

Diseño de un esquema de compensación por servicios ambientales para la cuenca del río Meléndez en el Municipio de Santiago de Cali, Colombia

Design of a compensation scheme for environmental services for the basin of the Melendez River in the municipality of Cali, Colombia

Ángela María Salazar Mancipe¹

DOI: <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.167>

Recibido: 20-04-2015 Aceptado: 26-11-2015

RESUMEN

La compensación por servicios ambientales –CSAH se utilizó como herramienta para solucionar o mitigar las variaciones de los caudales del río Meléndez, ocasionadas por el deterioro de la cobertura boscosa en la parte alta y media de la cuenca. El objetivo del estudio fue desarrollar una fórmula para definir el valor a compensar a los propietarios y poseedores de zonas de interés, en función de los atributos y características ambientales de los predios. Mediante la aplicación de una fórmula matemática se determinó el valor a compensar por los servicios ambientales por hectárea, a partir de la estimación de un precio base y en función de las condiciones ideales de los predios, para garantizar la regulación hídrica: a) presencia de quebradas, b) existencia de franja de protección, c) presencia de fuentes de agua, d) condiciones del suelo, e) sistemas productivos. El valor a compensar por año se encuentra entre un mínimo de \$367.748 y un máximo de \$735.496 (precios de 2015), que equivale al costo de oportunidad estimado en función de los cuatro principales cultivos en la parte alta y media de la cuenca. Estos resultados enfatizan la viabilidad de hacer de la compensación por servicios ambientales, un ejercicio que garantice la conservación de las cuencas que abastecen de agua a la población, aguas abajo.

Palabras clave: servicios ambientales; agua; caudal; regulación; cuenca.

ABSTRACT

CSAH - compensation for environmental services was used as a tool to solve or mitigate changes in the flow rates of the Melendez river, caused by the deterioration of forest cover in the upper middle part of the basin. The aim of this study was to develop a formula to set the value to compensate the owners and holders, depending on the attributes and environmental characteristics of the premises. By applying a mathematical formula the value determined to compensate for environmental services per hectare from the estimate of a base price and according to the ideal conditions of the premises to ensure water regulation: a) presence of streams b) existence of a buffer zone, c) presence of water sources, d) soil conditions, e) production systems. The offset value per year is between a minimum of \$367,748 and a maximum of \$735,496 (2015 prices), equal to the cost of opportunity estimated based on the four main crops in the upper and middle basin. These results emphasize the feasibility of compensation for environmental services, an exercise that will ensure conservation of watersheds that supply water to the population downstream.

Keywords: environmental services; water; flow; regulation; basin; buffer zone.

¹. Colombiana. Maestría en Educación ambiental y desarrollo sostenible, docente Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de San Buenaventura – Seccional Cali, Colombia. Correo electrónico: amsalazar2@usbcali.edu.co

INTRODUCCIÓN

La situación actual de la cuenca del río Meléndez, localizada en el municipio de Santiago de Cali, es la muestra de lo que le sucede a la mayor parte de los ecosistemas estratégicos y áreas de valor ambiental en Colombia, donde las transformaciones del paisaje se asocian con el progreso y hay una pérdida de los servicios ambientales, que unido a la subsistencia, las actividades productivas y las mismas limitaciones de la política pública, ponen en riesgo la estabilidad de estas áreas de alto valor ambiental (Márquez, 2003). Esta cuenca en particular presenta una oferta ecosistémica importante; abastece de agua a una parte de la ciudad que, desde la economía ambiental, pueden ser calificados como externalidades positivas asociadas a los usos del suelo y las diversas prácticas desarrolladas en la parte alta y media de la cuenca, esta situación contrasta con el conflicto de intereses que existe entre los campesinos, los usuarios del agua, los ambientalistas y las entidades del Estado, porque ven el “valor” de la cuenca, de acuerdo con sus expectativas y usos tradicionales, y que se presenta, principalmente, por la declaración de la parte alta de la cuenca como área de Parque Nacional Natural, que limita los usos productivos, haciendo que para los ambientalistas y entidades del Estado sea insuficiente, y para los habitantes tradicionales de estas áreas sea calificada la medida como exagerada. Quien al final se afecta por esta diferencia es el río Meléndez y se evidencia en las variaciones de los caudales mínimos y máximos, en un rango que se amplía cada año, según las estadísticas revisadas.

En la cuenca existen una serie de funciones ecosistémicas relacionadas con el bosque y la cobertura vegetal que tienden a cambiar por factores asociados al cambio climático o por la acción antrópica, generando como consecuencia una alteración de la capacidad para proveer servicios y de las mismas relaciones entre los factores ecológicos, económicos y socioculturales. Estas relaciones se evidencian con los cambios en el paisaje, no solo en el espacio, sino en el tiempo. En general, se encuentra que los servicios ambientales del bosque están resumidos en tres grandes funciones, como son la regulación de la oferta, la regulación de los caudales extremos y la retención de suelos, con una serie de beneficios identificados (Villegas, 2011).

El pago por Servicios Ambientales (PSA) es una propuesta que busca compensar esas externalidades positivas a las personas que las generan, por parte de los beneficiarios, que en este caso es la sociedad que recibe esos servicios ambientales. En el mundo, el esquema de PSA es relativamente nuevo al funcionar desde finales de

la década de los noventa, y sus experiencias en el mundo se encuentran en diferentes fases (UNÍSFERA, 2004).

En Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible elaboró en el año 2012, a través de la Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles, una Guía Metodológica para el Diseño e Implementación del Incentivo Económico de Pago por Servicios Ambientales, que parte del establecimiento de los servicios ambientales a reconocer, de un marco legal y metodológico que busca apoyar el establecimiento de un monto a pagar en función del costo de oportunidad del suelo y de la estimación de los costos de las intervenciones para el manejo del paisaje, con unas variables que requieren ajustes para cada caso particular. Estos esquemas de pago requieren de todos modos una adaptación a las condiciones del territorio donde serán aplicados, con el fin de lograr un resultado positivo y una mejora en las condiciones del recurso protegido y conservando, como menciona “la capacidad de proveer los servicios directos: satisfacción de necesidades, productividad, equilibrio natural, asimilación, relaciones sociales, prevención de riesgos” (Márquez, 2003, 92-95).

Los mecanismos de CSAH pueden verse entonces como una alternativa para el cubrimiento de los costos de prevención de riesgos asociados con la pérdida de la biodiversidad y productividad del suelo, inundaciones, sequías, mayor severidad de los efectos asociados con el cambio climático, entre otros, a partir de desarrollar un modelo que le dé una oportunidad de uso al suelo, más allá de las opciones de extracción y de expansión de la frontera agrícola, reconociendo la importancia de brindarle a los campesinos y habitantes de las cuencas una mejor calidad de vida, y contemplando variables económicas como la generación digna de ingresos, para retribuir así el favor hecho al resto de beneficiarios de los bienes ambientales.

El objetivo de este ejercicio es proponer un modelo ajustado a las variables y condiciones existentes en la cuenca del río Meléndez para estimar el valor a compensar por los servicios ambientales asociados con la regulación hídrica, como una estrategia de conservación y uso del suelo, más allá de los usos tradicionales que ponen en riesgo la estabilidad de la cuenca y la disponibilidad de agua en el futuro; para esto se tomó como referencia información secundaria de estudios realizados hasta la fecha, el aporte de profesionales en biología y ecología, y las expectativas de las personas interesadas en conservar la cuenca. Según los estudios revisados, es posible reducir las probabilidades de ocurrencia de riesgos asociados con el factor hídrico de esta importante cuenca para la ciudad de Santiago de Cali y para la región. Este ejercicio se plantea como una propuesta de compensación, más que

de pago, por las connotaciones sociales que plantea este término entre las personas beneficiarias en el modelo, teniendo en cuenta que el “pago” establece unos compromisos desde lo económico y jurídico a cambio de un servicio, mientras que la compensación se concibe dentro del modelo como un estímulo a las acciones que realizan los habitantes de la cuenca para su conservación, como contribución a la reducción de la pobreza, al ser este fenómeno un elemento que incide en el deterioro del ecosistema (Wunder y Sven, 2005).

Los resultados de este documento formaron parte del componente económico de un estudio realizado en el período diciembre-abril de 2015 para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, por la Corporación para la Gestión Ambiental Biodiversa, y el Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas Patrimonio Natural.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la parte alta y media de la cuenca del río Meléndez, localizada en el municipio de Santiago de Cali, Colombia. Este río nace en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, en el sector La Corea a la altura de 2800 msnm, arriba del corregimiento de La Buitrera; es uno de los tributarios del río Cauca y desde el punto de vista territorial ostenta como característica especial, la presencia de tres autoridades ambientales: el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente DAGMA, en su parte baja; la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, en su parte media; y la Unidad de Parques Nacionales Naturales UAESPNN, en su parte alta (DAGMA, 2014). Abastece de agua potable a 450 mil habitantes de la zona urbana a través del acueducto La Reforma, administrado por las Empresas Municipales de Cali EMCALI (EMCALI, 2013).

La Corporación Biodiversa, con Patrimonio Natural y la CVC, realizaron a inicios de 2015 un análisis de los elementos que inciden en el deterioro de la cuenca del río Meléndez, encontrando que en sus partes alta y media se presenta un crecimiento preocupante de los asentamientos humanos y de actividades no compatibles con las características del suelo. En este estudio se estimó del modelo ACUAANDES que se requiere recuperar un mínimo de 750 hectáreas para mejorar las condiciones de regulación hídrica del suelo. (ACUAANDES, 2015).

La economía tradicional y la misma economía ambiental conciben la naturaleza como una fuente de recursos que aprovechados de forma racional contribuyen al crecimiento económico, es así como el medio ambiente

para la economía es definido como la sumatoria de los recursos naturales y los servicios ambientales (Martínez, 1998). En este proceso de estimación de los aportes a la economía regional es importante resaltar cómo las herramientas económicas se han ajustado a la disponibilidad de información de carácter ecológico para encontrar precios, lo más cercano al mercado, con el fin de estimar una cifra de referencia sobre el valor social. El modelo propuesto para el río Meléndez se basó en la preocupación por conservar el medio ambiente a partir de alternativas para garantizar la protección de los ecosistemas soportados en modelos menos representados en gastos de protección, y más inclinados hacia la inversión en conservación. En este sentido, entidades como el Fondo Mundial para la Naturaleza, El Banco Mundial, la UICN, universidades y centros de investigación, entre otros, han planteado los pagos y las compensaciones por servicios ambientales como el medio para lograr un pacto entre lo urbano y lo rural, donde las ciudades y las personas reconocen y pagan por la sostenibilidad ambiental como un modelo que integra la experimentación, el conocimiento, la descentralización en la gestión de los ecosistemas, el desarrollo de alternativas de apoyo, como la asistencia técnica y la aplicación de un modelo educativo que incida positivamente en el cambio de comportamiento de todos. En general, representan una oportunidad y una efectividad para la conservación y la protección al tener la propiedad de ser adaptados a las características específicas que presenta el área o bien ambiental a proteger, y facilitan la integración en el proceso de la conservación a las actividades agrícolas y la sostenibilidad económica de los que, viviendo de la tierra, no conocen otras alternativas para generar ingresos sobre la misma, más allá de su aprovechamiento insostenible en la mayoría de los casos, tomándolos en cuenta a la hora de decidir sobre el uso del suelo (UICN, 2010).

Considerando que, para la estimación del valor de los servicios ambientales de esta cuenca es necesario determinar las variables asociadas con la variación del caudal, se seleccionó como función o servicio ambiental la regulación hídrica, relacionada por Villegas (2011) como “regulación de caudales extremos (máximos y mínimos)”, calificados como un resultado del efecto de la cobertura vegetal en la escorrentía superficial reflejada en la regulación de los caudales máximos y mínimos, como un indicador del estado de la cuenca en cuanto a su cobertura y protección. Ahora bien, como otro beneficio indirecto se encuentra la estabilidad de los suelos y el cambio de las condiciones físicas del mismo que incide positivamente en la capacidad de retención o de regulación del agua que se libera en períodos de verano. Este servicio ambiental se seleccionó como resultado de la revisión de los problemas y condiciones generales

de la cuenca, donde la calidad del agua aún no es un tema de impacto negativo, sin embargo, los resultados indicaron que por la topografía y condiciones del suelo, es la regulación del caudal un servicio ambiental que día a día aparece, siendo más vulnerable y en riesgo de pérdida de las funciones ecosistémicas, como lo es el comportamiento de los caudales, especialmente durante los últimos años (Lamprea, 2011). Para revisar con más precisión lo planteado sobre la variación del caudal se consultó información en Unidad Estratégica del Negocio Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Municipales de Cali, sobre los caudales históricos del río Meléndez para el período 2009-2015 (Datos hasta el 28 de febrero de 2015), donde se presentó como aspecto importante una evidencia en la variación de los caudales, incluso, durante los mismos días del mes (Gráfico 1).

En este período se registraron caudales máximos de hasta 8000 l/s, y caudales mínimos de 213 l/s, lo cual indicó que en algunos de esos días se presentaron riesgos de desabastecimiento de agua, en caso que no existiera la planta de potabilización, cumpliendo con las funciones

de regulación para garantizar el servicio de acueducto en una parte de la ciudad. En contraste con esta situación, se observó que el caudal que más se registró como moda fue de 3000 l/s, sin embargo, los caudales máximos presentaron una tendencia hacia el aumento en el período analizado de 6 años, lo cual evidenció que existen situaciones que están afectando no solo a la cuenca, sino a la misma capacidad de retención, dando como resultado unos caudales que representan una cantidad de agua no captada y que se pierde de la cuenca; todo esto se vio reflejado en la tendencia de los caudales máximos que pasaron de un promedio de 2500 l/s en 2009 a 3000 l/s en febrero de 2015, con una pendiente positiva.

Al analizar la línea de tendencia de los datos representados en el Gráfico 1, se encontró que el modelo que más se ajusta a interpretar el comportamiento de los caudales máximos es de carácter logarítmico, arrojando un R^2 de 0,0048, lo que mostró que los datos son altamente dispersos y demasiado variables de un mes a otro como para hacer estimaciones del comportamiento futuro de los caudales.

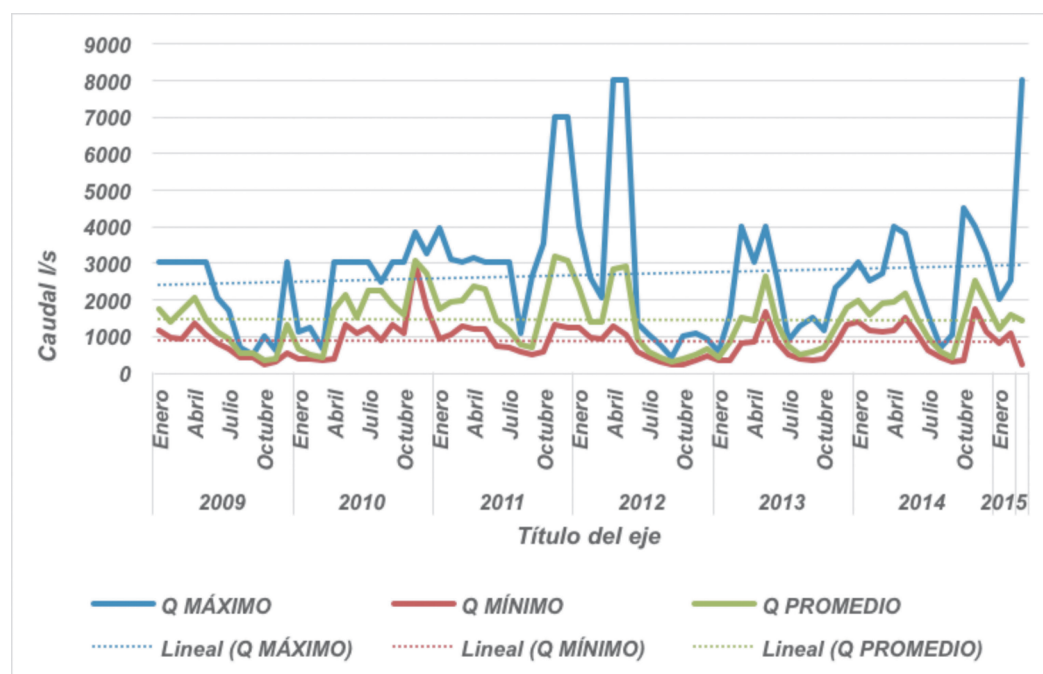


Gráfico 1. Río Meléndez. Comportamiento y tendencia de los caudales máximos, mínimos y promedio. Período Enero 2009 – Febrero 2015.

Fuente: Autores, con base en información de EMCALI. Gerencia Unidad Estratégica de Negocio Acueducto y Alcantarillado. Dirección de Agua Potable. Departamento de Producción. Planta de La Reforma.

EMCALI, en su informe COP 2012 para el año 2012, manifestó que la planta La Reforma tuvo una capacidad instalada de 1.0 m³/s y su producción promedio de 0.45 m³/s (COP, 2013). Se resalta la diferencia entre la capacidad instalada y la producción, teniendo en cuenta que la zona sur occidental de la ciudad de Cali viene presentando un crecimiento acelerado con el desarrollo de soluciones de vivienda de interés prioritario y de estratos bajos. En esta información también se estimó que EMCALI tiene seguridad en el abastecimiento de agua hasta el año 2038, lo cual indicó que la ciudad de Cali tiene solo 23 años de agua segura, de acuerdo con las condiciones actuales de las cuencas. Autoridades ambientales como el DAGMA, junto con la Universidad ICESI, analizaron los comportamientos estacionales de los caudales máximos, medios y mínimos, encontrando una variación significativa durante los meses del año en un período de 20 años, siendo el más crítico el mes de agosto (DAGMA, 2010), todo esto permitió establecer que, uno de los problemas significativos de esta cuenca es la variación de los caudales durante el año, y que posiblemente tiene sus orígenes en situaciones asociadas con las condiciones de la misma cuenca en sus partes alta y media, que podrían representar en el mediano plazo problemas para el abastecimiento de una parte de la ciudad de Cali que viene mostrando un crecimiento significativo.

El pago actual por los servicios ambientales que brinda la cuenca del río Meléndez.

Se encontró que el usuario más significativo del recurso hídrico de la cuenca del río Meléndez es EMCALI, quien demanda un promedio de 450 l/s para el abastecimiento de agua al sur occidente del municipio de Santiago de Cali. Esta empresa funciona cumpliendo con las obligaciones legales y ambientales que la ley nacional establece, entre las que se destaca el pago por el uso del agua, incluida dentro de la tarifa de acueducto como “Costo Medio Unitario Tasa de Uso”, la cual fue establecida para el año 2015 en \$1,84 m³ (EMCALI, 2015). Este “precio” por el agua como un recurso natural se fija en función a fórmulas que están por fuera de las consideraciones de carácter ambiental que deberían incluirse en la determinación de un precio por uso del agua, que involucre todas sus relaciones. Además, se tomó esta tasa de uso como un precio base para estimar el pago por el uso de un recurso natural no renovable, y se encontró que EMCALI paga por el derecho de usar y tratar el agua un valor de \$26'111.808, a precio de 2015, resultado de multiplicar el caudal concesionado por la autoridad ambiental por el valor de la tasa por uso. En contraste con esta cifra se encontró que ese caudal de 450 l/s, solo valorado a la tarifa de consumo para

el estrato 4, sin cargo fijo (\$1,415,22), representó unos ingresos para la empresa de \$20,083,670,064 anuales, siendo el pago por el uso del recurso apenas el 0,13% (EMCALI, 2015).

Al tomar el valor pagado por tasa de uso como un dato de referencia para la compensación del esfuerzo que hace la naturaleza y la sociedad por mantener la oferta de agua para el consumo humano, se determinó inicialmente que esos 26 millones de pesos son insuficientes para realizar obras y actividades que garanticen las condiciones requeridas en la cuenca que aseguren el abastecimiento de agua en los próximos años.

La estimación del valor económico del servicio ambiental a compensar.

Teniendo en cuenta la estrecha relación que existe entre todos los elementos que integran un ecosistema, involucrando la población humana, así como la meta de recuperar 750 hectáreas para mejorar la regulación hídrica, se desarrolló un modelo que representara los servicios ambientales o contribución del ecosistema a la economía y al bienestar, evidenciados a través de variables que reflejen las condiciones actuales o el estado de los mismos, que pueden representar amenaza o cambios en sus características (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Para representar esta contribución del ecosistema a la economía y sus servicios ambientales a partir del planteamiento de un modelo, se tomó como referencia el concepto de “paisaje” de Andrés Etter, quien plantea como pertinente valorar los atributos de la naturaleza a través de una relación lineal para representar los elementos que componen el ambiente para valorar los servicios ambientales de la cuenca (1991, 58-61). En este sentido, el valor económico del servicio ambiental estimado a través de la evaluación de su contribución a la economía y sus condiciones de calidad, se realizó aplicando una fórmula que incluye los componentes que inciden en la regulación hídrica, utilizando un precio base como una aproximación a los precios de mercado, de acuerdo con la información disponible.

La selección de las variables para el establecimiento de la fórmula de cálculo de los montos y valores a compensar por los servicios ambientales, se realizó en función del mismo servicio determinado, es decir, que en el caso de los servicios ambientales asociados con el agua, fueron analizados los aspectos y variables que indican en la regulación hídrica. Estas variables tienden a cambiar, de acuerdo con sus particularidades en cada ejercicio desarrollado para las cuencas.

Uno de los aspectos a tener en cuenta en el modelo, fue la posibilidad de incidir en la renuncia, por parte de los propietarios de predios en la parte alta y media de la cuenca del río Meléndez, a las actividades que no son compatibles o adecuadas para garantizar las condiciones del suelo y del bosque mediante la asignación de un reconocimiento económico que compense el sacrificio que implica desistir de las actividades agrícolas en estos predios, reconociendo que muchos de ellos se encuentran localizados en áreas por encima de la cota para ser calificados como Áreas de Parques Nacionales; esto en términos económicos se conoce como el “costo de oportunidad”. Lo que se buscó es precisamente determinar una cifra que hiciera sus equivalentes de costo de oportunidad, que fuera lo suficientemente atractiva para modificar su decisión de cambiar el uso del suelo, pasando de la agricultura o la ganadería a la conservación de bosque, con la garantía de que el proceso sucesional se cumpla, es decir, que se permita una vegetación espontánea y un manejo con apoyo técnico que garantice pasar a un estado de bosque en el mediano plazo.

Se obtuvo entonces la lista de primeros componentes de esta relación: el valor del incentivo, como resultado de sumar las variables que inciden en la regulación hídrica como un servicio ambiental en el río Meléndez. Se estableció como primera relación que el servicio ambiental de la regulación hídrica (SAH) se provee por una serie de personas que, en calidad de poseedores o propietarios, han dividido y organizado la cuenca; por lo tanto, es el resultado de la sumatoria de los servicios estimados en los predios que comprenden la parte alta y media de la cuenca del río Meléndez:

$$SAH = \sum SA_{1,...,n}$$

Teniendo en cuenta que se propone realizar una compensación, más no el pago en dinero de estos servicios, se asumió como supuesto que los incentivos de compensación propuestos son una aproximación al valor de la CSAH:

$$SAH \sim CSAH$$

Se mantuvo entonces la CSAH de la zona de estudio del río Meléndez, como resultado de la sumatoria de la compensación de los servicios ambientales de los predios que integran la cuenca en sus partes alta y media:

$$CSAH = \sum CSA_{1,...,n}$$

Donde:

CSAH= Valor del servicio ambiental asociado al recurso hídrico en la cuenca alta y media del río Meléndez.

$CSAH_n$ = Valor de la CSAH en el predio n.

Teniendo definido el precio mínimo por predio vinculado al proceso de estimación de CSAH, se construyó inicialmente un modelo de referencia que tiene la siguiente expresión algebraica:

$$CSAH_n = P * (\sum X_i V_i)$$

Donde:

X_i = Coeficiente de la variable V_i que indica la participación sobre el total de variables n.

V_i = Variable relacionada con el servicio ambiental i para el predio n.

Las variables que hacen referencia a los servicios ambientales, y que se relacionan en la Tabla 1, se seleccionaron como resultado de un ejercicio en el que participaron profesionales de disciplinas como la biología y la ecología, habitantes de la cuenca y funcionarios de la CVC, y que a su vez se compilaron bajo la condición de ser fáciles de recolectar, de evidenciar y de estimar. Para la propuesta de modelo de compensación se seleccionaron variables asociadas a la función de regulación hídrica que se verifican en cada uno de los predios, y que a su vez se constituyen en elementos que motiven a su mejora al reflejarse en una mayor cantidad a compensar, sea en dinero o en especie: a) a la topografía; b) relacionadas con la forma del lote o predio; c) relacionadas con el uso o características del mismo (Biodiversa y Patrimonio Natural, 2015). Las variables escogidas fueron de tipo discretas con un máximo de tres valores.

Como la compensación buscó motivar el cambio de prácticas productivas que mejoren en el tiempo el servicio ambiental que se está reconociendo y conservando, entre las variables seleccionadas la erosión es la única para la que se contempló la posibilidad de presentar un valor negativo, con el fin de incentivar acciones por cuenta de los propietarios o poseedores, en caso que esas actividades sean un reflejo de malas prácticas tradicionales de aprovechamiento del suelo.

Tabla 1:

Variables y coeficientes para la estimación de CSAH en la cuenca del río Meléndez

Variable V_i	Nombre	Características
$BPORCEN_n$	Porcentaje de bosque natural y plantado en el predio n.	Se define como el porcentaje del área del predio que se encuentra en bosque primario o secundario a partir de la siguiente relación: $Bporcent_t = (Btotal_t / \text{Áreat})$ Donde. $BPORCEN_t = 0,0$ si el porcentaje del bosque es menor al 20%. $BPORCEN_t = 0,5$ si el porcentaje de bosque está entre 21% – 50%. $BPORCEN_t = 1,0$ si el porcentaje de bosque es de más del 50%.
$FAGUA_n$	Presencia de quebradas o fuentes de agua con franja de protección.	Muestra la preocupación por el propietario u ocupante por mantener la franja protectora (FP) de las quebradas y fuentes hídricas en buenas condiciones, de acuerdo con lo establecido por la norma. $FAGUA_t = 2$ si $FP > 30$ M. $FAGUA_t = 1$ si $FP = 30$ M. $FAGUA_t = 0,5$ si FP 10-30 M.
$FPORCEN_n$	Continuidad de la franja protectora de las fuentes de agua en el predio.	Representa el porcentaje de continuidad de la franja protectora (FP), de acuerdo con lo establecido con la norma. Es una variable dicotómica, que arroja los siguientes valores: $FPORCEN_n = 1$ si $\%FP = 100$ $FPORCEN_n = 0$ si $\%FP < 100$
$AGUA_n$	Presencia de nacimientos de agua protegidos.	Representa la presencia de nacimientos de agua con cobertura y cerramiento como un indicador de la preocupación por la protección y conservación del agua. Se califica como una variable que arroja los siguientes valores, de acuerdo con la existencia de cobertura y de un cerramiento, así: $AGUA_t = 1$ si existe cobertura y cerramiento simultáneamente. $AGUA_t = 0,5$ si existe cobertura o cerramiento. Uno de los dos. $AGUA_t = 0$ si no existen cobertura o cerramiento.

Continúa página siguiente

Viene de la página anterior

Variable V_i	Nombre	Características
AGUANP _n	Protección de drenajes naturales (no permanentes) o flujos de agua estacionales.	Representa la presencia de drenajes naturales, que son elemento fundamental en el ejercicio de proteger y garantizar la regulación hídrica de la cuenca. Estos drenajes deben ser evaluados, de acuerdo con la topografía, resaltando su importancia en el proceso de mitigación del riesgo y control de la erosión. Se califica como una variable que arroja los siguientes valores, de acuerdo con la existencia de cobertura y de un cerramiento en estos drenajes estacionales, así: AGUANP_t = 1 si existe cobertura y cerramiento simultáneamente. AGUANP_t = 0,5 si existe cobertura o cerramiento. Uno de los dos. AGUANP_t = 0 si no existen cobertura o cerramiento, o no tiene drenajes naturales.
SUELO _t	Condición del suelo en el predio t.	Hace referencia al estado, cobertura y condiciones del suelo en el predio, como un indicador del grado de protección y de conciencia sobre la relación de las actividades con la regulación hídrica. Es una variable que arroja valores entre 1 y (-1), de acuerdo con los tipos de cobertura y la presencia de procesos erosivos, así: SUELO_t = -1 si el suelo se encuentra desnudo, con evidencia de erosión SUELO_t = 1 si el suelo se encuentra en proceso sucesional, hay presencia de arbustos, árboles dispersos o matorrales, sin erosión.
PARCHE _t	Diseño espacial de parches de bosque en el predio t.	Es una variable que permite priorizar los predios y las acciones en los mismos, a partir de la presencia de parches de bosque y su distribución para la regulación hídrica. Existen dos diseños espaciales de estos parches, y de acuerdo con ellos la variable toma los siguientes valores: PARCHE_t = 0.5 si la existencia de parches es dispersa (parches pequeños y separados). PARCHE_t = 1 si la existencia de parches es nucleada (existencia de un parche grande, o varios pequeños cercanos).

Continúa página siguiente

Viene de la página anterior

Variable V_i	Nombre	Características
$PROD_t$	Presencia de sistemas productivos sostenibles.	Representa un indicador importante relacionado con la compatibilidad de las actividades productivas que se desarrollan en el predio, de acuerdo con las características del suelo y de la topografía. Lo que se busca con esta variable es evaluar si los sistemas existentes son “integrales” y consideran las variables ambientales dentro de su proceso productivo, de la misma manera revisar los efectos de este sistema en la regulación hídrica.

Fuente: Autor.

Una de las limitaciones de los esquemas de compensación por servicios ambientales es el establecimiento de un punto de partida o precio base. (Swunder, 2005). Para que el modelo de CSAH sea aceptado, tanto para propietarios de predios como poseedores, se requirió evaluar el costo de oportunidad de continuar con el uso actual del suelo, comparado con la opción de conservar y recibir una compensación por los servicios ambientales generados con su actividad. Se planteó la propuesta de la compensación como un precio mínimo establecido, de acuerdo con las condiciones encontradas en su predio a través de las variables seleccionadas, su disposición a contribuir y mantener el servicio ambiental y a realizar mejoras en el tiempo, así entonces se obtuvo la siguiente expresión, integrando las ocho variables seleccionadas:

$$CSAH_n = P * [1 + (X_1BPORCEN_n + X_2FAGUA_n + X_3FPORCEN_n + X_4AGUA_n + X_5AGUANP_n + X_6SUELO_n + X_7PARCHE_n + X_8PROD_n)],$$

Con la siguiente restricción:

$$\sum X_{1...8} = 1$$

Donde:

$CSAH_n$ = Precio del servicio ambiental asociado a la regulación hídrica para el predio n.
 P = Precio base o de referencia.
 $X_{1...9}$ = Coeficientes de las variables asociadas con la regulación hídrica en el predio n. Sus valores se encuentran entre 0 y 1.

En el modelo se planteó como propuesta la estimación de un precio mínimo de referencia con el resultado positivo

de al menos dos de las variables que reúnen los atributos del predio para otorgar el incentivo, generando como aspecto positivo la opción de incrementarse el valor de la compensación con las mejoras que se den en el tiempo. Con el reemplazo de los coeficientes por los estimados para el río Meléndez en la Tabla 1, bajo el supuesto de mantener igual peso de todas las variables en el modelo (Etter, 2010), la expresión algebraica se determinó como:

$$CSAH_n = P * [1 + 0.125 (BTOTAL_n + BPORCEN_n + FAGUA_n + FPORCEN_n + AGUA_n + AGUANP_n + SUELO_n + PARCHE_n + PROD_n)],$$

Valoración en unidades monetarias del precio base.

Considerando el reto de estimar el valor de los servicios ambientales que le dan valor adicional, de acuerdo a su uso y que se pueden constituir en factores de conservación, se construyó una relación matemática que facilitara estimar el valor del incentivo. Según las experiencias nacionales, este precio mínimo puede llegar a incidir en la decisión del poseedor del predio sobre acceder o no al incentivo otorgado (Federación Nacional de Cafeteros, CVC, PNUD, 2013).

Para obtener una medida de valor del incentivo, la alternativa propuesta fue hacer uso de los precios oficiales, como el salario mínimo, que facilitara hacer seguimiento de los cambios físicos y de las condiciones del suelo, tomando como referencia un año base. En segundo lugar, se estimó un precio que correspondiera a las condiciones esperadas y encontradas en los predios de la cuenca, pues no puede ser utilizado como un estímulo a los cambios en el uso del suelo, ni puede ser una herramienta que induzca al cambio fundamentado en lo económico. Con el precio base se debe ser cuidadoso para evitar que el CSAH caiga o se convierta en un modelo perverso, por esto se

determinó un precio base al considerar las limitaciones, oportunidades y posibilidades de producción en la cuenca y teniendo en cuenta las recomendaciones hechas con base en la revisión de experiencias en el mundo que Engel *et al.*, 2008 resaltan como necesarios para ayudar a que el programa de compensación sea efectivo: a) ofrecer pagos que sean suficientes para los cambios deseables en el uso del suelo; b) que los usos de los servicios ambientales se ofrezcan para mantener el pago; y c) que el costo no vaya a ser más alto con relación al valor de los servicios a proveerse. Son cuatro los elementos que se tuvieron en cuenta:

- Dadas las condiciones del suelo, la productividad obtenida en esta zona está por debajo de la que se encuentra en zonas con una topografía más suave, lo que hace menos rentable el aprovechamiento con la siembra de cultivos tradicionales. En este sentido, la compensación debe considerar estas condiciones, también para desestimular cualquier actividad productiva que haga uso de elementos externos al suelo para mejorar la productividad, afectando sus características. Como lo plantean Cardozo y Schnetter (1976) *“la productividad de una asociación vegetal depende entre otros de elementos ecológicos, temperatura, humedad, radiación solar y elementos minerales del suelo, factores medioambientales que influyen sobre cualquier vegetación. Como los factores ecológicos varían según la región geográfica y el medio geológico que constituyen la capa vegetal, es de esperar distinta productividad para las diferentes comunidades vegetales”*.
- Existen unas limitaciones de carácter legal para aquellos predios u ocupantes que se encuentren en la zona delimitada como “Parque Nacional Natural”, por lo cual es limitado o prohibido el uso del suelo para la producción agrícola, en este sentido, es importante mantener fuerte la presencia de la autoridad y respetar las condiciones establecidas al respecto; desde el punto de vista económico, cualquier opción de ingreso que sea planteada a partir de estas condiciones podrá contribuir a la mejora de la calidad de vida de los ocupantes de estas áreas, en la medida que se muestre la compatibilidad de su ocupación y sus beneficios compartidos, tanto para garantizar la supervivencia como para mantener las condiciones de la cuenca en las mejores posibles, de acuerdo con las circunstancias actuales.
- A mediano plazo, el sistema de CSAH debe ser una alternativa independiente de los usos productivos actuales del suelo, por eso es necesario que sus

costos y beneficios puedan ser percibidos en el mediano plazo como una oportunidad de generar un modo de vida a partir de las contribuciones a la sociedad localizada aguas abajo. En este sentido, es importante que este punto de partida se perciba como un referente para el cálculo de los valores que serán independientes, según los resultados y ajustes que se hagan en el tiempo.

- Adicionalmente, el precio base debe permitir el cálculo del presupuesto para hacer efectiva la CSAH correspondiente al reconocimiento de los servicios ambientales.

Con relación al modelo, la disponibilidad de recursos económicos hace que mientras mayor sea el precio base, menos hectáreas puedan ingresar al programa de incentivos y más vulnerable será el mismo programa por la participación del presupuesto dentro del total de inversión, por esto se consideró como racional tomar como base, un valor que se encuentre dentro del rango de expectativas de los interesados en ingresar al programa. De acuerdo con los retos y limitaciones del precio base se propuso establecer las siguientes condiciones:

1. El precio base no debe ser igual al precio promedio del mercado.
2. El precio base debe considerar las limitaciones en términos de opciones de producción que las autoridades ambientales han establecido en el Área de Parques Nacionales Naturales.
3. Debe representar o acercarse a representar, la productividad del suelo en función de su topografía.
4. Al ser el precio base el punto de partida para la estimación del valor a compensar por el esquema de CSAH, este debe aportar positivamente a la implementación de otras alternativas de mejora, como las herramientas de manejo del paisaje.

El cálculo de este precio base se realizó con información secundaria de la cuenca, a partir de la estimación del costo promedio de los cultivos permanentes y transitorios predominantes y se hizo uso de la información de diversas fuentes de entidades de carácter departamental y nacional, resaltando que en el tiempo estos precios son muy variables y corresponden a las mismas dinámicas de la economía, siendo las entidades del Estado, como la UMATA, a nivel municipal y la Secretaría de Agricultura y Pesca, a nivel departamental, quienes registran esos precios, pero no pueden fijarlos.

Según la información consultada sobre la cuenca del río Meléndez, de acuerdo con las visitas de campo

realizadas y de los resultados presentados por Biodiversa y Patrimonio Natural, los cultivos predominantes en la cuenca fueron café, mora, lulo y plátano, acordes con la empresa familiar o campesina (Forero, 1973). Se tomó como supuesto que los cultivos encontrados presentaron alta densidad con rendimientos mínimos para una cosecha anual, aunque se reconoce que existen diferencias en la productividad del suelo que dependen de sus condiciones y de las variaciones climáticas, que para efectos de este ejercicio son difíciles de establecer (Cardozo y Schnetter, 1976), por lo cual se desarrolló el cálculo con el supuesto de un 50% del rendimiento por hectárea establecida en la información recopilada, y que para el caso del Valle del Cauca se compiló a través de la Secretaría de Agricultura y Pesca, y que se complementó con la información del Banco Agrario de Colombia.

El lulo en el Valle del Cauca tuvo 6.5 ton/ha (SISAV), pero según información del ICA, en Colombia puede ser hasta de 25 toneladas por hectárea. (Tabla 2)

Para el cultivo de la mora, se encontraron rendimientos de producción que van de 7 a 16 Toneladas por hectárea. (Tabla 3) a nivel nacional se registró un promedio de 11 Ton/Ha, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y

Desarrollo Rural. Los costos de producción de la mora se actualizaron con base en las tablas de evaluación de cultivos del Banco Agrario de Colombia, que califica los costos de producción avalados por la Secretarías de Agricultura y las UMATAS del país.

En el caso del cultivo del café es importante tener en cuenta que las productividades varían, de acuerdo con la tecnificación y la variedad, teniendo desde 50 arrobas de café por hectárea para los cultivos no tecnificados y cafetales viejos hasta 400 arrobas para el caso del café pergamino. Se calcularon los rendimientos con la productividad más baja, es decir, de 50 arrobas por ha. En el caso del precio por kilo se tomó como referencia la información de los boletines de la Federación Nacional de Cafeteros para los precios internos de café pergamino seco, establecidos por arroba (12.5kg) y kilo. El precio pagado al productor se tomó de la información oficial de la Federación Nacional de Cafeteros. (Tabla 4)

En la Tabla 5 se presenta la rentabilidad del cultivo del plátano, precios de 2015. En la Tabla 6 se presenta la utilidad bruta consolidada de cultivos predominantes en la cuenca alta y media del río Meléndez.

Tabla 2:

Rentabilidad del cultivo de lulo. Precios de 2015.

	Descripción	Fórmula	Cálculo	Valor
1	Rendimiento	t/ha		3,25*
2	Costos de producción	\$/ha		5,498,547
3	Precio pagado al productor	\$/t		2,200,000
4	Ingreso	\$/ha	= 3*1	6,600,000
5	Utilidad bruta	\$/ha	= 4-2	1,101,453

Fuente: Autor con base en información del Banco Agrario de Colombia, 2015.

*Equivalente al 50% del rendimiento por ha.

Tabla 3:

Rentabilidad del cultivo de mora. Precios de 2015.

	Descripción	Fórmula	Cálculo	Valor
1	Rendimiento	t/ha		3,5
2	Costos de producción	\$/ha		7,585,993
3	Precio pagado al productor	\$/t		2,273,237
4	Ingreso	\$/ha	= 3*1	7,956,331
5	Utilidad bruta	\$/ha	= 4-2	370,338

Fuente: Cálculos del autor con base en información del Banco Agrario de Colombia, 2015.

Tabla 4:

Rentabilidad del cultivo de café. Precios de 2015

	Descripción	Fórmula	Cálculo	Valor
1	Rendimiento	t/ha		0,625
2	Costos de producción	\$/ha		1,552,181
3	Precio pagado al productor ²	\$/t		3,510,000
4	Ingreso	\$/ha	= 3*1	2,193,750
5	Utilidad bruta	\$/ha	= 4-2	641,569

Fuente. Autor con base en información del Banco Agrario de Colombia, 2011, ajustados a precios de 2015.

Tabla 5:

Rentabilidad del cultivo de plátano. Precios de 2015

	Descripción	Fórmula	Cálculo	Valor
1	Rendimiento	t/ha		5,00
2	Costos de producción	\$/ha		2,171,374
3	Precio pagado al productor	\$/t		600,000
4	Ingreso	\$/ha	= 3*1	3,000,000
5	Utilidad bruta	\$/ha	= 4-2	828,625

Fuente: Autor con base en información del Banco Agrario de Colombia, 2011, ajustados a precios de 2015.

Tabla 6:

Utilidad bruta consolidados de cultivos predominantes en la cuenca alta y media del río Meléndez. \$/ha. Precios de 2015

Cultivo	Utilidad bruta
Lulo	1,101,453
Mora	370,338
Café	641,569
Plátano	828,625
Promedio	735,496

Fuente: Autor.

Se encontró que estos cultivos tradicionales de la cuenca del río Meléndez, presentaron rendimientos anuales por hectárea, que en promedio ascienden a \$735,496 a precios de 2015, es así como en función de las condiciones de este ejercicio se propuso establecer un precio base para el CSAH equivalente al 50% del rendimiento calculado, es decir, un valor anual de \$367,748, que fuera suficiente para mantener unas condiciones apropiadas para sus propietarios, cultivadores y habitantes de la cuenca, pero sirviendo de desestímulo a las actividades productivas no compatibles, lo cual permite una recuperación del suelo y del servicio ambiental, que alcance un valor máximo equivalente al costo de oportunidad. Dadas estas condiciones, la fórmula para el cálculo de los incentivos a la conservación asociados a la regulación hídrica obtuvo la siguiente fórmula:

$$CSAH_n = 367748 * [1 + 0.125 (BPORCEN_n + FAGUA_n + FPORCEN_n + AGUA_n + AGUANP_n + SUELO_n + PARCHE_n + PROD_n)]$$

Los resultados del modelo de CSAH para el río Meléndez mostraron que el valor se localiza en un rango que va del 57% al 114% del salario mínimo mensual legal vigente en el país, para ser reconocido en dinero o en especie. Se encontró que los logros en la regulación del caudal fueron resultados de la unión de la compensación y las herramientas de manejo del paisaje seleccionadas, y que se sustentan en la guía metodológica elaborada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Como aspecto interesante se encontró que el valor a compensar puede ayudar a mejorar la calidad de vida de la población rural, al encontrarse en un rango que

sobrepasa el límite superior de los ingresos promedio de la población rural colombiana, según el estudio realizado por el Banco de la República, donde los ingresos del campo representaron a una tercera parte de los ingresos recibidos en las cabeceras. De otro lado, se presentaron los resultados como positivos para la reducción de la inequidad de género, pues en la zona rural es marcada la diferencia salarial entre hombres y mujeres.

CONCLUSIONES

El esquema de compensación por servicios ambientales asociados con la regulación hídrica, es una herramienta que presenta como ventajas la contribución al cambio de las condiciones físicas de la cuenca, involucrando a los propietarios, poseedores de predios y habitantes de la zona rural, quienes podrán hacer de la conservación y sus aportes a la regulación hídrica una alternativa para el logro de mejores condiciones de vida y equidad redistributiva; “Es una estrategia dirigida a contribuir a la disponibilidad de agua en el futuro” y la regulación de los caudales máximos y mínimos.

Alternativas como el modelo de CSAH son una manera de comprometer y vincular a la sociedad en el proceso de responsabilizarse por las condiciones físicas actuales y futuras del recurso hídrico que será destinado para el consumo humano a través del servicio de acueducto suministrado por EMCALI, pero también por las condiciones generales de una cuenca que ofrece una lista de servicios ambientales casi nada valorados por la misma sociedad.

Con relación al análisis de los resultados de la aplicación del esquema CSAH, uno de los indicadores de las mejoras físicas que presente la cuenca será la reducción de los picos máximos y mínimos de los caudales registrados en la cuenca del río Meléndez, y por lo tanto, estos resultados deberán incidir de forma positiva en la consistencia de los modelos para predecir futuros caudales; entre estos indicadores estará la posibilidad de obtener modelos matemáticos que arrojen R^2 cercanos a 1, así como la normalización de las pendientes de las curvas tanto de caudales máximos como de caudales mínimos.

Para garantizar la efectividad del CSAH, es importante hacer un seguimiento permanente, eficiente y con periodicidad semestral para asegurar que la inversión realizada y los mismos convenios con los propietarios de los predios se cumplan, teniendo en cuenta que cada predio es un área especial que requiere un seguimiento puntual, con el fin de hacer de los resultados unos insumos para el desarrollo de posteriores investigaciones y multiplicar el modelo en otras cuencas de la región y

del país. Estas actividades ayudan a fortalecer la relación existente entre las herramientas de manejo del paisaje implementadas, que desde lo técnico son necesarias para la regulación del caudal, y el balance hídrico.

Otra de las alternativas que se encontraron con este ejercicio es la estimación de las tendencias de las pendientes de los modelos de comportamiento de los caudales máximos y mínimos, donde una tendencia a cero indicará su regulación, facilitando las proyecciones, y por ende, representando una mejora en la capacidad de retención y de regulación del suelo de la cuenca, lo cual se verifica con el desarrollo de modelos de regresión, cuyo coeficiente se toma como la pendiente de la curva o línea de tendencia.

Las condiciones ideales o esperadas para una modelación tradicional de los caudales de una cuenca serán que el comportamiento del caudal pueda predecirse; esto como un indicador de regulación y de manejo eficiente de las variables que contribuyen a dar los cambios esperados. Con las tendencias de los caudales del río Meléndez, añadiendo la incidencia del cambio climático en el territorio colombiano, en estos momentos no es posible tener una proyección aproximada de los comportamientos del caudal más allá de lo esperado por los periodos de lluvia o los periodos secos, por eso se califica como condición ideal aquella en la que se presenten las siguientes situaciones:

- Que las variaciones del caudal estén dentro de un rango esperado, es decir, que la dispersión de los datos sea la mínima posible.
- Que los modelos de proyección arrojen coeficientes de determinación altos, es decir, un R^2 que se comporte como se espera.
- Que las líneas de tendencia se suavicen, y por lo tanto, que las pendientes sean las mínimas.

Desde el punto de vista matemático estas respuestas son el resultado de la aplicación eficiente de la estrategia que garantice un mejoramiento de la regulación hídrica y de las condiciones del suelo, objetivos a los que le apunta la implementación del esquema de CSAH, basado en la compensación a los propietarios y habitantes de los predios de la parte alta y media de la cuenca, combinados con herramientas de manejo del paisaje (HMP) y otras estrategias enfocadas a garantizar las mejoras en las coberturas del suelo, los cambios positivos en el uso del mismo, que redunden en la capacidad de retención hídrica y, por ende, en la regulación.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Santiago de Cali. (s.f.). *Plan de Manejo Integral Cuenca del Río Meléndez*. Recuperado de cali.gov.co/.../2010...de...Rio_Melendez/.../00040163.doc.
- Blanco, J. (2006). *La experiencia colombiana en esquemas de pagos por servicios ambientales*. Recuperado de http://www.cifor.org/pes/publications/pdf_files/colombia_experience.pdf
- Lozano, G., Cardozo, H., & Schnetter, M. L. (1976). Estudios Ecológicos del Páramo de Cruz Verde, Colombia. III. La biomasa de tres asociaciones vegetales y la productividad de *Calamagrostis effusa* (H.B.K.) Steud y *Paepalanthus Colombiensis* Ruhl en Comparación con la Concentración de Clorofila. *Revista Caldasia*, 21(54).
- Castrillón, Y. (2014). *Estrategias para el control de inundaciones en la zona urbana de la cuenca del río Meléndez*. Universidad del Valle. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7667/1/3750-0446268.pdf>.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2001). Subdirección de Planeación. Grupo de Cartografía. *Sistema de información geográfica de la unidad de manejo de cuenca Cali - Meléndez - Pance - Aguacatal*: Memoria técnica /Alvaro Petto G.; Ricardo M. Caicedo; Arles E. Medina.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2007). *Balance oferta demanda agua superficial cuenca del río Meléndez*.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2008). *Zonificación forestal -caracterización de los bosques naturales y zonificación de las tierras forestales en 24 cuencas hidrográficas de jurisdicción de la CVC*. Convenio Interadministrativo CVC No. 083 de 2007 celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Universidad del Tolima.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2013). *Índice de calidad de ríos*.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2014). *Guía rápida temática para el usuario sig corporativo uso potencial y zonificación forestal*.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC; Fundación Agua Viva Funagua. (2010). *Aunar esfuerzos técnicos y económicos para realizar el análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del mapa de ecosistemas*. Convenio No.256 de 2009.
- Corporación para la Gestión Ambiental Biodiversa; Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas Patrimonio Natural; Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (2015). *Diseño de un esquema de compensación por servicios ambientales de la cuenca del río Meléndez*. Convenio No. 031 de 2014.
- DAGMA – Universidad ICESI. (2010). *Diagnóstico de los impactos de las escorrentías naturales y artificiales en la comuna 22*. Recuperado de http://claudia1.bligioo.com.co/media/users/15/753949/files/122261/INFORME_FINAL_ESCORRENTIAS.pdf.
- Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA – TNC. (2014). *Generación del mapa de ecosistemas del municipio de Santiago de Cali*. Informe Final.
- Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA y Corporación de Estudios Ambientales y Culturales claustrero abierto. (2009). *Caracterización biofísica, social y de infraestructura para la formulación del POMCH de la cuenca de los ríos Meléndez, Lili y Cañaveralejo*, en el marco del proyecto DAGMA, BP 42442 Informe Técnico Final. Diciembre 31.
- Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA and The Nature Conservancy – TNC. (2012). *Guía metodológica para la implementación del sistema municipal de áreas protegidas de Cali – SIMAP*. Cali.
- EMCALI. (2013). *Informe COP 2012*. Revisado en febrero de 2015 de: <http://www.emcali.com.co/documents/10157/14736/INFORME+COP+2012++version+final.pdf>.
- EMCALI. (2015). *Tarifas a partir de los consumos del 15 de febrero de 2015*. Recuperado de: <https://www.emcali.com.co>.
- Engel, S., Pagiola, S., & Wunder, S. 2008. Design Payments for Environmental Services in Theory and Practice: An overview of the issues. *Ecological economics*. 65,663-674.
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje*. Bogotá.

- Federación Nacional de Cafeteros, CVC, PNUD. (2013). *Proyecto Incentivos a la Conservación Patrimonio Natural, GEF*. Proyecto “Incorporación de la biodiversidad en el sector cafetero en Colombia – pago por servicios ambientales hidrológicos en la subcuenca Quebrada Toro”.
- FEDESARROLLO. (2013). *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán*. Recuperado de <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Valoraci%C3%B3n-de-los-bienes-y-servicios-ambientalespor-el-P%C3%A1ramo-de-Sar>.
- Forero Álvarez, Jaime. (2003). *Economía campesina y sistema alimentario en Colombia. Aportes para la discusión sobre seguridad alimentaria*. Recuperado de http://www.javeriana.edu.co/ear/d_des_rur/documents/campesinadoy sistemaalimentarioencolombia.pdf.
- Fundación Río Cauca – Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA. (2007). *Plan de manejo integral de la cuenca del río Meléndez*. DAGMA
- Fundación Río Cauca. (2007). *Plan de Manejo Ambiental Integral Río Meléndez*. Municipio Santiago de Cali. Fundación Río Cauca
- GEICOL LTDA. (2010). *Estudio del caudal ecológico de los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, y Meléndez del municipio de Santiago de Cali*. Recuperado de http://calisaludable.cali.gov.co/saludPublica/2010_Mesa_de_Trabajo_Cuenca_Rio_Melendez/ParquesnaturalNacionalfarrallones/RIO_MELENDEZ.pdf.
- Goldberg, J. (2007). *Valoración económica de las cuencas hidrográficas: Una herramienta para el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos*. Recuperado de <http://www.oas.org/dsd/Water/INFORMfinaltallerspanish.pdf>.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: Ecología basada en zonas de vida, San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- Instituto para la Investigación y la preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca INCIVA. (2009). *Delimitación, zonificación, reglamentación de usos y formulación del plan de manejo ambiental de las reservas forestales protectoras río Meléndez y río Cali*. Informe final, generalidades y caracterización de la Reserva Forestal de Cali.
- Lamprea, Y. (2011). *Estudio comparativo de modelos multiparamétricos de balance hídrico a nivel mensual en cuencas hidrográficas de Cundinamarca y Valle del Cauca*. Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Bogotá. Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/7283/1/tesis505.pdf>.
- Leibovich, J., Nigrinis, M., y Ramos, M. (2010). *Caracterización del mercado laboral rural en Colombia*. Recuperado de <http://banrep.gov.co/docum/ftp/borra408.pdf>
- Márquez, G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. En: Colombia. *Revista de la Sociedad Geográfica de Colombia*. 133(1),87-103.
- Martínez, J. (1998). *Curso de economía ecológica*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, No 1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Mejía, R., y Segura, O. (2002). *El pago por servicios ambientales en Centroamérica*. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/CD11/olmrona.pdf>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Oficina de Negocios Verdes Sostenibles. (2012). *Guía metodológica para el diseño e implementación del incentivo económico de pago por servicios ambientales PSA*. Recuperado de http://www.crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia_Met_PSA_ONVS_2012_Talleres_Cars.pdf.
- Moreno, M. L. (2005). *La valoración económica de los servicios que brinda la biodiversidad: la experiencia de Costa Rica*. Recuperado de <http://www.findthatfile.com/search-5109259-hPDF/download-documents-valoracion-economica-biodiversidad-cr.pdf.htm>
- Mulligan, M. (2009). *La huella humana de calidad del agua: impactos agrícolas, industriales y urbanos en la calidad del agua disponible a nivel mundial y en las Actas de la región andina de la conferencia internacional sobre la gestión integrada de recursos hídricos y cambio climático*, Cali Colombia. 11pp
- Mulligan, M. y Burke, S. (2005). *FIESTA: Interceptación de niebla para el mejoramiento de los cursos fluviales en las zonas tropicales*. Informe al DFID del Reino Unido.

- Parques Nacionales Naturales de Colombia - PNN. (2004). Dirección Territorial Sur-Occidente. *Plan Básico de Manejo del PNN* Farallones de Cali 2005 - 2009.
- Patrimonio Natural. Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas, Fondo Biocomercio. (2007). *Líneas de gestión sobre sistemas productivos sostenibles en un contexto de paisaje, que apoyen la conservación de biodiversidad y áreas protegidas, articulados a un proceso de ordenamiento territorial*. Recuperado de http://institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Ecosistemas_Urbanos/Lineas_Gestion_Sobre-Rojas_J.pdf.
- Pérez, S.J. (2000). *Modelo para evaluar erosión hídrica en Colombia. Utilizando SIG*. Universidad Industrial de Santander.
- Rubiano D. J. y Guerra G. (2014). *Incorporando biodiversidad en el Valle del Cauca. diseño y establecimiento de herramientas de manejo del paisaje*. Cali. Recuperado de http://issuu.com/pnudcol/docs/hmp_y_sig.
- Salazar, V. (2011). *Componente económico sistema de incentivos en la cuenca del río Cali*. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agrícola CIPAV.
- Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario SIPSA, Ministerio de Agricultura – DANE. (2014). *Boletín Semanal Precios Mayoristas. 20 de junio de 2014. Número 105*. Recuperado de www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Semana_16jun_20jun_2014.pdf.
- Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATA. (2005). Secretaría de Desarrollo Territorial y Bienestar Social. *Mapa Social Corregimiento Villacarmelo*.
- UNISFÉRA. (2004). *Pago por Servicios Ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes*. Montreal.
- Villegas, J. C. (2005). *Una aproximación conceptual a la evaluación del riesgo de pérdida de funciones ecosistémicas asociadas al recurso hídrico ante el cambio ambiental*. Recuperado de <http://www.medellin.gov.co>.
- Wunder, S. 2005. *Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales*. Recuperado de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42S.pdf.
- Zuluaga, A.F., Giraldo C., Chará J. (2011). *Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4*, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.cipav.org.co/pdf/4.Servicios.Ambientales.pdf>.