evaluación comunitaria, de acuerdo con el conocimiento que tienen los habitantes de su entorno, y con las acciones que pueden ser desarrolladas a nivel domiciliario y comunitario, sin requerir, necesariamente, intervenciones institucionales. Por lo tanto se construyeron en forma de preguntas sencillas, de fácil respuesta, por parte de quienes utilicen la metodología. Una vez construidos los indicadores y generadas las acciones a seguir, se construyó una macro en un archivo Excel, que permite seleccionar varias opciones de respuesta y, según la calificación obtenida, sugiere acciones a seguir, de tal manera que sea de fácil manejo para los interesados en la evaluación de los SE. Para la implementación de la metodología en Tocotá se invitó nuevamente a los líderes comunitarios entrevistados para la recolección de la información y para diligenciar el archivo Excel, cuya macro va generando los resultados de la evaluación de la sostenibilidad de los SE. Los líderes comunitarios respondieron a cada una de las preguntas de las que constan los indicadores de evaluación, con base en su conocimiento de la localidad.

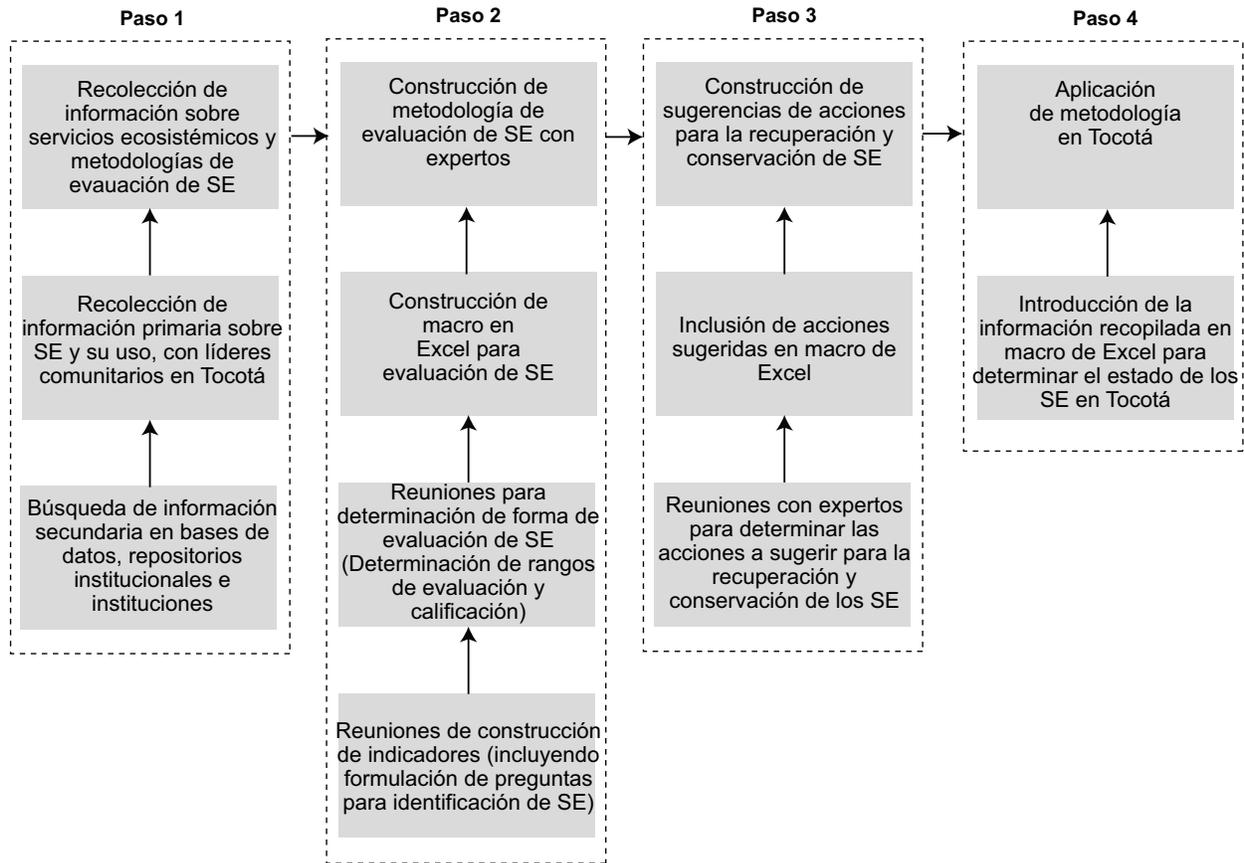


Figura 5. Diagrama de pasos de construcción de metodología de evaluación de servicios ecosistémicos.

Capítulo 4

Estrategia metodológica de sostenibilidad de servicios ecosistémicos

Considerando que los servicios ecosistémicos son indispensables para la vida humana y demás especies, es necesario generar estrategias que propendan por su recuperación y conservación para el presente y las generaciones futuras. En este sentido, se ha generado una metodología para determinar el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, que genera acciones a implementar a nivel comunitario para su recuperación y conservación, y se presenta una aplicación en la vereda Tocotá, municipio de Dagua.

Esta metodología es una guía para evaluadores de servicios ecosistémicos a través de un paso a paso para determinar el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos en un lugar determinado. De acuerdo con el resultado obtenido, se generan acciones a seguir, que permitirían avanzar hacia su sostenibilidad. Este método está diseñado para ser aplicada a nivel de vivienda, pero también a nivel comunitario; y, principalmente, para ser aplicada con información básica que poseen las personas del territorio, sin necesidad de hacer estudios técnicos o análisis de laboratorio, por ejemplo. La metodología incluye cinco pasos que se describen en la Figura 6, y que a continuación se describen.

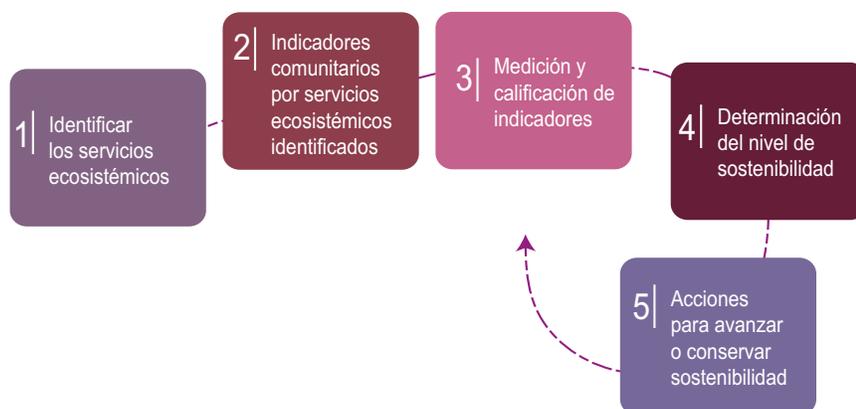


Figura 6. Paso a paso para evaluar la sostenibilidad de servicios ecosistémicos.

1. **Identificación de servicios ecosistémicos:** se deben reconocer y listar todos los servicios ecosistémicos del lugar en el que se desea hacer la evaluación. Si no es posible identificarlos todos, al menos sí los de mayor uso.
2. **Indicadores de servicios ecosistémicos:** se ha generado una lista de indicadores para medir el estado de los servicios ecosistémicos. Estos indicadores pueden medirse a nivel comunitario, según la información disponible en el territorio; y están asociados con prácticas humanas en los ecosistemas, que afectan la disponibilidad de los servicios ecosistémicos, por lo que cada uno está asociado con uno o varios servicios ecosistémicos. Cada indicador consta de una pregunta de fácil respuesta, como por ejemplo: "¿Se hacen quemas en la zona?" Opciones de respuesta: "Sí", "No", "Algunas veces".
3. **Medición y calificación de indicadores:** de acuerdo con las respuestas dadas a los indicadores se obtiene una calificación correspondiente. Ejemplo: si es positiva, equivale a una calificación de 10. Si es negativa, a una 0. Y si las respuestas están en un nivel intermedio, la calificación ronda entre 1 y 9.
4. **Determinación de nivel de sostenibilidad:** de acuerdo con la calificación obtenida para cada indicador, se puede determinar si la sostenibilidad de ese indicador es alta, media o baja; y al promediar la sumatoria de respuestas, se obtiene un nivel de sostenibilidad general. La calificación general, que agrupa todos los indicadores, está dada en términos porcentuales: si es menos de 45% es baja, entre 45% y 75% es media, y más de 75% es alta. Para la calificación se usa un archivo Excel en el que se ingresa la información y está programado para arrojar los resultados y las acciones de manera automática.
5. **Acciones para la sostenibilidad:** según el resultado obtenido para cada indicador, se proponen una serie de acciones a seguir (de fácil aplicación a nivel comunitario) para mejorar su estado de sostenibilidad. Aun cuando la calificación sea buena, se proponen

acciones para contribuir a la conservación de los servicios ecosistémicos.

A continuación, se describen en detalle cada uno de los indicadores incluidos en este análisis de sostenibilidad, así como los servicios ecosistémicos a los que están asociados. Posteriormente, se presentan las acciones a seguir para avanzar hacia su sostenibilidad.

Indicadores para el análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos

Tras considerar las actividades humanas que impactan los ecosistemas que proveen los servicios, se han establecido veintisiete indicadores para determinar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, que permiten establecer el estado de estos. Para la construcción de esta batería de indicadores, se ha identificado que, aunque el objetivo se enfoca en la sostenibilidad de servicios ecosistémicos, su conservación depende directamente del cuidado del entorno, y desde la perspectiva ambiental. Es decir, la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos no depende de intervenciones en los servicios como tal, sino de las condiciones de los ecosistemas relacionados.

Estos indicadores han sido construidos para que puedan ser calculados por la gran variedad de actores que circundan un territorio, entre los que puede haber profesionales representantes de instituciones del sector ambiental; pero también representantes de las comunidades sin formación previa. Por lo cual, el cálculo se hace a través de la percepción de los actores que usen dichos indicadores. No obstante, tal percepción debe estar directamente relacionada con el conocimiento y la experiencia con los servicios de los ecosistemas cuya sostenibilidad se esté evaluando. En este sentido, cada una de las preguntas hechas con el fin de evaluar la sostenibilidad debería ser contestada por actores cuyo conocimiento del territorio sea lo suficientemente amplio, como para que las respuestas estén acordes con la situación real del lugar. Mientras más cercana a

la realidad sea la percepción de quienes contestan las preguntas que dan lugar a los indicadores, mejor será la determinación de la sostenibilidad de sus servicios ecosistémicos. A continuación, se describen los indicadores con los cuales se puede determinar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos en Tocatá.

Siembra de especies nativas: hace referencia a la siembra y permanencia en la zona de especies florales que son propias del territorio, es decir, aquellas que se encuentran de forma natural en un lugar y, por lo tanto, no han sido introducidas por los seres humanos en otros territorios. En este sentido, este indicador pregunta por la siembra de especies de flora que son propias del territorio de Tocatá, ya sea a nivel de la localidad o en los predios particulares.

Este indicador se relaciona con los SE de *regulación de la calidad del aire y regulación del clima*, dado que las especies endémicas aportan equilibrio al ecosistema y son resistentes a los cambios de temperatura y humedad propios de la zona, lo que permiten regular el clima mediante el control de vientos, humedad, pH del suelo, temperatura, radiación y humedad en el ambiente; y a través de la capacidad del aire de absorber CO², lo que genera oxígeno y ayuda a controlar la erosión.

Por otra parte, se establecieron tres indicadores relacionados con la protección de las especies de fauna, que se describen a continuación:

Diversidad de especies de aves: se presume la conservación de la fauna a través de la presencia de aves, debido a su facilidad de observación con respecto a otros animales.

Caza de animales de silvestres: busca establecer la conservación de especies amenazadas por la caza, dada la percepción de que su presencia puede ser dañina para los animales domésticos y de granja o para los seres humanos. En este sentido, se indaga por la caza o control de especies de roedores, marsupiales y reptiles, cuya función puede ser importante para los ecosistemas.

Variedad de especies de animales silvestres: el cuidado de la fauna se asocia con el aumento o disminución de la cantidad de especies de animales que hacen presencia en la localidad, y en los últimos diez años.

Los indicadores relacionados con la fauna permiten evaluar el estado general de la mayoría de los SE de *regulación y sostenimiento*, puesto que a mayor presencia de animales silvestres podría considerarse que el ecosistema está en mejor condición, lo que permitiría el aprovechamiento de todos los recursos naturales por parte del ser humano.

Se ha identificado también que estos indicadores pueden asociarse con los SE de *recreación y ecoturismo*, pues una gran cantidad de especies de aves permite la promoción de la zona como punto propicio para el avistamiento de aves y el control de plagas y enfermedades, ya que las aves realizan el proceso de control de insectos y especies menores que podrían volverse una plaga para las comunidades. Ahora, respecto a la polinización, al igual que algunos insectos, las aves propagan semillas y realizan polinización de plantas (colibríes); igualmente, las zarigüeyas son dispersoras de semillas y regeneradoras de bosques.

Se incluyeron dos indicadores relacionados con la reducción de emisiones contaminantes, entendiendo que la contaminación del aire se produce principalmente por emisiones de dióxido de oxígeno, y la contaminación auditiva por emisiones de ruido excesivas. En este sentido, se definieron los siguientes indicadores:

Reducción de emisiones contaminantes en el aire: identifica la contaminación a través de quemas que se realizan en la zona.

Reducción de emisiones contaminantes por ruido: determina la presencia de ruido, ya sea por alto tráfico de vehículos y uso de sus bocinas, o por el uso de aparatos electrónicos puestos en alto volumen.

Estos dos indicadores se pueden asociar con los SE de regulación de la calidad del aire y regulación del clima, en vista de que la quema de basuras y residuos generados por el corte de pasto afecta de manera directa la contaminación del aire, generando concentraciones excesivas, y de manera puntual, de dióxido y monóxido de carbono. Y ambos indicadores también se pueden asociar con los SE de recreación y ecoturismo, a que la calidad del aire es un atractivo turístico importante de la zona, el cual se puede ver afectado por la contaminación que se da por la quema de basuras y residuos de corte de pasto. Sin embargo, una baja contaminación auditiva genera un entorno apropiado para el ecoturismo.

Uso eficiente del agua: este indicador indaga sobre la realización de actividades en la comunidad y en las viviendas como el ahorro del agua y la reutilización del líquido cuando es posible. También puede estar relacionado con la existencia e implementación de programas de uso eficiente del agua. El indicador puede estar a nivel domiciliario como a nivel comunitario.

Cabe añadir que este indicador se asocia directamente con el servicio ecosistémico de abastecimiento, y en su componente de agua dulce, dado que un uso racional de este recurso para las actividades domésticas y agrícolas en la zona permiten la conservación de la disponibilidad del recurso a largo plazo. También se puede asociar con el SE de regulación, purificación del agua y tratamiento de residuos, puesto que el uso eficiente permite que los sistemas de tratamiento, individuales de cada predio, actúen adecuadamente, lo que genera menor descarga contaminante en las fuentes, y lo que permite mantener un ciclo óptimo de oxigenación de las aguas superficiales que recorren la vereda.

También se definieron indicadores relacionados con la contaminación por residuos líquidos, que se refieren al control de la contaminación por aguas residuales de las viviendas.

Disminución de contaminación por vertimiento de aguas residuales: indaga sobre la existencia y funcionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales individuales.

Disminución de contaminación por tratamiento de aguas residuales: indaga sobre el correcto funcionamiento de estos sistemas de tratamiento individuales, e implica que todas las aguas residuales de la vivienda se incluyen en el sistema y no solamente el agua residual de las baterías sanitarias. Cuando en el sistema de tratamiento solo se lleva el agua de los baños, es necesario tener un sistema adicional para la demás aguas residuales, o contar como si no existiese control de contaminación de aguas residuales. Adicionalmente, el control de contaminación también considera el mantenimiento periódico necesario que debe hacerse a los sistemas, de acuerdo con sus condiciones de diseño (tamaño, cantidad de usuarios, entre otras consideraciones técnicas).

Disminución de contaminación de fuentes hídricas: busca determinar la contaminación de las fuentes hídricas superficiales por medio del parámetro básico del olor, lo cual permitiría identificar si se están presentando descargas de aguas residuales directamente en las fuentes.

Estos indicadores se asocian con el SE de regulación, purificación del agua y tratamiento de residuos. Los predios rurales deben contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales avalado por la autoridad ambiental, cuando no hay sistemas colectivos. Esto permite que la calidad del agua de las fuentes superficiales ríos o quebradas se mantenga en niveles óptimos; así mismo, el uso eficiente del agua y un adecuado mantenimiento de los sistemas de tratamiento individuales permiten que las aguas superficiales no se vean contaminadas. La recreación y ecoturismo son dos de los principales atractivos turísticos de la vereda Tocotá, y son el acceso a fuentes de agua natural que permite el uso de quebradas y piscinas de agua natural. Dicho sea de paso que el uso es posible si el nivel de contaminación por

demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y presencia de coliformes se mantiene en niveles permisibles (CT: 1000 NMP/100 ml; oxígeno disuelto: 70% de concentración de saturación, según el Decreto 1076 de 2015). El olor de las fuentes hídricas es un parámetro directo que permite establecer la calidad de la fuente. Y respecto al abastecimiento de agua potable, la contaminación generada por el vertimiento inadecuado de aguas residuales en las fuentes hídricas genera dificultades en el acceso de agua a los acueductos rurales con capacidad de tratamiento limitada

Así mismo, se han construido indicadores relacionados con la contaminación por residuos. Además del control de contaminación por aguas residuales, también es importante el control de la contaminación que generan los residuos sólidos, es decir, todos aquellos desechos que se generan por la actividad humana. En este sentido, se definieron seis indicadores que buscan determinar el impacto de esta actividad en el entorno. Se incluyen indicadores sobre tratamiento de residuos, que buscan determinar si se toman algunas medidas para controlar la contaminación, tales como enterrar los residuos o aprovecharlos para los procesos de compostaje.

Disminución de contaminación por recolección de residuos sólidos: está relacionado con la suficiencia de la recolección de residuos sólidos por parte del servicio de aseo.

Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos: enfocado en la educación ambiental de la comunidad sobre la generación y disposición de residuos.

Disminución de la contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos residenciales: relacionado con el tratamiento de los residuos orgánicos en la fuente; enfocado en la realización de actividades de compostaje en cada predio.

Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos agrícolas: relacionado con el manejo de residuos por actividades

de jardinería (podas y pastos) y agricultura a escala residencial.

Disminución de contaminación por residuos sólidos reciclables: busca determinar la cultura del reúso o reciclaje del material aprovechable a nivel de cada predio.

Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos no aprovechables: está enfocado en establecer la disposición final adecuada de los residuos no aprovechables y de posible riesgo de contaminación, tales como: residuos sanitarios o biológicos, empaques de productos agrícolas (fertilizantes y plaguicidas), residuos de baterías, luminarias defectuosas, aerosoles, residuos de construcción no aprovechables, etc.

Programas de reciclaje: indaga sobre la existencia de programas a nivel comunitario, para la disposición y aprovechamiento de los residuos sólidos que pueden reciclarse. Son programas que promueven la reutilización de residuos, ya sea a nivel domiciliario como comunitario. Por ejemplo: recuperación, de manera organizada, de residuos como cartón, papel, plástico, entre otros.

Estos indicadores de contaminación por residuos sólidos y de programas de reciclaje se pueden asociar con los servicios ecosistémicos de recreación y ecoturismo, ya que las basuras arrojadas o desechadas en lugares y tiempos no apropiados genera contaminación en las vías y presencia de roedores y aves carroñeras, lo cual impacta negativamente en el atractivo turístico ecoambiental de la localidad. Los indicadores también se asocian con el abastecimiento de agua potable, debido a que se puede presentar un arrastre de residuos no dispuestos adecuadamente hacia las fuentes hídricas, lo cual produciría un deterioro de la calidad de agua; y con la regulación de la calidad del aire y del clima, porque la quema de basuras y residuos generados por el corte de pasto y otros residuos afecta de manera directa a la contaminación del aire, generando concentraciones excesivas de manera puntual de dióxido y monóxido de carbono.

Adicionalmente, se construyeron indicadores asociados con la participación comunitaria para la conservación de los servicios ecosistémicos en el tiempo, pues resulta necesario contar con personas o grupos de personas responsables directamente de su cuidado. En este sentido, es primordial revisar la existencia de grupos de índole ambiental que tengan a su cargo la protección del ambiente en Tocotá. Por lo tanto, se definieron los siguientes tres indicadores:

Creación y fortalecimiento de grupos ambientales: indaga por su existencia, que puede ser su creación, pero también su fortalecimiento.

Actividades de protección ambiental en la zona: aboga por la realización de actividades periódicas de cuidado ambiental, que pueden ser: siembra de especies de flora, protección de sitios de avistamiento de aves, limpieza de fuentes de agua, actividades de protección de microcuencas abastecedoras (aislamiento y recuperación de especies vegetales alrededor de las fuentes), entre otras.

Participación de la comunidad de la zona en actividades de cuidado ambiental: busca determinar el alcance de la participación de las personas de la comunidad en las actividades de protección ambiental. En este indicador se inquiriere por actividades que tienen recursos para ser realizadas, ya sea por aportes de la comunidad o por respaldo de las instituciones.

Los indicadores relacionados con la participación de la comunidad permiten evaluar el estado general de servicios ecosistémicos asociados, tales como: recreación y ecoturismo, pues están relacionados con actividades como campañas de siembra de árboles, recolección de basuras en las fuentes hídricas, separación en la fuente en las viviendas y en las casas de recreo; y pueden generar visitantes regionales de corporaciones y de grupos ambientales de otros lugares. Se requiere que haya medidas de control sobre el turista para el cuidado del entorno, a fin de generar el mínimo impacto posible en las fuentes hídricas y en la producción de basuras. Abastecimiento

de agua potable, mediante campañas de limpieza de cauces, jornadas de capacitación a estudiantes y habitantes, con el objetivo de evitar impactos directos en la calidad del agua, ya sea por basuras o por disposición inadecuada de aguas residuales. Regulación de la calidad del aire y del clima, a través de jornadas de reforestación, impulsadas por las comunidades en aras de avanzar hacia la prohibición de talas y siembra de especies nativas, y de impactar directamente sobre los SE de calidad de aire y clima. *Alimentos*, los grupos ambientales, a través de la educación ambiental realizada por instituciones públicas y privadas, genera la creación de proyectos productivos orgánicos, uso de abonos e insecticidas de origen natural.

Por otra parte, se definieron indicadores enmarcados con la recreación y el ecoturismo, con el fin de medir la existencia y efectos del turismo de naturaleza en la zona, lo que permite asociar el ecosistema de la zona con la afluencia de los turistas.

Contaminación generada por los servicios ecoturísticos en la zona: este indicador indaga sobre la afectación que hace el turismo en la capacidad de carga de los ecosistemas (o sea, en la capacidad que tienen los ecosistemas de auto recuperarse de los impactos generados por las actividades antrópicas), ya que el conocimiento de los impactos negativos asociados con el turismo permite tomar acciones para mitigarlos, a fin de contribuir a la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que atraen a los turistas.

Existencia de actividades impulsadoras de servicios ecoturísticos en la zona: se indaga sobre la existencia de actividades de ecoturismo.

Existencia de casas de descanso (cambio de vocación de uso del suelo en la zona): propone identificar la existencia de predios de descanso de habitantes de otras ciudades.

Existencia de lugares para alojamiento de turistas: averigua sobre la existencia de infraestructura de alojamiento para turistas.

Estos indicadores se relacionan con el servicio ecosistémico de recreación y ecoturismo, pues el alto número de viviendas de recreo y la afluencia de visitantes en fines de semana y temporadas de vacaciones permiten el disfrute de los recursos naturales. Sin embargo, es necesario considerar que también generan un agotamiento de los recursos (agua potable y saneamiento básico), ya que sobrecargan los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua y rebasan la capacidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de cada predio. Y, de manera indirecta por agotamiento de los recursos a los servicios ecosistémicos, los indicadores se relacionan con el servicio de abastecimiento de agua potable, de regulación de la calidad del aire y del clima, y de alimentos.

Finalmente, se construyó el grupo de indicadores asociado con la producción de alimentos, en el que se incluyen aquellos que permiten evaluar la calidad de la producción de alimentos en la zona y en varios componentes.

Producción agropecuaria (cuantificación): indaga por la evolución de la producción de productos agrícolas en los últimos diez años. Está asociado con cultivos, avicultura, ganadería, piscicultura, etc.

Producción agropecuaria (sustento): consulta sobre la suficiencia de ingresos que la actividad agropecuaria genera para los productores.

Producción agropecuaria (autoconsumo): inquiere sobre el uso de los productos agropecuarios de la zona para el autoconsumo (pancoger, leche, huevos, etc.).

Estos indicadores se relacionan con el servicio ecosistémico de alimentos. Se ha identificado que en Tocotá, la producción de alimentos es uno de los servicios ecosistémicos más importantes, dado que se conservan algunos cultivos menores de tomate, pepino, pimentón, sábila, lechuga, café, etc. De igual modo, se realizan actividades de ganadería menor (producción de leche y ganado de engorde), actividades de porcicultura para el consumo interno en la

comunidad, y se mantiene la producción avícola, con la presencia de la granja avícola San Bernardo.

Descripción de los servicios ecosistémicos incluidos en los indicadores

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los servicios ecosistémicos identificados en Tocotá:

Regulación de la calidad del aire (RCA) y regulación del clima (RC): estos dos servicios ecosistémicos se pueden describir como la capacidad de los ecosistemas de controlar y mantener el medio ambiente en condiciones óptimas para su desarrollo, y se explican como el servicio que presta la vegetación (bosques) para proporcionar sombra, eliminar contaminantes de la atmósfera, influir en las precipitaciones, entre otras. Así mismo, las grandes extensiones de bosque permiten realizar captación de dióxido de carbono, el cual queda atrapado en los tejidos de la vegetación a medida que crecen (TEEB, 2010).

Moderación de los eventos extremos (MEE): la presencia de vegetación (arbustos, y cobertura de pastos) que cubre los suelos sirve para evitar deslizamientos, erosión y movimientos en masa; así como la presencia de árboles y plantas en los bordes de los ríos y quebradas permite que se regulen avenidas torrenciales en los cauces.

Control de plagas y enfermedades (CPE): los ecosistemas son importantes en la regulación de plagas y enfermedades de transmisión vectorial; además, las aves y algunos mamíferos realizan control natural de insectos y roedores (TEEB, 2010).

Polinización (P): los insectos (como las abejas), algunas aves (como los colibríes), algunos mamíferos (como los murciélagos) y ciertos marsupiales (como las zarigüeyas) son vitales en la polinización de las plantas y la propagación de semillas. Según TEEB (2010), 87 de los 115 principales cultivos mundiales de alimentos dependen de la polinización animal, incluidas importantes cosechas económicas, como el cacao y el café.

Recreación y ecoturismo (RE): con la contaminación creciente en las ciudades, la densificación de las zonas urbanas y el estrés acumulado por los ritmos de vida cada vez más acelerados de la población, el papel que los paisajes naturales y las zonas verdes urbanas y rurales desempeñan en el mantenimiento de la salud física y mental cada vez cobra más fuerza. El turismo de naturaleza genera unos considerables beneficios económicos y es una fuente vital de ingresos en muchos países (TEEB, 2010).

Abastecimiento de agua (AA): la posibilidad de acceder al agua para el abastecimiento es un servicio ecosistémico, dado que son los ecosistemas los que proporcionan agua dulce de diversas fuentes, como ríos y quebradas, o de fuentes subterráneas; y es la humanidad quien capta este recurso para su consumo directo y para usarlo como insumo en actividades productivas (TEEB, 2010).

Regulación, purificación del agua y tratamiento de residuos (RPATR): las actividades humanas necesariamente generan residuos, ya sean sólidos o líquidos; y los microorganismos del suelo y los humedales descomponen los desechos animales y humanos (TEEB 2010), los cuales se convierten en nutrientes propicios para la fertilización de los suelos y de los cultivos. Los cauces de los ríos, por sus características dinámicas, permiten la oxigenación de las aguas, lo que hace que las aguas servidas se oxigenen y las cargas contaminantes se diluyan en sus cauces.

Alimentos (A): la actividad de producción de alimentos se puede catalogar como un servicio ecosistémico, dado que son los ecosistemas los que nos brindan las condiciones de suelo, temperatura y humedad para los diferentes cultivos, y nos proporcionan el ambiente adecuado para las actividades agropecuarias (TEEB, 2010).

Medición y calificación de los indicadores

Para facilitar la calificación de los indicadores que permiten determinar el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos de Tocatá, cada uno se ha estructurado en forma de pregunta, con opciones de respuesta, de tal manera que puedan ser calificados con la experticia y el conocimiento propio de quienes los evalúen. La mayor parte de las respuestas asociadas con las preguntas son "Sí" o "No", complementadas en algunos casos con respuestas como "Algunas veces"; hay preguntas cuyas respuestas son "Nunca" o "Siempre". En cada caso, a la respuesta que refleja sostenibilidad de los servicios ecosistémicos se le asigna una calificación de 10 puntos, mientras que la respuesta que podría indicar deficiencias en la conservación tiene una calificación de 0 puntos. Hay algunas respuestas que si bien no reflejan una sostenibilidad total, tampoco implican falta de conservación, por lo que se asignan entre 1 y 9 puntos, según su selección. La Tabla 6 muestra cada uno de los indicadores, con la respectiva pregunta relacionada con el indicador; así como las opciones de respuestas con su respectivo puntaje de evaluación.

Acciones de sostenibilidad

La Tabla 7 muestra las acciones sugeridas para cada uno de los posibles resultados que se pueden obtener para cada indicador. Si el resultado del análisis es negativo, se proponen acciones para la recuperación de los ecosistemas. Y si es aceptable o positivo, también se proponen acciones que permitan continuar por la senda de la conservación. Adicionalmente, se presentan unas acciones transversales que deberían aplicarse independientemente de la situación presente de los servicios ecosistémicos, con el fin de avanzar hacia el mejoramiento continuo.

Tabla 6. Indicadores para determinar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos en Tocotá.

Indicador	Servicio ecosistémico asociado*	Forma de calificación	Calificación
Siembra de especies nativas	RCA, RC, MEE	¿Se hacen siembras periódicas de especies nativas adaptadas a la condición del suelo y clima de la zona?	Sí (10). A veces (5). No (0).
Diversidad de especies de aves	CPE, P, RE	¿Hay diversidad de especies de aves?	Sí (10). Algunas (5). No (0).
Caza de animales de silvestres	CPE, P, RE	¿Se hace caza de animales silvestres (ardillas, zarigüeyas, serpientes, etc.)?	Sí (10). A veces (5). No (0).
Variedad de especies de animales silvestres	CPE, P, RE	¿Identifica si las especies silvestres han aumentado o disminuido en los últimos diez años?	Han aumentado (10). Está igual (5). Han disminuido (0).
Reducción de emisiones contaminantes al aire	RCA, RC, RE	¿Se hacen quemas en la zona?	Sí (10). A veces (5). No (0).
Reducción de emisiones contaminantes por ruido	RCA, RC, RE	¿Cada cuánto se genera exceso de ruido?	Nunca (10). Fines de semana (5). Todos los días (0).
Uso eficiente del agua	AA, RPATR	¿Se hace uso eficiente del agua?	Sí (10). A veces (5). No (0).
Disminución de contaminación por vertimiento de aguas residuales	AA, RPATR, RE	¿Hay control de la contaminación a través de sistemas de tratamiento de aguas residuales?	Sí (10). A veces (5). No (0).
Disminución de contaminación por tratamiento de aguas residuales	AA, RPATR, RE	¿Se hace mantenimiento periódico a los sistemas de tratamiento existentes?	Sí (10). A veces (5). No (0).
Disminución de contaminación de fuentes hídricas	AA, RPATR, RE	¿El agua de las fuentes de la localidad presenta malos olores?	Sí (10). Algunas veces (5). No (0).
Disminución de contaminación por recolección de residuos sólidos	RE, AA	¿Es suficiente la recolección de residuos una vez a la semana?	Sí (10). No (5). No hay servicio (0).
Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos	RE, AA	¿Se hace educación sobre disposición de residuos sólidos?	Sí (10). Ocasionalmente (5). No (0).
Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos residenciales	RCA, RC, RE, AA	¿Cómo se disponen los residuos orgánicos de la vivienda?	Se compostan (10). Se entierran (9). Se disponen a cierta hora y lugar para el carro recolector (5). Se botan en alguna zona pública (3). Se queman (0).

Continúa

Indicador	Servicio ecosistémico asociado*	Forma de calificación	Calificación
Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos agrícolas	RCA, RC, RE, AA	¿Cómo se disponen los residuos de cortes de pasto?	Se compostan (10), Se botan en alguna zona pública. (5), Se queman (0)
Disminución de contaminación por residuos sólidos reciclables	RCA, RC, RE, AA	¿Cómo se disponen los residuos sólidos reciclables (plásticos, papel y vidrio)?	Se reúsan (10). Se reciclan (7,5). Se disponen a cierta hora y lugar para el carro recolector (5). Se entierran (2,5). Se botan en alguna zona pública (1). Se queman (0)
Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos no aprovechables	RCA, RC, RE, AA	¿Cómo se disponen los residuos sólidos no aprovechables?	Se disponen a cierta hora y lugar para el carro recolector (10). Se entierran (5). Se botan en alguna zona pública (1). Se queman (0).
Programas de reciclaje	RE, AA	¿Existen programas de reciclaje en la zona?	Sí (10). Existen pero no funcionan (5). No (0).
Creación y fortalecimiento de grupos ambientales	RE, AA, A, RCA, RC	¿Existen grupos de protección ambiental en la zona?	Sí (10). Existen pero no funcionan (5). No (0).
Actividades de protección ambiental en la zona	RE, AA, A, RCA, RC	¿Se realizan actividades periódicas de cuidado ambiental?	Sí (10). Ocasionalmente (5). No (0).
Participación de la comunidad de la zona en actividades de cuidado ambiental	RE, AA, A, RCA, RC	¿Las personas participan de las actividades de protección ambiental?	Sí (10). Algunas veces (5). No (0).
Contaminación generada por los servicios ecoturísticos en la zona	RE, AA, RPATR	¿El turismo está afectando la capacidad de carga de los ecosistemas (capacidad de autorecuperarse de los impactos negativos)?	No (10). En parte (5). Sí (0).
Existencia de actividades impulsadoras de servicios ecoturísticos en la zona	RE	¿Existen actividades recreativas de aventura en la zona (ciclomontañismo, motocross, cabalgatas, recorridos en vehículos 4x4, caminatas, senderismo)?	Sí (10). Algunas (5). No (0).
Existencia de casas de descanso (cambio de vocación de uso del suelo en la zona)	RE	¿Han aumentado o disminuido las casas de recreo o fincas vacacionales?	Ha aumentado (10). Está igual (5). Ha disminuido (0).

Continúa

Indicador	Servicio ecosistémico asociado*	Forma de calificación	Calificación
Existencia de lugares para alojamiento de turistas	RE	¿Existen lugares de alojamiento campestre (fincas, zonas de campin y glampin, etc.)?	Sí (10). Son escasos. (5). No (0).
Producción agropecuaria (cuantificación)	A	¿Cómo ha evolucionado en los últimos diez años la producción agropecuaria en la zona (cultivos, avicultura, ganadería, piscicultura, etc.)?	Ha aumentado (10). Se ha mantenido igual (5). Ha disminuido (0).
Producción agropecuaria (sustento)	A	¿Considera que la producción agropecuaria de la zona genera utilidades para el sustento de los productores?	Sí (10). Son insuficientes (5). No (0).
Producción agropecuaria (autoconsumo)	A	¿La producción agropecuaria de la zona (pancoger, leche y huevos) es utilizada para el autoconsumo?	Sí (10). Algunas veces (5). No (0).

*RCA: Regulación de calidad de aire; RC: Regulación de clima; MEE: Moderación de los eventos extremos; CPE: Control de plagas y enfermedades; P: Polinización; RE: Recreación y ecoturismo; AA: Abastecimiento de agua; RPATR: Regulación, purificación del agua y tratamiento de residuos; A: Alimentos.

Una vez calificados los diferentes indicadores, se calcula el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, tanto por el promedio de estos cálculos para la sumatoria de los resultados de su aplicación en los diferentes predios de la localidad, como por el cálculo a través de las respuestas obtenidas, considerando a la localidad en su totalidad como unidad de análisis. En este sentido, el nivel de sostenibilidad, de acuerdo con el promedio de los cálculos se determina como lo muestra la Tabla 8. Para el cálculo de nivel de sostenibilidad de la localidad o unidad analizada se realiza la sumatoria de los resultados individuales de cada indicador, y se calcula a nivel porcentual, ponderando los resultados individuales

con el máximo de puntos de la sumatoria (que son 270), lo cual permite establecer un rango de calificación de 0 a 100, que permite una fácil comprensión del resultado.

No obstante, se puede tener el resultado del análisis para cada servicio ecosistémico analizado, de acuerdo con su relación con los indicadores incluidos en la metodología. Por tanto, la Tabla 9 muestra la cantidad de indicadores asociados con cada servicio ecosistémico. Además, el Anexo digital presenta una nota de política que resume la metodología para evaluar la sostenibilidad de SE, como forma de protocolo de su aplicación.

Tabla 7. Acciones para la sostenibilidad de cada indicador.

Acciones transversales
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortalecer las capacidades de las comunidades y de los visitantes para promover actividades sostenibles, como turismo sostenible y producción agropecuaria sostenible. ▪ Sensibilizar a la población sobre la importancia de disminuir los impactos negativos producidos por las actividades humanas, por medio de la disminución de consumo de productos que generan residuos contaminantes y el fomento del reciclaje y el reúso. ▪ Difundir conocimientos para emprender actividades sostenibles.

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Regulación de la calidad del aire. Regulación del clima. Moderación de los eventos climáticos extremos. Formación de suelo. Fotosíntesis. Ciclo de nutrientes.	Siembra de especies nativas.	¿Se hacen siembras periódicas de especies nativas adaptadas a la condición del suelo y clima de la zona?	Sembrar árboles frutales y otras especies nativas de la zona. Evitar la siembra de especies traídas de otros lugares. Promover los semilleros de especies propios de la región. Sembrar cercos vivos con especies nativas.	Aplicar productos orgánicos para el control de plagas y malezas. Usar abonos naturales para los cultivos. Promover los semilleros de especies propios de la región. Sembrar cercos vivos con especies nativas.	Realizar mantenimientos periódicos a las plantas y árboles, por medio de podas y uso de abonos. Promover los semilleros de productos especies de la región. Sembrar cercos vivos con especies nativas.
Control de plagas y enfermedades. Polinización. Recreación y ecoturismo.	Diversidad de especies de aves.	¿Hay diversidad de especies de aves?	Procurar la generación de ambientes adecuados para la reproducción y cría en estado natural de las diversas especies. Promover criaderos para especies en vías de extinción. Sembrar árboles frutales y otras especies nativas de la zona para atraer abejas.	Sembrar plantas productoras de alimentos para las aves (árboles frutales y flores). Proteger a las abejas y otros insectos que aportan a la polinización. No usar insecticidas que maten las abejas.	Destinar parte de la producción de frutas a la alimentación de las aves. Propiciar espacios naturales para la reproducción de las mismas. Promover el ecoturismo de avistamiento de aves.
	Caza de animales silvestres.	¿Se hace caza de animales silvestres (ardillas, zarigüeyas, serpientes, etc.)?	Evitar caza de animales silvestres (son controladores naturales). Reconocer corredores biológicos y zonas bioproductivas y bioculturales para los animales silvestres. No usar plaguicidas químicos.	Fomentar el conocimiento de los animales silvestres y su participación en la regulación ambiental. Llevar a los niños a un reconocimiento de sitios con animales silvestres.	Conservar y potenciar corredores biológicos y zonas bioproductivas y bioculturales para los animales silvestres.

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
	Variedad de especies de animales silvestres.	¿Identifica si las especies silvestres han aumentado o disminuido en los últimos diez años?	Evitar caza de animales silvestres (son controladores naturales). Reconocer corredores biológicos y zonas bioproductivas y bioculturales para los animales silvestres. Hacer transectos con los niños para verificar especies vegetales que permiten la vida de especies animales.	Fomentar el conocimiento de los animales silvestres y su participación en la regulación ambiental. Hacer transectos con los niños para verificar especies vegetales que permiten la vida de especies animales.	Conservar y potenciar corredores biológicos y zonas bioproductivas y bioculturales para los animales silvestres. Hacer transectos con los niños para verificar especies vegetales que permiten la vida de especies animales.
Regulación de la calidad del aire. Regulación de la calidad del clima. Recreación y ecoturismo.	Reducción de emisiones contaminantes al aire.	¿Se hacen quemas en la zona?	Evitar quemas de residuos sólidos. Separar los residuos en los hogares. Reciclar papel, plástico y vidrio. Compostar o vermicompostar residuos orgánicos (incluidos los residuos de mantenimiento de jardinería).	Instalar sitios de disposición de productos reciclables. Disponer de lugares para el compostaje.	Elaborar estrategias de aprovechamiento de los productos reciclables y del compostaje.
	Reducción de emisiones contaminantes por ruido.	¿Cada cuánto se genera exceso de ruido?	Realizar campañas de sensibilización para la disminución del ruido de vehículos, música a volumen alto, entre otros.	Siembra de árboles cuyo crecimiento sea alto y robusto, o siembra de cercas vivas que contribuyan a mitigar el ruido. Sensibilizar a la comunidad para la reducción del ruido.	Siembra de especies de árboles cuyo crecimiento sea alto y robusto, o de cercas vivas que contribuyan a mitigar el ruido. Sensibilizar a la comunidad para la reducción del ruido.

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Abastecimiento de agua potable. Regulación y purificación del agua; tratamiento de residuos.	Uso eficiente del agua.	¿Se hace uso eficiente del agua?	<p>Disminuir pérdidas de agua por parte de acueductos.</p> <p>Revisar las instalaciones domiciliarias para detectar daños.</p> <p>Comprar repuestos de uso común para mantener <i>stock</i> en la comunidad.</p> <p>Implementar macromedición en el sistema.</p> <p>Instalar y reparar llaves de agua.</p> <p>Mantener las llaves cerradas en las viviendas.</p> <p>Reparar las fugas y reponer las tuberías en mal estado.</p> <p>Reusar el agua en las viviendas. Por ejemplo: uso de agua de lavadora para limpiar pisos y regar jardines.</p> <p>Aprovechar el agua lluvia como fuente alterna.</p> <p>Realizar estudios para implementar la micromedición en las viviendas.</p> <p>Mejorar las organizaciones que manejan el abastecimiento de agua.</p>	<p>Revisar periódicamente las tuberías asociadas con los sistemas de agua.</p> <p>Instalar macro y micromedidores para determinar los niveles de las pérdidas en los sistemas.</p> <p>Revisar las instalaciones domiciliarias para detectar daños.</p>	<p>Apoyar la organización comunitaria para fortalecer la prestación del servicio de agua.</p> <p>Fortalecer la operación técnica y administrativa de los sistemas de agua a través de capacitaciones especializadas.</p> <p>Instalar macro y micro medidores para determinar los niveles de las pérdidas en los sistemas.</p> <p>Revisar las instalaciones domiciliarias para detectar daños.</p>

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Abastecimiento de agua potable. Regulación y purificación del agua; tratamiento de residuos. Recreación y ecoturismo.	Disminución de contaminación por vertimiento de aguas residuales.	¿Hay control de la contaminación a través de sistemas de tratamiento de aguas residuales?	<p>Instalar sistemas de saneamiento (pueden ser individuales) para tratar la totalidad del agua residual de las viviendas.</p> <p>Existen sistemas predeterminados o se pueden hacer diseños según las particularidades de cada lugar.</p> <p>El tratamiento debe ser para toda el agua residual y no solo para las aguas de los baños.</p> <p>Buscar asesoría especializada para los sistemas de saneamiento.</p>	<p>Hacer mantenimientos periódicos a los sistemas de saneamiento (dependiendo del tipo y tamaño del sistema existente y de la cantidad de personas que lo usan). Para determinar la necesidad del mantenimiento se pueden hacer pruebas.</p> <p>Buscar asesoría especializada para los sistemas de saneamiento.</p>	<p>Complementar los sistemas existentes con tratamiento terciario (puede ser a través de plantas como heliconias y papiros, entre otras) que, además, pueden usarse posteriormente para actividades comerciales y mejorar el paisaje.</p> <p>Buscar asesoría especializada para los sistemas de saneamiento.</p> <p>Explorar alternativas de saneamiento ecológico.</p> <p>Explorar alternativas de reúso del agua residual tratada.</p>
	Disminución de contaminación por tratamiento de aguas residuales.	¿Se hace mantenimiento periódico a los sistemas de tratamiento existentes?	<p>Programar mantenimientos periódicos dependiendo del tamaño y tipo de sistema y la cantidad de personas que lo usan.</p> <p>No arrojar residuos por los baños.</p> <p>No usar blanqueadores (hipocloritos) para lavado de instalaciones sanitarias.</p>	<p>Verificar el estado de la infraestructura del sistema de saneamiento y corregir las deficiencias que se encuentren.</p> <p>Hacer los mantenimientos necesarios.</p> <p>No usar blanqueadores (hipocloritos) para lavado de instalaciones sanitarias.</p>	<p>Verificar el estado de la infraestructura del sistema de saneamiento y corregir las deficiencias.</p> <p>Hacer los mantenimientos necesarios.</p> <p>Explorar opciones de saneamiento ecológico.</p> <p>Explorar alternativas para el reúso del agua residual tratada.</p> <p>No usar blanqueadores (hipocloritos) para lavado de instalaciones sanitarias.</p>

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Abastecimiento de agua potable. Regulación y purificación del agua; tratamiento de residuos. Recreación y ecoturismo.	Disminución de contaminación de fuentes hídricas.	¿El agua de las fuentes de la localidad presenta malos olores?	Identificar los causantes de los olores, que pueden deberse a descargas directas de aguas residuales o de residuos sólidos; también puede ser por la presencia de lixiviados en las fuentes. Tomar las acciones necesarias de acuerdo con las causas identificadas. Por ejemplo: tratar las aguas residuales, no arrojar basuras a los ríos, evitar el paso de ganado, aislamiento de las fuentes, mantenimiento de bocatomas.	Identificar los causantes de los olores, que pueden deberse a descargas directas de aguas residuales o de residuos sólidos; también puede ser por la presencia de lixiviados en las fuentes. Tomar las acciones necesarias de acuerdo con las causas identificadas. Por ejemplo: tratar las aguas residuales, no arrojar basuras a los ríos, evitar el paso de ganado, aislamiento de las fuentes, mantenimiento de bocatomas.	Hacer vigilancia periódica de las descargas de contaminantes en las fuentes hídricas y realizar programas de sensibilización sobre la mitigación de la contaminación.
Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Control de plagas y enfermedades.	Disminución de contaminación por recolección de residuos sólidos.	¿Es suficiente la recolección de residuos una vez a la semana?	Programar la disposición final de residuos solamente para los días en que pasa el carro recolector. En las viviendas se puede hacer almacenamiento temporal. En las viviendas de recreo, informar sobre los horarios y opciones de disposición final de residuos y disponer de sitios de almacenamiento.	Sensibilización a los usuarios sobre la importancia de disponer los residuos en los tiempos establecidos. Instalar unidades de almacenamiento de residuos sólidos comunitarios con protección y señalización en diferentes puntos de la localidad, pero sobre la vía pública.	Gestionar el aumento de la periodicidad de la recolección de los residuos. Promover la disminución de generación de basuras. Instalar unidades de almacenamiento de residuos sólidos comunitarios con protección y señalización en diferentes puntos de la localidad, pero sobre la vía pública.

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Control de plagas y enfermedades.			Recomendar a los turistas llevar sus basuras consigo. Pegar avisos con la información de días y horarios en que se recogen los residuos.	Hacer mantenimiento a las unidades de almacenamiento de basuras, evitar el rebosamiento de las unidades y gestionar limpiezas periódicas.	Hacer mantenimiento a las unidades de almacenamiento de basuras, evitar el rebosamiento de las unidades y gestionar limpiezas periódicas.
	Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos.	¿Se hace educación sobre disposición de residuos sólidos?	Buscar capacitaciones sobre disposición y aprovechamiento de residuos sólidos. Buscar capacitaciones a través de la autoridad ambiental o entidades académicas. En caso de no haber sesiones por parte de instituciones, hay disponibles en internet.	Gestionar capacitaciones ante instituciones para mejorar la disposición de residuos. Hacer capacitaciones sobre reciclaje, reúso, aprovechamiento, etc.	Consolidar programas de educación ambiental enfocados en la disposición de residuos sólidos y la reducción de los mismos. Las autoridades ambientales y municipales deben facilitar la elaboración y aplicación de estos programas.
Regulación de la calidad del aire y del clima. Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Control de plagas y enfermedades.	Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos residenciales.	¿Cómo se disponen los residuos orgánicos de la vivienda?	Hacer separación de los residuos orgánicos. Estos (es decir, cáscaras de frutas, verduras y huevos; semillas; entre otros) pueden ser utilizados para preparar abonos y compostaje. Capacitar sobre la producción de compost y su uso. Capacitar sobre la producción de vermicomposta	Participar en capacitaciones sobre las posibilidades de aprovechar los residuos orgánicos para realizar abonos y compostaje. Replicar las experiencias de aprovechamiento de residuos. Vincular a los niños para hacer huertas ecológicas con el compostaje.	Promover asociaciones para la realización de compostaje y su aprovechamiento comercial. Identificar alternativas de compostaje y su uso. Por ejemplo: lombricompostaje y abonos, a partir de lodos de plantas de tratamiento.

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Regulación de la calidad del aire y del clima. Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Control de plagas y enfermedades.	Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos agrícolas.	¿Cómo se disponen los residuos de cortes de pasto?	Evitar la quema de pastos. Los residuos generados por el corte de pastos y jardinería se pueden compostar. Participar de capacitaciones sobre aprovechamiento de residuos de jardinería.	Destinar espacios en las viviendas para realizar procesos de compostaje de residuos de pasto y jardinería. El compost puede ser utilizado para el abono de plantas, además ayuda a mejorar la calidad del suelo.	Fortalecer las capacidades para la utilización y aprovechamiento del compostaje generado por el corte del pasto y la jardinería. Gestionar procesos comunitarios para la comercialización del compost.
	Disminución de contaminación por residuos sólidos reciclables.	¿Cómo se disponen los residuos sólidos reciclables (plásticos, papel y vidrio)?	Separar los residuos reciclables de los residuos orgánicos. El vidrio, plástico y papel deben estar limpios y pueden dejarse en sitios dispuestos para su utilización. Establecer puntos ecológicos para la recolección de los residuos reciclables y su aprovechamiento. Este material puede reutilizarse al interior de las viviendas para materas, manualidades, uso de recipientes para almacenamiento, entre otros.	Gestionar el aprovechamiento de los residuos reciclables para generar nuevos productos, utilizarse como recipientes o venderse a empresas que los aprovechan, entre otros. Realizar campañas de divulgación sobre la separación de residuos reciclables y su aprovechamiento.	Fortalecer las capacidades asociativas para el aprovechamiento y comercialización de los residuos reutilizables o sus subproductos. Realizar campañas de divulgación sobre la separación de residuos reciclables y su aprovechamiento.
	Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos no aprovechables	¿Cómo se disponen los residuos sólidos no aprovechables?	Separar los residuos peligrosos como recipientes de agroquímicos, fumigadores, baterías, entre otros.	Gestionar campañas para el manejo y la recolección de residuos peligrosos.	Gestionar campañas para el manejo y la recolección de residuos peligrosos.

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
			Estos residuos deben llevarse a sitios de disposición adecuados, que se pueden encontrar en centros comerciales, entidades estatales, o participar de campañas de recolección que realizan entidades gubernamentales.	Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia disponer adecuadamente los residuos peligrosos. de disponer adecuadamente los residuos peligrosos adecuadamente.	Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de disponer adecuadamente los residuos peligrosos.
			Fomentar que los turistas lleven consigo los recipientes vacíos y los dispongan adecuadamente.		
			Los residuos peligrosos <i>no</i> deben reutilizarse.		
Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Alimentos. Regulación de la calidad del aire y del clima.	Programas de reciclaje.	¿Existen programas de reciclaje en la zona?	Gestionar programas de reciclaje (separación y aprovechamiento de residuos). Buscarlos en entidades como la CVC, la UMATA, que promueven el reciclaje de los residuos.	Fortalecer los programas de reciclaje. Motivar la participación de la comunidad en programas de reciclaje	Potenciar las asociaciones de reciclaje para su aprovechamiento y comercialización.
	Creación y fortalecimiento de grupos ambientales.	¿Existen grupos de protección ambiental en la zona?	Motivar la participación de la comunidad educativa de la zona para participar en grupos de protección ambiental, o realizar actividades de protección como: siembra de especies de flora, cuidado de fauna, jornadas de recolección de residuos, limpieza de ríos y vías, entre otros.	Motivar la participación comunitaria en grupos de protección ambiental y promover jornadas de protección ambiental. Articular acciones con PRAES y PROCEDAS.	Motivar la participación comunitaria en grupos de protección ambiental y promover jornadas de protección ambiental.

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Regulación de la calidad del aire y del clima. Alimentos.	Actividades de protección ambiental en la zona.	¿Se realizan actividades periódicas de cuidado ambiental?	Realizar jornadas de cuidado ambiental, siembra de árboles, limpieza de ríos, jornadas de recolección de basuras, instalación de aislamientos con cercos vivos, etc. Reconversión de sistemas productivos a sistemas sostenibles de producción.	Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia del cuidado ambiental. Construir un centro de acopio y procesamiento de alimentos producidos en la zona para la comercialización.	Fortalecer los grupos ambientales para la realización de jornadas de cuidado ambiental.
	Participación de la comunidad de la zona en actividades de cuidado ambiental.	¿Las personas participan de las actividades de protección ambiental?	Participar de actividades de protección ambiental, siembra de especies de flora, cuidado de fauna, jornadas de limpieza, etc. Promover la participación de familiares y amigos en jornadas de protección ambiental. No arrojar residuos en lugares o momentos inadecuados. Celebrar en comunidad los días mundiales relacionados con la naturaleza: Día del Agua, Día de la Tierra, Día de los Humedales, etc. Recorrer las microcuencas con grupos comunitarios.	Promover la participación de otras personas en las actividades de protección ambiental. Hacer invitaciones llamativas para motivar la participación. Celebrar en comunidad los días mundiales relacionados con la naturaleza: Día del Agua, Día de la Tierra, Día de los Humedales, etc. Recorrer las microcuencas con grupos comunitarios	Motivar la participación de la comunidad en actividades de protección ambiental. Gestionar actividades de fortalecimiento de capacidades para mejorar la protección ambiental. Celebrar en comunidad los días mundiales relacionados con la naturaleza: Día del Agua, Día de la Tierra, Día de los Humedales, etc. Recorrer las microcuencas con grupos comunitarios

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Recreación y ecoturismo. Abastecimiento de agua potable. Regulación y purificación del agua, y tratamiento de residuos.	Contaminación generada por los servicios ecoturísticos en la zona.	¿El turismo está afectando la capacidad de carga de los ecosistemas (capacidad de autorecuperarse de los impactos negativos)?	Promover el ecoturismo mediante uso eficiente del agua, ahorro del agua y energías sostenibles, evitar la caza de fauna silvestre, disposición adecuada de residuos sólidos, contar con sistemas de saneamiento en correcto funcionamiento, evitar las fogatas, etc.	Fortalecer organizaciones comunitarias para la oferta de actividades turísticas sostenibles.	Promover la conformación de grupos de ecoturismo para guiar a los visitantes en las actividades turísticas en la zona.
Recreación y ecoturismo	Existencia de actividades impulsadoras de servicios ecoturísticos en la zona.	¿Existen actividades recreativas de aventura en la zona (ciclomontañismo, motocross, cabalgatas, recorridos en vehículos 4x4, caminatas, senderismo)?	Señalar actividades permitidas y prohibidas, senderos para caminatas y sitios de avistamiento de aves. Calcular la cantidad de turistas que puede soportar el territorio por periodo de tiempo, sitios de disposición de residuos sólidos y sistemas de saneamiento, entre otros.	Sensibilizar a la comunidad local y a los propietarios de fincas sobre la importancia de las actividades turísticas sostenibles.	Fortalecer las capacidades organizativas de la comunidad para ofrecer actividades turísticas sostenibles. Señalar actividades permitidas y prohibidas. Establecer senderos para caminatas y sitios de avistamiento de aves. Calcular la cantidad de turistas que puede soportar el territorio por periodo de tiempo, sitios de disposición de residuos sólidos y sistemas de saneamiento, entre otros.

Continúa

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Recreación y ecoturismo	Existencia de casas de descanso (cambio de vocación de uso del suelo en la zona).	¿Han aumentado o disminuido las casas de recreo o fincas vacacionales?	Sensibilizar a los propietarios de predios para evitar la parcelación por fuera del <i>esquema de ordenamiento territorial</i> (EOT) del municipio (por decir algo: no dividir los predios de menos de 3000 m ²) con apoyo del corregidor.	Velar por el cumplimiento de lo establecido en el EOT y la autoridad ambiental.	Velar por el cumplimiento de lo establecido en el EOT y la autoridad ambiental.
	Existencia de lugares para alojamiento de turistas.	¿Existen lugares de alojamiento campestre (fincas, zonas de campin y glampin, etc.)?	Señalizar actividades permitidas y prohibidas, establecer senderos para caminatas y sitios de avistamiento de aves. Calcular la cantidad de turistas que puede soportar el territorio por cierto periodo de tiempo, sitios de disposición de residuos sólidos y sistemas de saneamiento, entre otros.	Sensibilizar a la comunidad local, a los turistas y a los propietarios de alojamientos sobre la importancia de las actividades turísticas sostenibles.	Fortalecer las capacidades organizativas de la comunidad para ofrecer actividades turísticas sostenibles. Señalizar actividades permitidas y prohibidas. Establecer senderos para caminatas y sitios de avistamiento de aves. Calcular la cantidad de turistas que puede soportar el territorio por periodo de tiempo, sitios de disposición de residuos sólidos y sistemas de saneamiento, entre otros.
Alimentos	Producción agropecuaria (cuantificación).	¿Cómo ha evolucionado en los últimos diez años la producción agropecuaria en la zona (cultivos, avicultura, ganadería, piscicultura, etc.)?	Establecer sistemas productivos sostenibles, sistemas agropastoriles y agroforestales, cultivos orgánicos, y actividades que disminuyan el uso de químicos en el suelo para evitar que lo deterioren.	Promover la comercialización de productos orgánicos y sostenibles con el suelo a los turistas. Esto fortalece la producción local y motiva a los turistas a potenciar las actividades productivas amigables con el ambiente.	Fortalecer la capacidad organizativa de los productores para comercializar sus productos en mercados por fuera de la localidad. Hacer estudios de mercado que les permita a los productores determinar cuáles productos son más atractivos para los consumidores.

Servicio ecosistémico asociado	Indicador	Forma de calificación	Acciones para la sostenibilidad		
			Calificación baja	Calificación media	Calificación alta
Alimentos	Producción agropecuaria (sustento).	¿Considera que la producción agropecuaria de la zona genera utilidades para el sustento de los productores?	<p>Promover los sistemas agropastoriles y agroforestales que permiten la producción ganadera y otros productos (como árboles frutales que acompañan a estos sistemas) y generan menor impacto ambiental en el suelo y demás recursos asociados.</p> <p>Cultivar variedad de cultivos. La pluralidad de cultivos facilita la soberanía alimentaria, el auto-sustento y es más amigable con el suelo y demás recursos naturales.</p>	<p>Fortalecer las capacidades para implementar masivamente los sistemas de ganadería silvopastoriles y los diversos cultivos orgánicos.</p> <p>Fomentar el consumo y comercialización de productos locales.</p> <p>Aprovechar el agua residual tratada para el riego de cultivos.</p>	<p>Fortalecer la asociatividad para comercializar los productos locales.</p> <p>Participar de capacitaciones en emprendimientos para la asociatividad, legalidad, comercialización, productividad, contabilidad, etc.</p>
	Producción agropecuaria (autoconsumo).	¿La producción agropecuaria de la zona (pancoger, leche y huevos) es utilizada para el autoconsumo?	Implementar huertas caseras para la producción de alimentos para la comercialización, pero también para el autoconsumo.	<p>Promover el consumo de productos locales.</p> <p>Fortalecer las capacidades para masivamente los sistemas de ganadería silvopastoriles y los diversos cultivos orgánicos.</p> <p>Fomentar el consumo y comercialización de productos locales.</p> <p>Aprovechar el agua residual tratada para el riego de cultivos.</p>	<p>Potenciar la elaboración de productos locales.</p> <p>Fortalecer la asociatividad para comercializar los productos locales.</p> <p>Capacitaciones en emprendimientos para la asociatividad, legalidad, comercialización, productividad, contabilidad, etc.</p>

Tabla 8. Evaluación de la sostenibilidad de servicios ecosistémicos en Tocotá.

Nivel de sostenibilidad de SE	Rango de calificación
Alta	Mayor a 75
Media	45-75
Baja	Menor a 45

Tabla 9. Cantidad de indicadores asociados con los SE para la calificación de la sostenibilidad.

Servicio ecosistémico	Total de indicadores que se asocian con el servicio ecosistémico
Abastecimiento de agua potable.	15
Alimentos.	6
Control de plagas y enfermedades.	3
Moderación de los eventos extremos.	1
Polinización.	3
Recreación y ecoturismo.	22
Regulación de la calidad de aire.	10
Regulación del clima.	7
Regulación y purificación del agua, y tratamiento de residuos.	5

Capítulo 5

Contexto de la zona de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en la vereda Tocotá, en el municipio de Dagua, en el Valle del Cauca (Colombia). A continuación, se presenta una caracterización del sitio de estudio.

Ubicación geográfica

La vereda Tocotá hace parte del municipio de Dagua, en el Valle del Cauca. Se localiza en las alturas que van desde los 1490 hasta los 1620 m s. n. m., en las estribaciones de la Cordillera Occidental. Sus coordenadas son 3° 32' 10" N y 76° 39' 14" W. La Figura 7 muestra la ubicación de Tocotá.

El caserío principal de la vereda se encuentra a 2,5 km del corregimiento de San Bernardo, a 5,6 km del corregimiento El Carmen y a 7,5 km del Kilómetro 19 de la vía Simón Bolívar, que en Cali conecta con la cabecera municipal de Dagua y con el puerto marítimo del municipio de Buenaventura. De manera más específica, Tocotá limita al oriente con la vereda Loma Alta (latitud 76° 3' 59.20"), que se ubica en un sector conocido como La Herradura, en la vía hacia el Kilómetro 19. Al norte limita con la vereda El Diviso (longitud 3° 30' 55"), sobre la vía hacia el corregimiento El Carmen. Al occidente con la vereda El Jordancito (latitud 76° 39' 29.70"), en la parcelación Bellavista sobre la vía que va hacia la vereda El Jordán. Y al sur con la vereda Ben Hur (longitud 3° 30' 55"), en el límite de la parcelación La Castilla sobre la vía al centro poblado del corregimiento San Bernardo. La Figura 8 muestra la vereda Tocotá ubicada en el municipio de Dagua y en el corregimiento de San Bernardo.

En Tocotá predomina el clima seco, y cuenta con una precipitación media anual entre 1500 y 2000 mm y una temperatura promedio anual entre 12 a 20°C. El tiempo de radiación solar máxima para Tocotá se estima entre 4 y 5 horas al día (IDEAM, 2017). El municipio de Dagua se distribuye administrativamente, como el resto de los municipios de Colombia, en corregimientos, y estos en veredas.

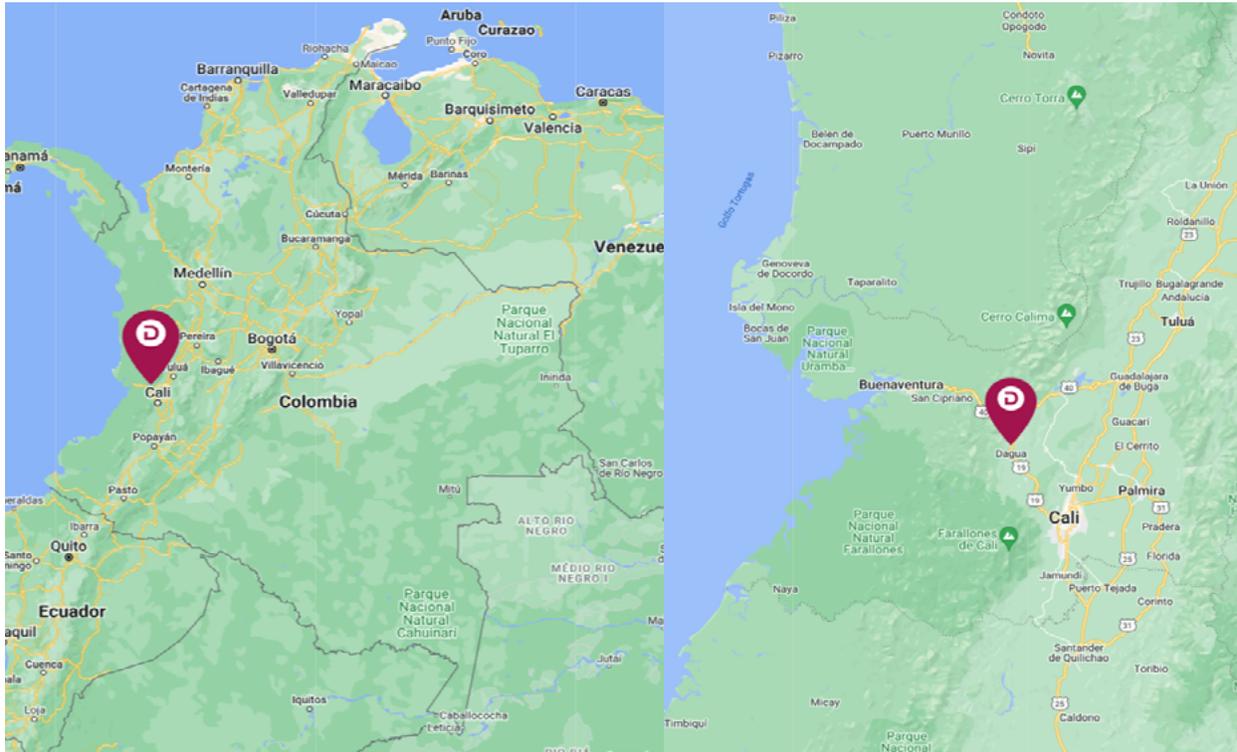


Figura 7. Mapa de referencia de Dagua en Colombia.

Fuente: adaptado de DANE (2021).

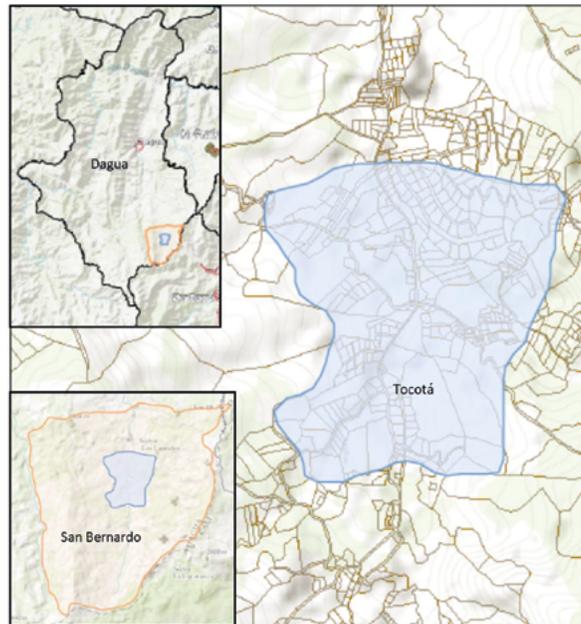


Figura 8. Ubicación de Tocotá en el municipio de Dagua.

Fuente: elaborado con base en información de CVC (2021) y aportes de líderes comunitarios.

La vereda Tocotá hace parte del corregimiento San Bernardo, del cual también hacen parte las veredas El Jordán, El Jordancito, San Miguel, El Triunfo, El Diviso, Loma Alta, La Tigra, Ben Hur y San Luis (CVC, 2015). No obstante, el municipio también ha adoptado un modelo de organización territorial por medio de seis unidades especiales de funcionamiento (UEF), las cuales se definieron por aspectos en común que generan atracción hacia algún centro poblado específico. Las seis unidades son: El Queremal, Borrero Ayerbe (Kilómetro 30), El Carmen, Loboguerrero, Juntas y Dagua. El Carmen, en la cual se ubica la vereda Tocotá, se definió como la zona de expansión del municipio con mayor crecimiento de vivienda campestre de descanso para los habitantes de la ciudad de Cali, que son atraídos por el clima y la topografía de la zona (Acuerdo 004 de 2002). Además de la vereda Tocotá, esta UEF incluye a las veredas Las Tórtolas, Loma Linda, El Galpón, Bahondo, El Jordán, El Jordancito, San Miguel, El Triunfo, El Diviso, Loma Alta, La Tigra, Ben Hur, San Luis y el corregimiento de San Bernardo.

Población

Tocotá está poblado por habitantes que viven de manera permanente, pero también destaca por su numerosa población flotante, es decir, personas que van al lugar a pasar fines de semana y temporadas de vacaciones. De acuerdo con la información de la base de datos del Sisbén (2020), en Tocotá residen permanentemente 271 personas, siendo en mayor proporción hombres que mujeres. Sin embargo, hay una alta proporción (36,7%) de menores de edad, lo que es atípico en las zonas rurales del país, cuya población menor se concentra en las ciudades (Sisbén, 2020). En la Figura 9 se observa la distribución porcentual por género de la población que reside en Tocotá, mientras que la Figura 10 muestra el rango de edades de los residentes.

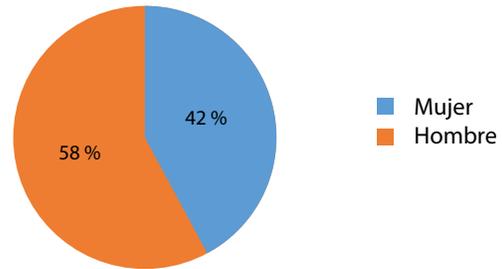


Figura 9. Distribución por género de la población residente en Tocotá.

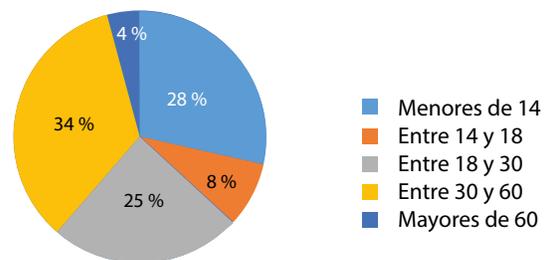


Figura 10. Distribución por rango de edades de la población residente de Tocotá.

Además de los residentes, según lo indican algunos líderes comunitarios, en la vereda existen alrededor de 420 viviendas, de las cuales solo una tercera parte (130 viviendas) pertenece a los habitantes permanentes de Tocotá, mientras que el restante 67% son casas de recreo. Aparte de eso, los líderes estiman que cada fin de semana pueden acudir a la vereda entre 500 y 3000 visitantes, turistas que en su mayoría son habitantes de Cali, quienes ocupan casas de recreo de su propiedad o alquilan algunas casas o cabañas que prestan este servicio. El municipio no permite parcelas de menos de 3000 m², por lo que este es el promedio de áreas en los que se construyen las casas de recreo.

Características socioeconómicas

De acuerdo con el Sisbén (2020), solo el 29% de los habitantes de Tocotá tienen un trabajo remunerado periódicamente; entre las actividades laborales se destacan el comercio de víveres y de materiales

de construcción, la participación con mano de obra no calificada en actividades de construcción, la agricultura, y una actividad en aumento: el cuidado y mantenimiento de casas de recreo. De acuerdo con Howard Rosero, funcionario de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), anteriormente la gente de la zona se dedicaba mayoritariamente a la agricultura de hortalizas principalmente. Sin embargo, el deterioro de la calidad del suelo para las actividades agrícolas hizo que el suelo cambiara su vocación, debido a la presencia de ganadería en la zona, y fue cuando comenzó la parcelación de la tierra y la construcción de casas de recreo para turismo. Eso ha hecho que en los últimos años los residentes de la zona hayan cambiado su dedicación a la agricultura por el cuidado y mantenimiento de fincas, en las que realizan jardinería, cuidado de piscinas, aseo general, corte de pasto, entre otras actividades (H. Rosero, comunicación personal, 11 de octubre de 2021). Además, quienes se dedican al cuidado de estas casas también prestan servicios en casas de recreo que no cuentan con personal cuidador permanente, principalmente se dedican al corte de pastos y a la jardinería. No obstante, se estima que las actividades agropecuarias permitan una mayor cantidad de empleos (15) que los que ofrece el mantenimiento de fincas (1 o 2) (Muñoz y Gómez, comunicación personal, 5 de octubre de 2021). Fuera de eso, hacia la vereda El Jordán se ha implantado un cultivo forestal aprovechable de pinos por la empresa Smurfit Kappa, que da trabajo a personas de Tocotá.

En el resto de la población destacan los estudiantes, lo que quizá se puede deber a la cantidad de menores de edad en la vereda. Pero también hay personas buscando trabajo y otras que indican dedicarse a actividades domésticas, pero que, según los líderes comunitarios, también se ocupan de cuidar jardines, atender establecimientos comerciales (principalmente tiendas y ferreterías), cuidar de menores de edad y, algunas veces, de actividades comunitarias con la Junta de Acción Comunal, la escuela, entre otras. Cuando lo hacen, realizan actividades recreativas y deportivas con los habitantes de Tocotá. La Figura 11 muestra cómo se distribuye porcentualmente la ocupación de los habitantes de Tocotá.

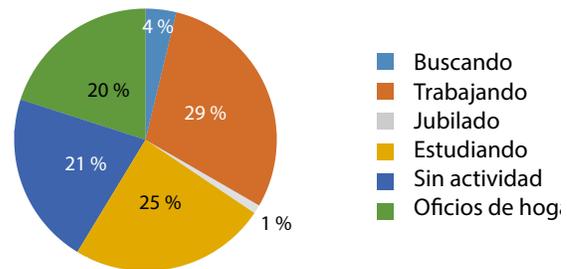


Figura 11. Ocupación de los residentes en Tocotá.

Servicios públicos

En Tocotá se prestan servicios públicos domiciliarios y no domiciliarios. Entre los servicios en las viviendas, la zona rural de Dagua cuenta con una cobertura de acueducto del 77% de sistemas de abastecimiento construidos por las comunidades (Acuerdo 004 de 2002; Alcaldía Municipal de Dagua, 2020). Para el caso de Tocotá, la vereda cuenta, desde 2007, con un acueducto gestionado por la población misma. La Asociación de Usuarios de Acueducto de la Vereda Tocotá (ASOTOCOTÁ) tiene una concesión vigente con la autoridad ambiental de 2,08 lps de la quebrada Los Ciruelos, el cual otorga el 51,8% del caudal base de la fuente (CVC, 2019) a un sistema constituido por una bocatoma central con rejilla de fondo, un desarenador y un tanque de almacenamiento, ya que no se hace tratamiento del agua, aunque se adiciona 1 kg de cloro al 70% cada dos días. De acuerdo con la concesión, se estima que alcanza para suministrar agua a 210 suscriptores del acueducto (aproximadamente a 800 personas). Sin embargo, se calcula que capta entre 2,5 y 5,5 lps para abastecer a un total de 215 suscriptores legalizados, pese a que se han detectado alrededor de 15 conexiones ilegales (Ortega, comunicación personal, 23 de agosto de 2021; Bravo, comunicación personal, 1 de octubre de 2021). Actualmente, el acueducto tiene alrededor de 100 solicitudes de conexión para viviendas de recreo nuevas que se están construyendo en la zona; pero dichas solicitudes no han sido aceptadas, pues el sistema debe primero actualizar su concesión de agua para suministrar el recurso a un mayor número de personas y hacer los ajustes necesarios a la infraestructura para

poder otorgar los nuevos cupos en el sistema (Ortega, comunicación personal, 23 de agosto de 2021), al igual que otros sistemas de abastecimiento en la zona rural de Dagua (véase Figura 12). El funcionario de CVC, Howard Rosero, indica que en la zona hay agua suficiente para satisfacer la demanda creciente, pero que sería de fuentes con mayor índice de contaminación, por lo cual sería necesario que los sistemas hicieran tratamiento del agua a suministrar, lo que implicaría, además, un fortalecimiento de la organización que maneja el sistema para gestionar el tratamiento, fomentar programas de uso eficiente de agua y adoptar la metodología tarifaria vigente para cubrir los costos del sistema (H. Rosero, comunicación personal, 11 de octubre de 2021).

La ASOTOCOTÁ abastece todas las viviendas aisladas de la vereda, las parroquias de la Iglesia católica, las dos sedes de la institución educativa Cristóbal Colón y las parcelaciones El Ensueño, Rancho Valentina, Copruvalle, Bellavista, Casablanca y dos viviendas de la parcelación Los Españoles. Sin embargo, en la zona hay otros sistemas de abastecimiento pequeños: las parcelaciones Mirador de Tocoá (6 lotes) y Reservas del Milagro (12 lotes), que se abastecen del acueducto de la vereda Loma Alta. Las parcelaciones Colinas de Tocoá (98 usuarios), La Castilla 1 (18 usuarios), La Castilla 2 (6 usuarios), Los Españoles (6 usuarios), la finca Villa María (14 usuarios) y la granja avícola San Bernardo poseen sistemas de abastecimiento independientes de quebradas cercanas o de nacimientos propios (Ortega, Comunicación personal, 23 de agosto de 2021).

La zona rural del municipio de Dagua tiene una cobertura de alcantarillado del 29,9%. Pero no hay ningún tipo de tratamiento colectivo de las aguas residuales (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020), lo que significa una fuerte contaminación de las fuentes de agua. En particular, Tocoá no tiene alcantarillado en ningún sector, por lo que se exige, mediante el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), a cada vivienda que cuente con un sistema de tratamiento de aguas residuales individual, avalado por la CVC, para tratar sus aguas (H. Rosero, comunicación

personal, 11 de octubre de 2021). En general, las viviendas ubicadas dentro de parcelaciones cumplen con esta condición. Sin embargo, la mayoría de las viviendas por fuera de ellas solo descargan sus aguas residuales en las fuentes de la zona (principalmente en el río Dagua) (Acuerdo 004 de 2002; Gómez, comunicación personal, 5 de octubre de 2021).

Adicionalmente, la vereda cuenta con servicio de energía eléctrica, que es provisto por Celsia, anteriormente conocida como Empresa de Energía del Pacífico (EPSA). Se suministra desde las subestaciones de energía del complejo hidroeléctrico del Alto Anchicayá, contando con cinco circuitos independientes de tres subestaciones: Bitaco, Loboguerrero y Madroñal (Acuerdo 004 de 2002; Alcaldía Municipal de Dagua, 2020). Por otra parte, no hay servicio de gas natural domiciliario en la vereda, por lo que quienes están interesados en el uso de gas adquieren cilindros de gas propano. Actualmente, avanza un proyecto para instalar redes de gas natural desde San Bernardo hasta El Carmen, lo cual tendría entre sus beneficiarios a la comunidad de Tocoá.

Así mismo, la administración municipal ha designado a la empresa Dagua Limpia la recolección de los residuos sólidos, que presta el servicio sobre las vías principales de Tocoá una vez a la semana (el martes entre las 6:00 y 7:00 a. m.). Esta frecuencia de recogida genera acumulación de residuos sobre las vías, que, en muchas ocasiones, son regados por los perros y otros animales silvestres que rondan la localidad. La acumulación de residuos se ha convertido en una de las mayores dificultades de la presencia de turistas en la zona, pues llegan a pasar el fin de semana y dejan en la localidad todos los desechos de los elementos que consumen, sin considerar e ignorando la limitación en la recolección de residuos en la zona (Bravo; M. Correa y Ortega, comunicaciones personales, 23 de agosto y 1 de octubre de 2021). La comunidad ha generado estrategias de control educativas, como la instalación de carteles y pasacalles (ver Figura 13) solicitando a los turistas llevarse sus residuos, pero el problema persiste.



Figura 12. Avisos de los acueductos de zonas cercanas a Tocotá
Fotografía de Diego Corrales.



Figura 13. Pasacalles instalados por la comunidad
Fotografía de Diego Corrales.

Por otra parte, los servicios públicos no domiciliarios que se encuentran en Tocatá son la educación y el transporte. En relación con la educación en la vereda, se encuentra la Institución Educativa Cristóbal Colón (IECC), que brinda cobertura educativa a todo el corregimiento en siete sedes, en niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria, media técnica y educación para adultos. De estas siete sedes, dos se encuentran en la vereda Tocatá: la sede principal de la institución educativa, que ofrece servicios de educación básica secundaria, media técnica y educación para adultos, se encuentra ubicada a 500 m del Crucero Tocatá, sobre la vía a El Carmen; y la sede Cristóbal Colón, que se ubica a 300 m sobre la vía del Crucero hacia el Alto Jordán, en la que hay educación de básica primaria. El pilar fundamental del programa educativo de la institución es el compromiso con la formación y dignificación de los habitantes rurales, por lo que la especialidad en el nivel medio técnico es la educación agropecuaria (López, 2021).

La atención en salud de los habitantes de Tocatá es ofrecida por la cabecera municipal de Dagua, a través de la ESE Hospital José Rufino Vivas, el cual es un hospital de baja complejidad (nivel 1) que brinda atención en modalidad ambulatoria y hospitalaria (hospitalización general para adultos, pediatría y obstetricia), y ofrece consulta externa (enfermería, medicina general y odontología), prevención y promoción, vacunación, atención en salud oral, servicios de urgencias, traslado asistencial básico, apoyos diagnósticos y servicios de imágenes diagnósticas (Mina, 2012). Para una atención más cerca de la vereda, los habitantes cuentan con el centro de salud del corregimiento Borrero Ayerbe (Kilómetro 30) para la atención básica de urgencias. Aun así, presenta una infraestructura insuficiente e inadecuada para la atención de la población y para tratar las patologías que presentan (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020). Directamente en Tocatá no hay centros de atención de salud, por lo que es necesario el desplazamiento de la comunidad a los sitios mencionados, o para casos de gravedad, es necesario dirigirse hasta la ciudad de Cali. La población indica que la atención en salud para la población rural en el municipio es muy deficiente, debido al

desplazamiento que deben hacer a tempranas horas de la mañana para lograr alguno de los turnos de atención del día, ya que en el puesto de salud del Kilómetro 30 solo atienden veinte turnos al día, mientras que en el hospital de Dagua se ofrecen veinticinco turnos los jueves para los habitantes de la zona rural del municipio (Guerrero, comunicación personal, 26 de octubre de 2021).

Por otra parte, en Dagua se identifican 53 vías locales y 12 caminos vecinales. De estas se identifican cuatro caminos vecinales que conectan a Tocatá: la vía Tocatá-San Bernardo (2,5 km), de nivel local, y las vías Tocatá-Alto Jordán (1,2 km), Tocatá-El Carmen (5,6 km) y Tocatá-Simón Bolívar, conocida como Kilómetro 19 (7,5 km). Estas vías son de afirmado compactado, sin capa de rodadura rígida o flexible, ni obras de arte (cunetas, alcantarillas, bermas, sardineles, señalización) (Acuerdo 004 de 2002). En general, las vías locales presentan deterioro por el uso y por acción del agua en las temporadas de lluvias, por lo que requieren mantenimiento periódico. Como factor de riesgo, se ha identificado que las vías son utilizadas por peatones y animales, lo que provoca que haya peligro inminente para estos transeúntes, pues se ha comprobado que los accidentes de tránsito son la tercera causa de muerte en el municipio de Dagua (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020). Además, el deterioro también es ocasionado por el alto tráfico de vehículos pesados, tanto de transporte de materiales de construcción para las casas de recreo, como de los carros de transporte de madera. En la Figura 14 se observan algunos tramos de las vías y en la Figura 15 se presentan muestras del tráfico que resisten.

Por estas vías se cubre el transporte público de Tocatá. Actualmente hay tres servicios hacia la ciudad de Cali y un servicio hacia el Kilómetro 30. No está demás señalar que los lugareños prestan servicios de mototaxi y de motocarros expresos desde el Kilómetro 30. Las rutas desde la ciudad de Cali son cubiertas por la empresa Transur, cuya ruta es: Cali, Kilómetro 19, Tocatá y El Jordán; y por la empresa La Sultana, que tiene la siguiente ruta: Cali, Kilómetro 26, Borrero Ayerbe, El Carmen, Tocatá y San Bernardo; además, existe un bus escalera que pasa por Cali,



Figura 14. Tráfico pesado sobre el camino vecinal Tocatá-Simón Bolívar (Kilómetro 19).
Fotografía Diego Corrales.



Figura 15. Deslizamientos y agua sobre la vía.
Fotografía Diego Corrales.

el Kilómetro 19, Tocotá y Alto Jordán. Así mismo, hay camperos que viajan desde el Kilómetro 30 hasta San Bernardo, pasando por Tocotá, cuyos horarios varían dependiendo de la demanda por parte de los pasajeros (solo se realizan los recorridos si hay algún pasajero). La Tabla 10 presenta los horarios de las rutas. El transporte público es usado regularmente por las personas que residen en la zona y lo usan principalmente cuando requieren hacer diligencias en Cali o en los días de mercado. Ocasionalmente, este transporte es usado por turistas. Sin embargo, ellos viajan principalmente en sus vehículos privados.

Vale aclarar que, en el caso de Transur, los horarios son estimados y dependen del tráfico, del flujo de pasajeros y de las condiciones climáticas. El servicio es prestado por un único bus con capacidad de veintinueve pasajeros. Los jueves solo se prestan los servicios de las 6:20 a. m., hacia Cali, y los de las 4:00 p. m., hacia Tocotá, debido al mantenimiento preventivo del bus. En el caso de Camperos, la ruta de las 4:00 p. m., desde el Kilómetro 30, y la del regreso de las 4:30 p. m., se realizan solamente dependiendo de la demanda de pasajeros (Guerrero, comunicación personal, 26 de octubre de 2021).

Tabla 10. Horarios de rutas de transporte público en Tocotá.

Hora de salida	Origen	Destino
Transur		
6:20 a. m.	Tocotá	Cali
10:00 a. m.	Cali	Tocotá
1:30 p. m.	Tocotá	Cali
4:00 p. m.	Cali	Tocotá
La Sultana		
6:20 a. m.	Tocotá	Cali
3:00 p. m.	Cali	Tocotá
Bus escalera (Chiva)		
7:30 a. m.	Tocotá	Cali
1:00 p. m.	Cali	Tocotá
Camperos		
8:00 a. m.	Kilómetro 30	Tocotá
8:30 a. m.	Tocotá	Kilómetro 30
12:00 m.	Kilómetro 30	Tocotá
12:30 p. m.	Tocotá	Kilómetro 30
4:00 p. m.	Kilómetro 30	Tocotá
4:30 p. m.	Tocotá	Kilómetro 30

Capítulo 6

Aplicación de estrategia en Tocotá

La estrategia metodológica, presentada en el capítulo 3, fue aplicada para su validación en la vereda Tocotá, con la colaboración de líderes comunitarios. A continuación se presentan los resultados.

Identificación de servicios ecosistémicos en Tocotá

Los servicios ecosistémicos que se pudieron identificar en Tocotá están directamente relacionados con los usos del suelo de la zona. De acuerdo con el PBOT de Dagua (Acuerdo 004 de 2002), el suelo de Tocotá puede ser usado para sistemas agroforestales, principalmente bosques productores, pero también se permite el uso del suelo para casas de recreo. Estos usos permitidos son los principales, debido a que la degradación del suelo en la vereda no permite el desarrollo de otras actividades productivas que dependan del suelo, como la agricultura, las actividades pecuarias, entre otras (Rosero, comunicación personal, 11 de octubre de 2021).

De acuerdo con los líderes comunitarios entrevistados, se identificaron los servicios ecosistémicos más característicos y de mayor predominancia en la zona, lo más destacados corresponden a los de recreación y de ecoturismo (principalmente este último). La Figura 16 muestra la identificación realizada de servicios ecosistémicos en Tocotá y, a continuación, se hace una descripción de los más representativos para esta investigación.

De acuerdo con el PBOT de Dagua, para la vereda Tocotá se permite el uso del suelo para la zona de expansión turística (Acuerdo 004 de 2002), lo cual sigue siendo así en la actualidad debido a las características degradadas del suelo, causadas por los años de ganadería extensiva y monocultivos en la zona. En la actualidad, los suelos no son aptos para cultivos y presentan niveles de erosión y degradación potencialmente peligrosos y propicios para movimientos de masas y derrumbes (Acuerdo 004 de 2002; Rosero, Comunicación personal, 11 de octubre de 2021).

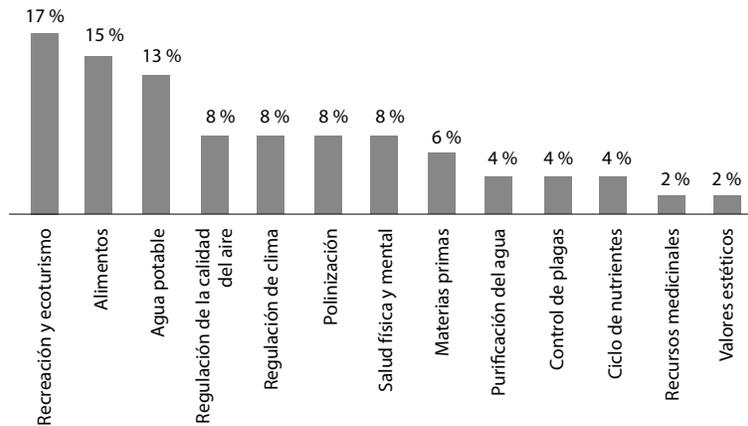


Figura 16. Servicios ecosistémicos identificados en Tocotá.

Además, en el PBOT se establecen los parámetros mínimos para la construcción de casas de recreo independientes y la parcelación de las fincas, e indica que el área mínima para parcelar es en unidades de no menos de 3000 m². Para ello, es necesario contar con disponibilidad de servicio de agua, energía y tratamiento de agua residual (pozo séptico) aprobado por la CVC (Acuerdo 004 de 2002). Estas condiciones, según la información de la comunidad, no se cumple sino en algunas parcelaciones, ya que repetidamente, en los trámites para parcelar o en los trámites para sucesión de herederos, se realizan subdivisiones de los predios que solo cumplen este límite de 3000 m² en el papel, pero en el terreno se encuentran lotes de 100, 500 y 1000 m² (Guerrero, comunicación personal, 26 de octubre de 2021; Sánchez, comunicación personal, 25 de agosto de 2021).

Desde la CVC, con sede en Dagua, se reconoce que la construcción de parcelaciones en la zona ha permitido la reforestación y revegetalización de los terrenos, dado que cada casa de recreo se encarga de la siembra de árboles y del cuidado de jardines, lo que ha generado una mejora en las características de cobertura vegetal en la zona, que se habían perdido con la ganadería y los monocultivos (Rosero, comunicación personal, 11 de octubre de 2021).

La vereda Tocotá está enmarcada en la UEF de El Carmen, como zona de expansión turística para casas de descanso de los habitantes de la ciudad de Cali (Acuerdo 004 de 2002); esto es corroborado por

la comunidad, que manifiesta que uno de los grandes cambios en los últimos quince años ha sido el incremento de la población flotante, generada por la construcción de casas de recreo y por la subdivisión de las fincas agrícolas o ganaderas en parcelaciones destinadas al recreo (Bastidas; Guerrero; M. Correa; Muñoz y Ortega, comunicaciones personales, 2021). Se estima que la proporción de casas de recreo y viviendas permanentes es del orden de 67 % y 33 %, respectivamente, según la misma comunidad, para albergar las 3000 personas que pueden concentrarse en la vereda algunos fines de semana. Entre las actividades que realizan los turistas de la zona se destacan las caminatas ecológicas sobre las vías y quebradas, las cabalgatas, el bicimontañismo, los recorridos en cuatrimotos, el avistamiento de aves y el descanso en las casas de recreo.

Se destaca, además, la existencia de una gran cantidad de parcelaciones de casas de recreo como Colinas de Tocotá, que cuenta con 98 viviendas; La Castilla 1 y 2, que cuentan con 24 viviendas entre las dos; Casablanca, con 2 viviendas y Los Españoles, con 6 viviendas. En la actualidad, se están construyendo las parcelaciones Mirador de Tocotá y Reservas del Milagro, y se está parcelando la finca Villa María, lo cual generara cerca de 50 casas de recreo adicionales en la zona. Aparte de eso, se están desarrollando unidades de negocio turístico, que promoverán aún más la afluencia de turismo en la zona, al haber sitios para glampin y cabañas de alquiler por días; y se está planificando la construcción de un

parque temático agropecuario en la finca La Aurora, ubicada en el Crucero Tocotá (Muñoz, comunicación personal, 1 de octubre de 2021).

En Tocotá y las veredas contiguas se genera el espacio propicio para la realización de cabalgatas en las vías no pavimentadas de la vereda. Razón por lo cual, en el Crucero de Tocotá, los fines de semana, se reúnen gran número de caballistas, ya sea con equino propio o con caballos alquilados en la zona (mirar Figura 17). Por las mismas rutas se realizan recorridos de cuatrimotos los fines de semana, muchos de los cuales se reúnen en el Crucero de Tocotá. Sin embargo, según comenta la propietaria de la tienda El Crucero, los participantes de estas actividades se reúnen a ingerir bebidas alcohólicas y aunque esta conducta contribuye con la dinamización de la economía de los comercios ubicados en este punto, genera inconvenientes con la seguridad vial en las vías no pavimentadas de la vereda (M. Correa, comunicación personal, 23 de agosto de 2021).

Además, un factor en común que la comunidad manifiesta como de carácter especial, y es una de las razones por las cuales la zona de Tocotá es concurrida por los turistas de la ciudad de Cali, resulta ser el clima y la tranquilidad, ya que “en la zona se presentan unos bancos de niebla, lo que hace la zona única en Colombia” (Y. Correa, comunicación personal,

31 de agosto de 2021; Rosero, comunicación personal, 11 de octubre de 2021). De acuerdo con el Plan de Desarrollo del municipio 2020-2023, estos bancos de niebla se producen por la ubicación de la vereda entre las montañas, valles y cañones, lo que hace que se produzca un clima de características especiales (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020). Esto se describe de manera general en el Plan de Desarrollo de la siguiente forma:

El Enclave subxerofítico de Dagua, es otra de las áreas de importancia para su protección ubicado hacia el occidente del municipio, vía al mar, vereda de Atuncela, ecosistema muy particular y único en Colombia, porque las montañas, los valles y los cañones del entorno generaron el fenómeno conocido como “sombra de lluvia”, en el que las laderas exteriores de las montañas que encierran el enclave actúan como “paraguas” interceptando las masas de aire cargadas de humedad. Así, en las laderas exteriores de la vertiente occidental que reciben abundantes lluvias, hay formaciones de selva húmeda tropical, mientras en el valle interior y en las laderas orientales del cañón formado por el río Dagua, las precipitaciones son bajas y crece un bosque muy seco, presentando una flora y fauna que se ha adaptado a dichas condiciones, algunas de estas son especies endémicas de la zona, presentando diversos cactus y matorrales espinosos. (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020, p. 86)



Figura 17. Cabalgatas de fines de semana en Tocotá.

Fotografía Diego Corrales.

Otra de las actividades que realizan los turistas en la zona son las caminatas y la observación de aves. En esta zona se encuentran diferentes especies de colibríes, pájaros carpinteros, loros, bichofues, entre otros. Sin embargo, se ha evidenciado que a las aves se les debe prestar especial atención, dado que los ecosistemas nativos están altamente amenazados (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020). Además, en el enclave subxerofítico hay otros sistemas ecológicos de interés, a los cuales se les debe prestar atención. Estos son:

- Algunas especies de cactus.
- Polinizadores y dispersores de las plantas del enclave. La polinización de la mayoría de las plantas del enclave se da a través de insectos como abejas y abejorros, de aves como el colibrí, o de murciélagos, pues casi todas las plantas de estos ecosistemas tienen flores llamativas para estos grupos de organismos. Como estos organismos son claves para la subsistencia de la vegetación, es indispensable que se mantengan sus sitios de descanso y refugio, como bosques de galería y cañadas.
- Pájaros carpinteros y atrapamoscas. La reducción de la vegetación natural amenaza la viabilidad a largo plazo de algunas especies que se caracterizan por tener poblaciones localizadas en estas zonas y que solo pueden vivir en ecosistemas secos. Tal es el caso del ave carpintero punteado *Picumnus granadensis* y del atrapamoscas apical *Myarchus apicalis*.
- Cactáceas endémicas y amenazadas. La mayor parte de las especies que habitan la parte más plana y seca del enclave se han visto afectadas con los aumentos en las áreas cultivadas.
- Ecotonos. El enclave ofrece gran belleza paisajística. Se encuentran poco por el recorrido de la vía Cali-Buenaventura. Son zonas muy secas con paisajes áridos y bosques húmedos. En especial, la transición entre estos ecosistemas se considera como gran atractivo, tanto por su valor ecológico como por su belleza física (Alcaldía Municipal de Dagua, 2020, pp. 86-87).

Como dato curioso, en la finca La Aurora se ha encontrado un camino de piedra que se está restaurando, el cual, se estima, tiene más de 200 años de antigüedad y servía de tránsito entre la ciudad de Cali y el océano Pacífico. Se dice que fue el camino que tomó Efraín, protagonista de la novela *María*, de Jorge Isaacs, en su regreso a la ciudad de Cali, donde encontró que María había muerto días antes (Muñoz, comunicación personal, 1 de octubre de 2021). En la novela se hace referencia a Tocatá como la zona en donde le habían entregado un hermoso caballo blanco a Efraín para sus últimas tres leguas de viaje entre Dagua y la Cordillera, para descender a Cali por la zona del peñón (Isaacs, 2003). En las figuras que van desde la 18 a la 22 se evidencian aspectos ambientales llamativos de la vereda que hacen que sobresalga como zona turística.

Además de los servicios culturales, se evidencian los servicios ecosistémicos de provisión de alimentos y abastecimiento de agua. Antes de la degradación del suelo, Tocatá se caracterizaba por la siembra de variedad de cultivos de pancoger y por la ganadería, que proveía alimentos a los habitantes de la zona y eran su fuente de sustento, gracias también a los intercambios comerciales. Así mismo, los habitantes de Tocatá destacan la posibilidad que les brinda el territorio de abastecerse de agua para sus múltiples actividades, desde distintas fuentes disponibles (Bastidas; Bravo y Ortega, comunicaciones personales, 2021).



Figura 18. a) Barranquero, pájaro típico de la zona de estudio. b) Inspiración y arte por la naturaleza a través de las estrellas. c) Banco de niebla. d) Río Dagua a su paso por Tocotá. e) Ganadería en Tocotá, como provisión de alimento.

Fotografías de Laura Corrales.

Evaluación y calificación de indicadores para determinar el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos en Tocotá

Para evaluar y calificar los indicadores en Tocotá y determinar el nivel de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos de la vereda, se consultaron a los representantes de la Junta de Acción Comunal, a los del Comité Ambiental de la cuenca alta del río Dagua, y a líderes comunitarios. Con ellos se adelantó el ejercicio de calificar los indicadores para determinar el estado de los servicios ecosistémicos en la localidad. En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con la representación comunitaria.

Para obtener una calificación general del estado de los servicios ecosistémicos para la localidad se calculó el promedio de los resultados individuales, y con base en ellos, se identificaron las acciones a seguir. El resultado general para la vereda fue una calificación de 53 puntos sobre 100 (consultar Tabla 12), lo que se ubica en el rango medio (aceptable).

Tabla 11. Calificación obtenida en la aplicación de la metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos.

Participante	Calificación obtenida	Resultado
Comunidad	45	Media (aceptable)
Junta de Acción Comunal	52	Media (aceptable)
Grupo ambiental	63	Media (aceptable)

Tabla 12. Resultado general de sostenibilidad de los SE en Tocotá.

Calificación de Tocotá según los resultados de sostenibilidad de servicios ecosistémicos:	53	Media
---	----	-------

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la aplicación de la metodología con los promedios para la vereda.

Tabla 13. Resultados de la aplicación de la metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos en Tocotá.

Metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos				
Indicador	Servicio ecosistémico asociado	Forma de calificación	Rango de resultados de sostenibilidad	Calificación según resultado
Siembra de especies nativas	Regulación de la calidad de aire	¿Se hacen siembras periódicas de especies nativas adaptadas a la condición del suelo y clima de la zona?	Sí = 10	Aceptable
	Regulación del clima		A veces = 5	
	Moderación de los eventos extremos		No = 0	
Diversidad de especies de aves	Control de plagas y enfermedades	¿Hay diversidad de especies de aves?	Sí = 10	Alta
	Polinización		Algunas = 5	
	Recreación y ecoturismo		No = 0	
Caza de animales de silvestres	Control de plagas y enfermedades	¿Se hace caza de animales silvestres (ardillas, zarigüeyas, serpientes, etc.)?	No = 10	Aceptable
	Polinización		A veces = 5	
	Recreación y ecoturismo		Sí = 0	

Metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos				
Indicador	Servicio ecosistémico asociado	Forma de calificación	Rango de resultados de sostenibilidad	Calificación según resultado
Variedad de especies de animales silvestres	Control de plagas y enfermedades	¿Identifica si las especies silvestres han aumentado o disminuido en los últimos diez años?	Han aumentado = 10	Aceptable
	Polinización		Está igual = 5	
	Recreación y ecoturismo		Han disminuido = 0	
Reducción de emisiones contaminantes al aire	Regulación de la calidad del aire	¿Se hacen quemadas en la zona?	No = 10	Baja
	Regulación del clima		A veces = 5	
	Recreación y ecoturismo		Sí = 0	
Reducción de emisiones contaminantes por ruido	Regulación de la calidad del aire	¿Cada cuánto se genera exceso de ruido?	Nunca = 10	Baja
	Regulación del clima		Fines de semana = 5	
	Recreación y ecoturismo		Todos los días = 0	
Uso eficiente del agua	Abastecimiento de agua potable	¿Se hace uso eficiente del agua?	Sí = 10	Baja
	Regulación y purificación del agua, y tratamiento de residuos		A veces = 5	
			No = 0	
Disminución de contaminación por vertimiento de aguas residuales	Abastecimiento de agua potable	¿Hay control de la contaminación a través de sistemas de tratamiento de aguas residuales?	Sí = 10	Baja
	Regulación y purificación del agua, y tratamiento de residuos		A veces = 5	
	Recreación y ecoturismo		No = 0	
Disminución de contaminación por tratamiento de aguas residuales	Abastecimiento de agua potable	¿Se hace mantenimiento periódico a los sistemas de tratamiento existentes?	Sí = 10	Baja
	Regulación y purificación del agua, tratamiento de residuos		A veces = 5	
	Recreación y ecoturismo		No = 0	
Disminución de contaminación de fuentes hídricas	Abastecimiento de agua potable	¿El agua de las fuentes de la localidad presenta malos olores?	No = 10	Baja
	Regulación y purificación del agua, y tratamiento de residuos		Algunas veces = 5	
	Recreación y ecoturismo		Sí = 0	
Disminución de contaminación por recolección de residuos sólidos	Recreación y ecoturismo	¿Es suficiente la recolección de residuos una vez a la semana?	Sí = 10	Aceptable
	Abastecimiento de agua potable		No = 5	
			No hay servicio = 0	

Continúa

Metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos				
Indicador	Servicio ecosistémico asociado	Forma de calificación	Rango de resultados de sostenibilidad	Calificación según resultado
Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos	Recreación y ecoturismo	¿Se hace educación sobre disposición de residuos sólidos?	Sí = 10	Aceptable
	Abastecimiento de agua potable		Ocasionalmente = 5	
			No = 0	
Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos residenciales	Regulación de la calidad del aire	¿Cómo se disponen los residuos orgánicos de la vivienda?	Se compostan = 10	Aceptable
	Regulación del clima		Se entierran (más de 20 cm de enterrado) = 9	
	Recreación y ecoturismo		Se disponen a cierta hora y lugar para carro recolector = 5	
	Abastecimiento de agua potable		Se botan en alguna zona pública (vías o quebradas) = 3	
			Se queman = 0	
Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos agrícolas	Regulación de la calidad del aire	¿Cómo se disponen los residuos de cortes de pasto?	Se compostan = 10	Aceptable
	Regulación del clima		Se botan en alguna zona pública (vías o quebradas) = 5	
	Recreación y ecoturismo		Se queman = 0	
	Abastecimiento de agua potable			
Disminución de contaminación por residuos sólidos reciclables	Regulación de la calidad del aire	¿Cómo se disponen los residuos sólidos reciclables (plásticos, papel y vidrio)?	Se reúsan = 10	Aceptable
	Regulación del clima		Se reciclan = 7,5	
	Recreación y ecoturismo		Se disponen a cierta hora y lugar para carro recolector = 5	
	Abastecimiento de agua potable.		Se entierran (más de 20 cm de enterrado) = 2,5	
			Se botan en alguna zona pública (vías o quebradas) = 1	
			Se queman = 0	

Metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos				
Indicador	Servicio ecosistémico asociado	Forma de calificación	Rango de resultados de sostenibilidad	Calificación según resultado
Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos no aprovechables	Regulación de la calidad del aire	¿Cómo se disponen los residuos sólidos no aprovechables?	Se disponen en cierta hora y lugar para carro recolector = 10	Alta
	Regulación del clima		Se entierran (más de 20 cm de enterrado) = 5	
	Recreación y ecoturismo		Se botan en alguna zona pública (vías o quebradas) = 1	
	Abastecimiento de agua potable		Se queman = 0	
Programas de reciclaje	Recreación y ecoturismo	¿Existen programas de reciclaje en la zona?	Sí = 10	Baja
	Abastecimiento de agua potable		Existe pero no funciona = 5	
			No = 0	
Creación y fortalecimiento de grupos ambientales	Recreación y ecoturismo	¿Existen grupos de protección ambiental en la zona?	Sí = 10	Alta
	Abastecimiento de agua potable		Existe pero no funciona = 5	
	Alimentos		No = 0	
	Regulación de la calidad del aire			
Actividades de protección ambiental en la zona	Recreación y ecoturismo	¿Se realizan actividades periódicas de cuidado ambiental?	Sí = 10	Baja
	Abastecimiento del agua potable.		Ocasionalmente = 5	
	Alimentos		No = 0	
	Regulación de la calidad del aire			
	Regulación del clima			

Continúa

Metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos				
Indicador	Servicio ecosistémico asociado	Forma de calificación	Rango de resultados de sostenibilidad	Calificación según resultado
Participación de la comunidad de la zona en actividades de cuidado ambiental	Recreación y ecoturismo	¿Las personas participan de las actividades de protección ambiental?	Sí = 10	Aceptable
	Abastecimiento del agua potable		Algunas veces = 5	
	Alimentos		No = 0	
	Regulación de la calidad del aire			
	Regulación del clima			
Contaminación generada por los servicios ecoturísticos en la zona	Recreación y ecoturismo	¿El turismo está afectando la capacidad de carga de los ecosistemas (capacidad de autorecuperarse de los impactos negativos)?	No = 10 En parte = 5 Sí = 0	Baja
Existencia de actividades impulsadoras de servicios ecoturísticos en la zona	Recreación y ecoturismo	¿Existen actividades recreativas de aventura en la zona (ciclomontañismo, motocross, cabalgatas, recorridos en vehículos 4x4, caminatas, senderismo)?	Sí = 10 Algunas = 5 No = 0	Alta
Existencia de casas de descanso (cambio de vocación de uso del suelo en la zona)	Recreación y ecoturismo	¿Han aumentado o disminuido las casas de recreo o fincas vacacionales?	Ha aumentado = 10 Está igual = 5 Ha disminuido = 0	Alta
Existencia de lugares para alojamiento de turistas	Recreación y ecoturismo	¿Existen lugares de alojamiento campestre (fincas, zonas de campin y glampin, etc.)?	Sí = 10 Son escasos = 5 No = 0	Alta
Producción agropecuaria (cuantificación)	Alimentos	¿Cómo ha evolucionado en los últimos diez años la producción agropecuaria en la zona (cultivos, avicultura, ganadería, piscicultura, etc.)?	Ha aumentado = 10 Se ha mantenido igual = 5 Ha disminuido = 0	Baja
Producción agropecuaria (sustento)	Alimentos	¿Considera que la producción agropecuaria de la zona genera utilidades para el sustento de los productores?	Sí = 10 Insuficientes = 5 No = 0	Baja

Continúa

Metodología de análisis de sostenibilidad de servicios ecosistémicos				
Indicador	Servicio ecosistémico asociado	Forma de calificación	Rango de resultados de sostenibilidad	Calificación según resultado
Producción agropecuaria (autoconsumo)	Alimentos	¿La producción agropecuaria de la zona (pancoger, leche y huevos) es utilizada para el autoconsumo?	Sí = 10	Alta
			Algunas veces = 5	
		Menos de 45: baja	Subtotal: 53,0	Media
		Entre 45-75: media		
		Más de 75: alta		

Acciones para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos

En la Tabla 14 se pueden observar las acciones recomendadas para cada indicador, de acuerdo con el resultado obtenido en la evaluación y calificación de los indicadores.

Tabla 14. Acciones de sostenibilidad recomendadas para la vereda Tocotá.

Acciones transversales para la sostenibilidad		
Indicador y acción de sostenibilidad asociada	Calificación obtenida	Resultado
<p>Fortalecer las capacidades de las comunidades y visitantes para promover actividades sostenibles: turismo sostenible y producción agropecuaria sostenible.</p> <p>Sensibilizar a la población sobre la importancia de disminuir los impactos negativos que generan las actividades humanas: disminución de consumo de productos que generan residuos contaminantes y fomentar el reciclaje y el reúso.</p> <p>Difundir el conocimiento para emprender actividades sostenibles.</p>		
<p>Siembra de especies nativas.</p> <p>¿Se hacen siembras periódicas de especies nativas adaptadas a la condición del suelo y clima de la zona?</p>	6,67 de 10	Acceptable
<p>Acciones de sostenibilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicar productos orgánicos para el control de plagas y malezas. Usar abonos naturales para los cultivos. Promover los semilleros de especies que sean propios de la región. Sembrar cercos vivos con especies nativas. 		
<p>Diversidad de especies de aves. ¿Hay diversidad de especies de aves?</p>	8,33 de 10	Alta
<p>Acciones de sostenibilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> Destinar parte de la producción de árboles frutales para la alimentación de las aves. Propiciar espacios naturales para la reproducción de las mismas. Promover el ecoturismo de avistamiento de aves. 		

Indicador y acción de sostenibilidad asociada	Calificación obtenida	Resultado
Caza de animales de silvestres. ¿Se hace caza de animales silvestres (ardillas, zarigüeyas, serpientes, etc.)?	5 de 10	Aceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fomentar el conocimiento de los animales silvestres y su participación en la regulación ambiental. ▪ Llevar a los niños a que reconozcan los sitios con animales silvestres. 		
Variedad de especies de animales silvestres. ¿Identifica si las especies silvestres han aumentado o disminuido en los últimos diez años?	5 de 10	Aceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fomentar el conocimiento de los animales silvestres y su participación en la regulación ambiental. ▪ Hacer transectos con los niños para verificar las especies vegetales que permiten la vida de los animales. 		
Reducción de emisiones contaminantes al aire. ¿Se hacen quemas en la zona?	3,33 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evitar quemas de residuos sólidos. ▪ Separar los residuos en los hogares y reciclar papel, plástico y vidrio. ▪ Compostar o vermicompostar residuos orgánicos (incluidos los residuos de mantenimiento de jardinería). 		
Reducción de emisiones contaminantes por ruido. ¿Cada cuánto se genera exceso de ruido?	1,67 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar campañas de sensibilización para la disminución del ruido de vehículos, música a volumen alto, entre otros. 		
Uso eficiente del agua. ¿Se hace uso eficiente del agua?	1,67 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir pérdidas de agua por parte de acueductos. ▪ Revisar las instalaciones domiciliarias para detectar daños. ▪ Comprar repuestos de uso común para mantener stock en la comunidad. ▪ Implementar macromedición en el sistema. ▪ Instalar y reparar llaves de agua. ▪ Mantener las llaves cerradas en las viviendas. 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reparar las fugas y reponer las tuberías en mal estado. ▪ Reusar el agua en las viviendas. Por ejemplo, uso de agua de lavadora para limpiar pisos y regar jardines. ▪ Aprovechar el agua de lluvia como fuente alterna. ▪ Realizar estudios para implementar la micromedición en las viviendas. ▪ Mejorar las organizaciones que manejan el abastecimiento de agua. 		
Disminución de contaminación por vertimiento de aguas residuales. ¿Hay control de la contaminación a través de sistemas de tratamiento de aguas residuales?	1,67 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalar sistemas de saneamiento (pueden ser individuales) para tratar la totalidad del agua residual de las viviendas. ▪ Preparar sistemas predeterminados o hacer diseños según las particularidades de cada lugar. El tratamiento debe ser para toda el agua residual y no solo para las aguas de los baños. ▪ Buscar asesoría especializada para los sistemas de saneamiento. 		

Continúa

Indicador y acción de sostenibilidad asociada	Calificación obtenida	Resultado
Disminución de contaminación por tratamiento de aguas residuales. ¿Se hace mantenimiento periódico a los sistemas de tratamiento existentes?	0 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programar mantenimientos periódicos, dependiendo del tamaño y tipo de sistema, y de la cantidad de personas que lo usan. ▪ No arrojar papel sanitario y otros residuos por los baños. ▪ No usar blanqueadores (hipocloritos) para lavado de instalaciones sanitarias. 		
Disminución de contaminación de fuentes hídricas. ¿El agua de las fuentes de la localidad presenta malos olores?	3,33 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar los causantes de los olores. Pueden deberse a descargas directas de aguas residuales o de residuos sólidos; también puede ser por la presencia de lixiviados en las fuentes. ▪ Tomar las acciones necesarias de acuerdo con las causas identificadas. Por ejemplo: tratar las aguas residuales, no arrojar basuras a los ríos, evitar el paso del ganado, aislar las fuentes, hacer mantenimiento a las bocatomas. 		
Disminución de contaminación por recolección de residuos sólidos. ¿Es suficiente la recolección de residuos una vez a la semana?	5 de 10	Aceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilizar a los usuarios sobre la importancia de disponer los residuos en los tiempos establecidos. ▪ Instalar unidades de almacenamiento de residuos sólidos comunitarios con protección y señalización en diferentes puntos de la localidad, pero sobre la vía pública. ▪ Hacer mantenimiento a las unidades de almacenamiento de basuras, evitar el rebosamiento de las unidades y gestionar limpiezas periódicas. 		
Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos. ¿Se hace educación sobre disposición de residuos sólidos?	5 de 10	Aceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestionar capacitaciones ante las instituciones para mejorar la disposición de residuos: capacitaciones sobre reciclaje, reúso, aprovechamiento, etc. 		
Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos residenciales. ¿Cómo se disponen los residuos orgánicos de la vivienda?	6,67 de 10	Aceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Participar en capacitaciones sobre las posibilidades de aprovechar los residuos orgánicos para realizar abonos y compostaje. ▪ Replicar las experiencias de aprovechamiento de residuos. ▪ Vincular a los niños para hacer huertas ecológicas con el compostaje. ▪ Capacitar sobre la producción de vermicompost. 		
Disminución de contaminación por tratamiento en la fuente de residuos orgánicos agrícolas. ¿Cómo se disponen los residuos de cortes de pasto?	6,67 de 10	Aceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Destinar espacios en las viviendas para realizar procesos de compostaje de residuos de pasto y jardinería. El compost puede ser utilizado para el abono de plantas; además, ayuda a mejorar la calidad del suelo. 		

Indicador y acción de sostenibilidad asociada	Calificación obtenida	Resultado
Disminución de contaminación por residuos sólidos reciclables ¿Cómo se disponen los residuos sólidos reciclables (plásticos, papel, vidrio)?	5,83 de 10	Acceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestionar el aprovechamiento de los residuos reciclables. Pueden usarse para generar nuevos productos, utilizarse como recipientes o pueden venderse a empresas que los aprovechan, entre otros. ▪ Realizar campañas de divulgación sobre para la separación de residuos reciclables y su aprovechamiento. 		
Disminución de contaminación por disposición de residuos sólidos no aprovechables. ¿Cómo se disponen los residuos sólidos no aprovechables?	10 de 10	Alta
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestionar campañas para el manejo y la recolección de residuos peligrosos. ▪ Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de disponer adecuadamente los residuos peligrosos. 		
Programas de reciclaje. ¿Existen programas de reciclaje en la zona?	3,33 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestionar programas de reciclaje (separación y aprovechamiento de residuos). ▪ Buscar apoyo en entidades como la CVC y la UMATA, que promueven el reciclaje de los residuos. 		
Creación y fortalecimiento de grupos ambientales. ¿Existen grupos de protección ambiental en la zona?	10 de 10	Alta
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivar la participación comunitaria en grupos de protección ambiental y promover jornadas de protección ambiental. 		
Actividades de protección ambiental en la zona. ¿Se realizan actividades periódicas de cuidado ambiental?	3,33 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar jornadas de cuidado ambiental: siembra de árboles, limpieza de ríos, recolección de basuras, instalación de aislamientos con cercos vivos, etc. ▪ Hacer reconversión de sistemas productivos a sistemas sostenibles de producción. 		
Participación de la comunidad de la zona en actividades de cuidado ambiental. ¿Las personas participan de las actividades de protección ambiental?	6,67 de 10	Acceptable
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover la participación de otras personas en las actividades de protección ambiental. ▪ Hacer invitaciones llamativas para motivar la participación. ▪ Celebrar en comunidad los días mundiales relacionados con la naturaleza: Día del Agua, Día de la Tierra, Día de los humedales, etc. ▪ Recorrer las microcuencas con grupos comunitarios. 		
Contaminación generada por los servicios ecoturísticos en la zona. ¿El turismo está afectando la capacidad de carga de los ecosistemas (capacidad de auto-recuperarse de los impactos negativos)?	3,33 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover el ecoturismo mediante el uso eficiente del agua y el ahorro del agua y de energías sostenibles. ▪ Evitar la caza de fauna silvestre. ▪ Disponer adecuadamente de los residuos sólidos. ▪ Contar con sistemas de saneamiento en correcto funcionamiento ▪ Evitar las fogatas. 		

Indicador y acción de sostenibilidad asociada	Calificación obtenida	Resultado
Existencia de actividades impulsadoras de servicios ecoturísticos en la zona. ¿Existen actividades recreativas de aventura en la zona (ciclomontañismo, motocross, cabalgatas, recorridos en vehículos 4x4, caminatas, senderismo)?	10 de 10	Alta
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortalecer las capacidades organizativas de la comunidad para ofrecer actividades turísticas sostenibles. Por ejemplo: señalar actividades permitidas y prohibidas, establecer senderos para caminatas y sitios de avistamiento de aves, calcular la cantidad de turistas que puede soportar el territorio por periodo de tiempo, fijar lugares de disposición de residuos sólidos y sistemas de saneamiento, entre otros. 		
Existencia de casas de descanso (cambio de vocación de uso del suelo en la zona). ¿Han aumentado o disminuido las casas de recreo o fincas vacacionales?	10 de 10	Alta
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Velar por el cumplimiento de lo establecido en el EOT y la autoridad ambiental. 		
Existencia de lugares para alojamiento de turistas. ¿Existen lugares de alojamiento campestre (fincas, zonas de campin y glampin, etc.)?	10 de 10	Alta
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortalecer las capacidades organizativas de la comunidad para ofrecer actividades turísticas sostenibles. Por ejemplo: señalar actividades permitidas y prohibidas, establecer senderos para caminatas y sitios de avistamiento de aves, calcular la cantidad de turistas que puede soportar el territorio por periodo de tiempo, fijar lugares de disposición de residuos sólidos y sistemas de saneamiento, entre otros. 		
Producción agropecuaria (cuantificación). ¿Cómo ha evolucionado en los últimos diez años la producción agropecuaria en la zona (cultivos, avicultura, ganadería, piscicultura, etc.)?	0 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecer sistemas productivos sostenibles, sistemas agropastoriles y agroforestales, cultivos orgánicos y actividades que disminuyan el uso de químicos en el suelo y su deterioro. 		
Producción agropecuaria (sustento). ¿Considera que la producción agropecuaria de la zona genera utilidades para el sustento de los productores?	3,33 de 10	Baja
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover los sistemas agropastoriles y agroforestales que permitan la producción de ganado y otros productos (como árboles frutales que acompañan estos sistemas) y generen menor impacto ambiental en el suelo, y demás recursos asociados. ▪ Cultivar variedad de cultivos. La pluralidad de cultivos facilita la soberanía alimentaria, el autosustento y es más amigable con el suelo y con otros recursos naturales. 		
Producción agropecuaria (autoconsumo). ¿La producción agropecuaria de la zona (pancoger, leche y huevos) es utilizada para el autoconsumo?	8,33 de 10	Alta
Acciones de sostenibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potenciar la producción de productos locales. ▪ Fortalecer la asociatividad para comercializar los productos locales. ▪ Hacer capacitaciones en emprendimientos para la asociatividad, legalidad, comercialización, productividad, contabilidad, etc. 		

Adicionalmente, se estimó el estado de los servicios ecosistémicos de acuerdo con los resultados de los indicadores, gracias a la asociación de cada uno con uno o varios servicios ecosistémicos. La Tabla 15 muestra el estado de los servicios ecosistémicos al asociarlos con las situaciones que afectan a los ecosistemas que los proveen. Se observa que su calificación fue media, con excepción del servicio de regulación y purificación del agua y el de tratamiento

de residuos, que mostró un nivel bajo (en el caso del primero), probablemente por la percepción de la comunidad en cuanto a la insuficiencia del servicio de agua (quizá por una deficiente capacidad instalada), la falta de tratamiento del recurso y deficiencias en su administración; sin contar la ausencia de control de la administración municipal, de la autoridad ambiental y de los mismos propietarios de predios de los sistemas de tratamiento de agua residual.

Tabla 15. Resultado de sostenibilidad de servicios ecosistémicos analizados en la vereda Tocotá.

Servicio ecosistémico	Total de indicadores que se asocian con el servicio ecosistémico	Calificación del servicio ecosistémico	Calificación según resultado
Abastecimiento de agua potable	15	48	Media
Alimentos	6	53	Media
Control de plagas y enfermedades	3	61	Media
Moderación de los eventos extremos	1	67	Media
Polinización	3	61	Media
Recreación y ecoturismo	22	56	Media
Regulación de la calidad del aire	10	61	Media
Regulación del clima	7	70	Media
Regulación y purificación del agua, y tratamiento de residuos	5	27	Baja

Conclusiones

La provisión de servicios para las personas por parte de los ecosistemas siempre será un beneficio para la sociedad en general. Además de los servicios de soporte, regulación y aprovisionamiento, se pueden disfrutar servicios que promueven el bienestar emocional y espiritual de las personas. No obstante, ese aprovechamiento de los SE puede generar impactos que menoscaban su sostenibilidad con el paso del tiempo, afectando a las comunidades en donde se generan, a quienes los disfrutan y a las generaciones futuras.

Para evaluar la sostenibilidad de los ecosistemas y sus servicios es necesario identificarlos, lo que permite conocer los usos que se dan a los ecosistemas. Es bueno identificarlos todos, pero si no es posible, al menos los más significativos, en términos de mayor demanda y peor impacto. También es importante caracterizar los SE identificados, que son: cantidad, calidad, ubicación, estado, demanda y demás factores que sea posible medir de cada servicio. Posteriormente, hay que implementar acciones de manera urgente para contribuir con la sostenibilidad de los SE, dependiendo de la evaluación del estado que se haga de los mismos. Si el estado de SE identificado es malo, se debe tomar acciones para su mejoramiento, pero si el estado es bueno, también hay que tomar medidas para continuar con ese rendimiento o mejorarlo aún más.

La evaluación de servicios ecosistémicos debe contemplar la participación de las comunidades. De hecho, también puede ser realizada por miembros de la comunidad. Las personas que más conocen un territorio son aquellas que lo habitan o tienen cercanía con el mismo. Así mismo, las acciones a tomar pueden ser de índole comunitaria, con los recursos y conocimiento que hay en el territorio. Así como son importantes las medidas de tipo técnico, también lo son las acciones relacionadas con la gestión del conocimiento y la educación. El ambiente debe estar protegido por acciones estatales, ya que los recursos que el estado debe aportar son fundamentales para su conservación. Aun con todo lo dicho, se reitera que desde las comunidades se

pueden tomar acciones para su cuidado y protección, pero es necesario darles herramientas para hacerlo.

Las actividades que aprovechan los servicios culturales de los ecosistemas, como el turismo, no solo afectan las posibilidades de aprovechamiento de estos mismos servicios por otras personas, sino que también tienen implicaciones en la calidad y cantidad de otros SE que pueden generarse en una localidad. Para el caso de Tocatá, el consumo de servicios para la recreación y el turismo está generando contaminación de diferentes maneras y por motivos tales como residuos sólidos, polución en las fuentes de agua, en el aire, entre otros; lo que disminuye las posibilidades de provisión de alimentos y medios de sustento para la población local. De acuerdo con esta propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, el estado de los servicios ecosistémicos evaluados en Tocatá resultó ser medio, lo que significa que los

ecosistemas están en condiciones aceptables, pero que tienen algún grado de deterioro que es necesario resolver en aras de su conservación.

El servicio ecosistémico con mayor grado de alteración es el de regulación y purificación del agua, y el de tratamiento de residuos, principalmente por la contaminación de las aguas. También se evidencia que para la comunidad de la vereda la producción de alimentos como servicio ecosistémico está en un estado de conservación bajo, pero los servicios ecoturísticos están en un estado alto, lo que explica el cambio de vocación de uso del suelo que ha vivido la población en la última década, desde la agricultura hacia el turismo. Este cambio de vocación de uso de la tierra ha generado cambios de comportamiento en la población habitante de la zona, y se evidencia que la población joven no desea participar de las actividades agrícolas, sino que desean emplearse en labores de comercio o de transporte público (en moto para ser más exactos).

Referencias

- Acuerdo 004 [Concejo Municipal de Dagua]. Por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el municipio de Dagua "Dagua Pacífico 2001-2010": 28 de mayo de 2002.
- Alcaldía Municipal de Dagua. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023: Apostemos todos a crecer por Dagua 2020-2023*. <https://www.dagua-valle.gov.co/politicas-y-lineamientos/plan-de-desarrollo-municipal-apostemos-todos-a-crecer>
- Álvarez, C. F., Álvarez, E., Ajiaco, R. E., Buitrago, L., Ortíz, R., Gonzalez, M., Herrera, G., Laverde, O., Maldonado, J., Plata, C., Rosselli, L., Sanjuan, T. y Uribe, S. (2019). *Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de Colombia* [Documento borrador]. Instituto Humboldt.
- Bedoya, M. A., Cerón, V., González, A., González, V., Puyana, M., Rincón, A., Ruíz, D., Trilleras, J. y Vargas, A. (2019). Contribuciones de la naturaleza para la gente. En *Evaluación nacional de biodiversidad y servicios ecosistémicos: Borrador Dos (SOD)* (cap. 3). Instituto Humboldt. <http://www.humboldt.org.co/images/ipbesco/evaluacion/capitulo3.pdf>
- Benavides, S. (2020). El aporte del turismo a la economía costarricense: más de una década después. *Economía y Sociedad*, 25(57), 1-29. <http://dx.doi.org/10.15359/eyes.25-571>
- Borja, A., Bricker, S., Dauer, D., Demetriades, N., Ferreira, J., Forbes, A., Hutching, P., Jia, X., Marques, J. y Zhu, C. (2009). Ecological integrity assessment, ecosystem based approach, and integrative methodologies: Are these concepts equivalent? *Marine Pollution Bulletin*, 58(3), 457-458.
- Braat, L. y de Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda: Bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 1(1), 4-15.
- Camacho, V. y Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio Ciencias*, 1(4), 3-15.
- Caro, C. y Torres, M. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *Orinoquia*, 19(2), 237-252.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M. y Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: Resilience of what to what? *Ecosystems*, 4(8), 765-781.

- Carvajal-Oses, M., Herrera-Ulloa, A., Valdés-Rodríguez, B., y Campos-Rodríguez, R. (2019). Manglares y sus Servicios Ecosistémicos: hacia un Desarrollo Sostenible. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 277-290. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n2.80639>
- Common International Classification of Ecosystem Services. (2021). *CICES Version 5.1: News V5.1 Update*. <https://cices.eu/>
- Constitución Política de Colombia [Const.]. Art. 79. 20 de julio de 1991 (Colombia).
- Constitución Política de Colombia [Const.]. Art. 80. 20 de julio de 1991 (Colombia).
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2015). *Portafolio de Estrategias para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: Municipio de Dagua. Valle del Cauca*. <https://tinyurl.com/237galey>.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2019). *Boletín de actos administrativos ambientales*. <https://tinyurl.com/25mmdgus>.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2021). *Visor geográfico avanzado*. https://geo.cvc.gov.co/visor_avanzado
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Fundación Universidad del Valle. (2013). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Cerrito*. <https://tinyurl.com/2482f3go>.
- Corrales, S. M. y Restrepo Tarquino, I. (2021). *Lineamientos de política de uso del agua para las actividades productivas de subsistencia en la zona rural andina*. Universidad del Valle.
- Costanza, R. y Daly, H. E. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6(1), 37-46.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Pa-ruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., van den Belt, H. y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, (387), 253-260.
- Creando Redes. (31 de octubre de 2022). ¿Cuántos y cuáles son los servicios ecosistémicos? <https://tinyurl.com/2536jwcr>.
- Daily, G. C. (1997). Introduction: What are ecosystem services? En G. C. Daily (ed.), *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press.
- Datta, D., Guha, P. y Chattopadhyay, R. (2010). Application of criteria and indicators in community based sustainable mangrove management in the Sunderbans, India. *Ocean & Coastal Management*, 53(8), 468-477.
- Datta, D., Chattopadyay, R. y Guha, P. (2012). Community based mangrove management: A review on status and sustainability. *Journal Environmental Management*, 107(30), 84-95.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021). *Geoportal interactivo. Geovisor de Consulta del Nivel de Referencia de Veredas - 2020*. Recuperado el 20 de noviembre de 2022, de <https://geoportal.dane.gov.co/veredas.html>
- de Groot R. S., Wilson, M. y Boumans, R. (2002). A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 367-567.
- De la Barrera, F., Bachmann-Vargas, P. y Tironi, A. (2016). La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. *Investigaciones Geográficas*, 50(50), 3-18. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2015.41171>
- Decreto 1076 de 2015 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015. Diario Oficial n.º 49 523.
- Decreto 2811 de 1974 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 18 de diciembre de 1974. Diario Oficial n.º 34 243.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K., Baste, I., Brauman, K., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P., van Oudenhoven, A., van der Pla-at, F., Schröter, M., Lavorel, S.,...Shirayama, Y. (2018a). Assessing nature's contributions of people. *Science*, 359(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson R., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K., Baste, I., Brauman, K., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P., van Oudenhoven, A., van der Pla-at, F., Schröter, M., Lavorel, S.,...Shirayama, Y. (2018b). Supplementary Material for Assessing nature's contributions

- to people. *Science*, 359(6373). <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>.
- Díaz Balteiro, L y Romero López, C. (17 de abril de 2021). *¿Cómo se mide la sostenibilidad de los ecosistemas?* Elmostrador. <https://tinyurl.com/24myedsm>.
- Encuesta de hogares Tocotá: Dagua*. (2020). Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2003). *Informe de síntesis*. <https://tinyurl.com/28pjhq9w>.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. A report of the Millennium Ecosystems Assessment*. Island Press.
- Egoh, B., Rouget, M., Reyers, B., Knight, A. T., Cowling, M R., van Jaarsveld, A. S. y Welz, A. (2007). Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review. *Ecological Economics*, 63(4), 714-721.
- Eppinga, M., Scisciolo, T. y Mijts, E. (2019). Environmental science education in a small island state: Integrating theory and local experience. *Environmental Education Research*, 25(3), 1004-1018.
- Flores, A., Aguilar, M., Reyes, H. y Guzmán, M. G. (2018). Gobernanza ambiental y pagos por servicios ambientales en América Latina. *Sociedad y Ambientes*, (16), 7-31.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. y Holling, C. S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematic*, 35(1), 557-581.
- Fonseca Carreño, N. y Vega Baquero, Z. (2018). Propuesta de indicadores para evaluar la sostenibilidad en agro ecosistemas agrícolas ganaderos en la región del Sumapaz. *Revista Pensamiento Udecino*, 2(1). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/301/3011428004/html>
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Serie. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5763>
- Glaser, M., Krause, G., Oliveira, R. y Fontalvo-Herazo, M. (2010). Mangroves and people: A social-ecological system. En: U Saint-Paul y H. Schneider (Eds.), *Mangrove dynamics and management in North Brazil, Ecological Studies (Analysis and Synthesis)* (pp. 307-351). Springer.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C. y Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1), 13-23. <https://tinyurl.com/2yrxju8j>.
- Gómez, T. (2020). *Aproximación al estado de conocimiento de la valoración social de servicios ecosistémicos y valoraciones comunitarias de la ciénaga el Llanito como estudio de caso* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/51678>.
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L. y Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), 1209-1218.
- Haines-Young, R. y M. B. Potschin. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. Fabis Consulting. <https://tinyurl.com/2ypl-9hm9>.
- Hak, T., Janoušková, S., Moldan, B. y Dahl, B. (2018). Closing the sustainability gap: 30 years after "Our Common Future", society lacks meaningful stories and relevant indicators to make the right decisions and build public support. *Ecological Indicators*, 87, 193-195.
- Hawkins K. (2003). *Economic valuation of ecosystem services*. University of Minnesota.
- Heal, G. (2001). *Nature and the Marketplace: Capturing The Value Of Ecosystem Services*. The University of Chicago Press. <https://tinyurl.com/25tugxj5>.
- Hildyard, H., Sexton, S. y Lohman, L. (1993). *Carrying capacity, overpopulation and environmental degradation*. The Corner House. <https://tinyurl.com/29tj65bp>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). *Guía para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia* (2.ª versión). https://pricc-co.wdfiles.com/local--files/documentos-referencia/2010_IDEAM_Guia_Cuencas.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). *Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia*. <https://www.andi.com.co/Uploads/RADIACION.compressed.pdf>

- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2017). *Update on the classification of nature's contributions to people by the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. <https://tinyurl.com/2cavg4s3>.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *Summary for policy-makers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. <https://www.ipbes.net/global-assessment>.
- Isaacs, J. (2003). *María*. Biblioteca Virtual Universal. <https://biblioteca.org.ar/libros/70959.pdf>
- James, G., Adegoke, J., Osagie, S., Ekechukwu, S., Nwilo, P. y Akiyede, Y. (2013). Social valuation of mangrove in the Niger Delta region of Nigeria. *International Journal of Biodiversity Science Ecosystems Services & Management*, 9(4), 311-323.
- Karis, C. M., Mujica, C. M. y Rosana, F. (2019). Indicadores ambientales y gestión urbana: relaciones entre servicios ecosistémicos urbanos y sustentabilidad. *Cuaderno Urbano*, 27(27), 9-26.
- Karis, C. y Ferraro, R. (2017). Identificación de la infraestructura verde y azul en la ciudad de Mar del Plata. *Revista I+A*, 20(19), 187-206.
- Kremen, C. (2005). Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, 8(5), 68-479.
- Kulczyk, S., Woźniak, E. y Derek, M. (2017). El papel del concepto de los servicios ecosistémicos en los estudios de turismo. En B. Lisocka-Jaegermann, Z. Piotrowska y K. Ząbecki (Eds.), *La vulnerabilidad socioeconómica y ambiental en el contexto local y regional* (pp. 265-280). Universidad de Varsovia. <https://tinyurl.com/2cewzf85>.
- Kusmana, C. (2015). Integrated sustainable mangrove forest management. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 5(1), 1-6.
- Labor de la Comisión de Estadística en relación con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. (s. f.). *Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://tinyurl.com/2dp2t6k9>.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993. Diario Oficial n.º 41 146.
- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. 11 de julio de 1994. Diario Oficial n.º 41 433.
- Lockwood, H. y Smits, S. (2011). *Supporting Rural Water Supply: Moving towards a Service Delivery Approach*. Practical Action Publishing.
- López, O. (2021). *Circular 13 de 11 de octubre de 2021*. Institución Educativa Cristóbal Colón.
- Luffiego García, M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Historia y Epistemología de las Ciencias*, 18(3), 473-486.
- Martín-López, B. y Montes, C. (2011). Biodiversidad y servicios de los ecosistemas. En P. Álvarez-Uría (ed.), *Biodiversidad en España: Base para la sostenibilidad ante el cambio global* (pp. 444-504). Mundiprensa. <https://tinyurl.com/28klldwt>.
- Meadows, D. (1972). *Los límites del crecimiento: Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Fondo de Cultura Económica.
- Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. y Schroter, D. (2006). *The vulnerability of ecosystem services to land use change. Agriculture Ecosystems and Environment*, 114(1), 69-85.
- Mina, J. E. (2012). *Plan de gestión 2012-2015*. Hospital José Rufino Vivas de Dagua. <https://tinyurl.com/287kmg5q>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. <https://tinyurl.com/27uu5d9a>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Ventanillas de Negocios Verdes*. <https://tinyurl.com/2ywwt48v>.
- Montes C. (2007). Del desarrollo Sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas*, 16(3), 1-3.
- Montico, S., Di Leo, N., Bonel, B. y Denoia, J. (2019). Cambios del uso de la tierra en la cuenca del arroyo

- Ludueña, Santa Fe: impacto en la sostenibilidad y en los servicios ecosistémicos. *Cuadernos del Curiham*, 25, 31-39.
- Morales Aymerich, J. P. (2011). La capacidad de carga: conceptos y usos. *Recursos Naturales y Ambiente*, 63, 47-53.
- Nahuelhual, L., Lattera, P. y Barrena, J. (2016). *Indicadores de servicios ecosistémicos: Una revisión y análisis de su calidad*. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <https://tinyurl.com/284eq3qn>.
- Olander, L., Johnston, R., Tallis, H., Kagan, J., Maguire, L., Polaski, S., Urban, D., Boyd, J., Wainger, L. y Palmer, M. (2018). Benefit relevant indicators: Ecosystem services measures that link ecological and social outcomes. *Ecological Indicators*, 85(8), 1262-1272.
- Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <https://tinyurl.com/2xu3rkf9>.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Programa 21*. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>
- Organización de las Naciones Unidas. (2000). *Declaración del milenio*. <https://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainable-development/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es>
- Región Administrativa y de Planificación del Pacífico. (2020). *Servicios ecosistémicos: Una oportunidad para el desarrollo sostenible de la Región Pacífico*. <https://tinyurl.com/27plrfx9>.
- Restrepo Tarquino, I. (2019). *Proyectos para el cumplimiento de los ODS: Una visión desde el mundo en desarrollo*. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Reyes Paecke, S. y Figueroa Aldunce, I. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Eure*, 36(109), 89-110.
- Rincón-Ruiz A, Echeverry-Duque M, Piñeros A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo P. y Zuluaga P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto Humboldt.
- Ríos-Osorio, L., Cruz-Barreiro, I., y Welsh-Rodriguez, C. (2013). Chapter 2: The concept of sustainable development from an ecosystem perspective: history, evolution, and epistemology. En A. Yañez-Arancibia, R. Dávalos-Sotelo, J. Day y E. Reyes (eds.), *Ecological Dimensions for Sustainable Socio Economic Development* (pp. 29-46). WIT Press.
- Rodríguez-Loinaz, G., Alonso, M. M., Butrón, A. y Onaindia, M. (2019). *Indicadores de servicios de los ecosistemas: Herramienta para la sostenibilidad municipal*. IV Jornadas para la Educación para la Sostenibilidad de Euzkadi. https://issuu.com/ingurumena/docs/08_rodriguez
- Rodríguez, L. C. y Ríos-Osorio, L. A. (2016). Evaluación de sostenibilidad con metodología GRI. *Dimensión Empresarial*, 14(2), 73-89.
- Sachs, J. (2014). *La era del desarrollo sostenible*. Ediciones Deusto.
- Salas, W., Ríos, L. y Álvarez, J. (2012). Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad. *Revista Lassallista de Investigación*, 8(2), 136-142.
- Salas, W. A. y Ríos, L. A. (2013). Ciencia de la sostenibilidad, sus características metodológicas y alcances en procesos de toma de decisiones. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(1), 101-112.
- Sánchez Fernández, G. (2009). *Análisis de la sostenibilidad agraria mediante indicadores sintéticos: Aplicación empírica para sistemas agrarios* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <http://oa.upm.es/5018/>
- Sarandón, S. (2014). El agroecosistema: un ecosistema modificado. En S. Sarandón y C. Flores (eds.), *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (pp. 100-130). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Schröter, M., van der Zanden, E., van Oudenhoven, A., Remme, R., Serna-Chavez, H., de Groot, R. y Opdam, P. (2014). Ecosystem Services as a Contested Concept: a Synthesis of Critique and Counter-Arguments. *Conservation Letters*, 7(6), 514-523. <https://doi.org/10.1111/conl.12091>

- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2004). *Enfoque por ecosistemas: Directrices del CDB*. <https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-es.pdf>
- Silva-Rivera, E., Vergara Tenorio, M. y Rodríguez-Luna, E. (2012). *Casos exitosos en la construcción de ciudades sustentables*. Universidad Veracruzana.
- Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología* (6.ª ed.). Pearson Educación.
- Smits, S., Tamayo, P., Ibarra, V., Rojas, J., Benavidez, A. y Bey, V. (2012). *Gobernanza y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento rurales en Colombia*. Banco Intermediario de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gobernanza-y-sostenibilidad-de-los-sistemas-de-agua-potable-y-saneamiento-rurales-en-Colombia.pdf>
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Capacidad de carga de un ecosistema*. http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/capacidad_de_carga_de_un_ecosistema
- Tanner, M., Moity, N., Costa, M., Marín, J., Aburto Oropeza, O. y Salinas de León, P. (2019). Mangroves in the Galapagos: Ecosystem services and their valuation. *Ecological Economics*, 160, 12-24.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). *Incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza: Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB*. <https://tinyurl.com/24facjln>.
- Uribe, H. (2014). Expansión cañera en el Valle del Cauca y resistencias comunitarias (Colombia). *Revista Ambiente y Sostenibilidad*, (4), 16-30.
- Vande Velde, K., Hugé, J., Friess, D., Koedam, N. y Dahdouh-Guebas, F. (2019). Stakeholder discourses on urban mangrove conservation and management. *Ocean & Coastal Management*, 178(2), 1-11.
- Vanderwalle, M., Sykes, M. T., Harrison, P. A., Luck, G. W., Berry, P., Bugter, R., Dawson, T. P., Feld, C. K., Harrington, R., Haslett, J. R., Hering, D., Jones, K. B., Jongman, S., Lavorel, S., Martins da Silva, P., Moora, M., Paterson, J., Rounsevell, M. D. A., Sandin, L.... Zobel, M. (2008). *Review paper on concepts of dynamic ecosystems and their services*. The Rubicode Project. <https://tinyurl.com/276ajca8>.
- Vega, R. (2016). Servicios ambientales y ecosistémicos: conceptos y aplicaciones en Costa Rica. *Puentes*, 13(2), 1-5.
- Weilhoefer, C. L. (2011). A review of indicators of estuarine tidal wetland condition. *Ecological Indicators*, 11(2), 514-525.
- World Wildlife Fund. (6 de marzo de 2018). *Glosario ambiental: Servicios ecosis... ¿qué?* <http://www.wwf.org.co/?uNewsID=324210>
- Yáñez-Arancibia, A., Day, J., Willey, R. y Day, R. (2010). Los manglares frente al Cambio Climático: ¿tropicalización global del Golfo de México? En A. Yáñez-Arancibia (ed.), *Impactos del cambio climático sobre la zona costera* (pp. 92-126). Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Zarta Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, 28, 409-423.

Anexos

Anexo 1. Formato de encuesta

FORMATO DE ENCUESTA PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO DAGUA



En marco del proyecto postdoctoral “Estrategia de sostenibilidad socioeconómica de los servicios ecosistémicos de la cuenca alta del río Dagua” adelantado por Silvia Milena Corrales Marín, en la Universidad del Valle, se está recopilando información sobre los servicios ecosistémicos de la cuenca alta del río Dagua, para crear una estrategia para contribuir con su sostenibilidad.

1. Fecha: _____
2. Nombre del encuestado: _____
3. Sexo F____ M ____
4. Ocupación del encuestado: _____
5. ¿Hace cuánto tiempo vive en Tocotá? _____
6. ¿Sabe cuántas viviendas hay en Tocotá? _____
7. De las viviendas que hay en la zona, ¿Cuántas son casas de recreo y cuántas son habitadas la totalidad del tiempo?
Casas de recreo: _____ Casas habitadas todo el tiempo: _____
8. ¿Cuánta población tiene Tocotá? _____ Permanente: _____ Flotante: _____
9. ¿Sabe cuánta gente visita la zona en fines de semana y vacaciones? _____
10. Esta es una zona que recibe muchos turistas. ¿Por qué creen que van los turistas a la zona? ¿Qué cree que llama la atención de la gente de Tocotá que la lleva a visitar la zona?

11. ¿Qué cosas han cambiado en la localidad (paisaje, cantidad de población, infraestructura, etc.) durante los últimos 15 años? ¿Cómo era antes y cómo es ahora?

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios que obtienen las personas de la naturaleza. Por ejemplo, el agua se convierte en servicio ecosistémico cuando sirve para abastecer la población. Las aves se convierten en servicio ecosistémico cuando son atractivos para hacer avistamiento.



12. ¿Cuáles de los servicios ecosistémicos que identifica son los que más se reconocen en la zona?

13. ¿Qué debería hacerse para conservar y evitar el deterioro de los servicios ecosistémicos de Tocotá?

Teléfono de contacto: _____
Correo electrónico de contacto: _____

Anexo 2. Entrevistas realizadas

Bastidas, Gentil (5 de octubre de 2021). Agricultor y guadañador.

Bravo, Alba Ruth (1 de octubre 2021). Vicepresidenta de ASOTOCOTA.

Correa P., Yazmina (31 de agosto de 2021). Arquitecta jubilada y finquera.

Correa, Margarita (23 de agosto de 2021). Comerciante de la tienda El Crucero Tocatá, Hogar.

Flórez, Rubén Plutarco. (11 de octubre de 2021). Profesional universitario de la Oficina de Planeación Municipal, Alcaldía de Dagua.

Gómez, Jhon Jairo (5 de octubre de 2021). Mayordomo de finca, ganadero lechero, productor de queso.

Guerrero, Bertha Eugenia (26 de octubre de 2021). Miembro del Comité de Deportes de la Junta de Acción Comunal.

Mesa, William (31 de agosto de 2021). Químico y propietario de la finca en parcelación La Castilla.

Muñoz Portillo, Jesús Alejo (1 de octubre de 2021). Maestro de obra y agricultor.

Ortega, Jaime (23 de agosto de 2021). Fontanero, miembro de ASOTOCOTA y fontanero del acueducto de la parcelación La Castilla.

Ortega, Jorge (23 de agosto de 2021). Presidente de la Junta de Acción Comunal, comerciante y propietario de la ferretería La Clave (ubicada en el Crucero de Tocatá).

Rosero, Howard (11 de octubre de 2021). Técnico Ambiental que atiende la zona que va de Tocatá hasta la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

Sánchez, Alexander (25 de agosto de 2021). Comerciante de verduras en Cali, propietario de una tienda ubicada en el límite entre Tocatá y BenHur.

Anexo digital

Anexo 3. Nota de política que sirve de protocolo para la aplicación de la metodología de sostenibilidad de los servicios ecosistémicos.



Compiladores

Silvia Milena Corrales Marín

Desde el 2005 está vinculada con grupos de investigación del Instituto Cinara y es investigadora en proyectos de investigación relacionados con usos múltiples del agua, modelos de gestión del agua, lineamientos de política pública, valoración económica ambiental, producción más limpia, servicios ecosistémicos, entre otros. Economista, magíster en Políticas Públicas y doctora en Ciencias Ambientales de la Universidad del Valle.

Inés Restrepo Tarquino

Profesora del Instituto Cinara de la Universidad del Valle. Ingeniera sanitaria y magíster en Ingeniería de Sistemas (sistemas ambientales). Doctora en Ingeniería de la Universidad de Leeds, Inglaterra.

Diego Fernando Corrales Marín

Representante de Dels Soluciones, una empresa de construcción comprometida con la sostenibilidad. Ingeniero civil, con experiencia en obras civiles y consultoría de estudios ambientales.



Programa ditorial

**Vicerrectoría de
Investigaciones**

Universidad del Valle
Campus Meléndez
Calle 13 N° 100-00, Cali

Tfons.: (57) 602 3212227 | 602 3212100 ext. 7687
Edificio Administración Central E01, espacio 1001
<https://programaeditorial.univalle.edu.co>
programa.editorial@correounivalle.edu.co

    | [programaeditorialunivalle](https://programaeditorialunivalle.edu.co)