



Identificación y mapeo de servicios ecosistémicos mediante el uso de la cartografía social como herramienta participativa en la planificación territorial de la cuenca del río Siquima entre los municipios de Albán y Guayabal de Siquima, Cundinamarca.

Juan Sebastián Morales Rubiano

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, agosto de 2019

Identificación y mapeo de servicios ecosistémicos mediante el uso de la cartografía social como herramienta participativa en la planificación territorial de la cuenca del río Siquima entre los municipios de Albán y Guayabal de Siquima, Cundinamarca.

Juan Sebastián Morales Rubiano

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director:
Viviana Osorno Acosta

Línea de Investigación:
Gestión para el Desarrollo Urbano Rural y Sostenible

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

*A mis padres y mis hermanos que
son mis fuerzas para seguir adelante.*

Agradecimientos

En primera instancia a Dios, que me ayuda día tras día y me guía en mi camino.

A mis padres, mis hermanos y mi familia por acompañarme, aconsejarme, soportarme y no dejarme desfallecer bajo ninguna situación.

A un par de docentes, que más que docentes fueron maestros e incluso amigos durante estos años, aportando conocimientos, críticas y lecciones de vida dentro y fuera del aula de clase. Ustedes saben quiénes son.

Por último, pero no menos importantes, la familia que elegimos. Sin las amistades de los que ahora agradezco en este momento, no habría sido tan agradable, enriquecedor y llevadero el tiempo en la Universidad. Gracias compañeros.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	6
Listado de tablas.....	8
Listado de figuras.....	9
Aspectos Éticos.....	9
Resumen.....	10
Abstract.....	10
Introducción	11
1. Planteamiento del problema	12
2. Justificación	13
3. Objetivos.....	14
3.1 General.....	14
3.2 Específicos	14
4. Marcos de referencia.....	15
4.1 Antecedentes	15
4.2 Marco conceptual.....	19
4.3 Marco normativo.....	22
4.4 Marco geográfico	25
4.4.1 Municipio de Albán.....	25
4.4.2 Municipio de Guayabal de Siquima.....	26
4.4.3 Cuenca del río Siquima	28
4.5 Marco institucional	29
4.6 Marco metodológico	30
4.6.1 Alcance y enfoque	30
4.6.2 Diseño y aplicación de la cartografía social.....	30
4.6.3 Perfil poblacional de los participantes.....	35
5. Resultados y análisis.....	41
5.1 Cuantificación y dispersión de los SE en la cuenca del río Siquima	41
5.2 SE de aprovisionamiento	48
5.3 SE culturales	48
5.4 SE de regulación	49
5.5 Cartografía social, SIG y planificación del territorio.....	50
6. Conclusiones y recomendaciones	56
Bibliografía	58
Anexos	62

<i>Anexo 1. Servicios ecosistémicos identificados por los habitantes en la cartografía 1</i>	<i>62</i>
<i>Anexo 1.1. Servicios ecosistémicos identificados por los habitantes en la cartografía 2</i>	<i>62</i>
<i>Anexo 2. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 1, Albán.</i>	<i>63</i>
<i>Anexo 2.1. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 1, Albán</i>	<i>63</i>
<i>Anexo 2.2. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 1, Albán</i>	<i>64</i>
<i>Anexo 3. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 2, Albán</i>	<i>64</i>
<i>Anexo 3.1. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 2, Albán</i>	<i>65</i>
<i>Anexo 3.2. Fotografía de los habitantes participantes de la cartografía social 2 tomando un refrigerio, Albán.</i>	<i>65</i>

Listado de tablas

Tabla.1. Descripción de los SE estudiados en el proyecto.....	20
Tabla 2. Normativa aplicable al ordenamiento y planificación de la cuenca del río Siquima.....	23
Tabla 3. Destinos turísticos de Albán en el marco de la Ruta Dulce y de Aventura.	26
Tabla 4. Atractivos turísticos y culturales de Guayabal de Siquima.	27
Tabla 5. Clasificación de coberturas en la cuenca del río Siquima según CLC para Colombia.....	32
Tabla 6. Sistema de clasificación propuesto para la cartografía social.....	34
Tabla 7. Descripción de actores participantes en la cartografía social	36
Tabla 8. Identificación de actores en la cuenca del río Siquima.....	39
Tabla 9. SE identificados por categoría y subcategoría en la cuenca del río Siquima – cartografía 1. ..	45
Tabla 10. SE identificados por categoría y subcategoría en la cuenca del río Siquima – cartografía 2.	46
Tabla 11. Cálculo de extensión por coberturas asociados a SE específicos – cartografía 2.....	46
Tabla 12. Cálculo de extensión por coberturas asociados a SE generales – cartografía 2.....	47
Tabla 13. Matriz de poder – interés (cualitativa) de involucrados en el proyecto.	54
Tabla 14. Estrategia de manejo de involucrados según su poder e interés en el proyecto.	54

Listado de figuras

Figura 1. Aplicaciones, técnicas e instrumentos entorno a los SE en la actualidad.....	18
Figura 2. Ubicación ambiental de los servicios ecosistémicos.	20
Figura 3. Perfil de elevación del río Siquima desde su nacimiento hasta su desembocadura.	29
Figura 4. Cuenca hidrográfica del río Siquima (CRS) generada en ArcMap 10.3.1	31
Figura 5. Mapa de actores en la cuenca del río Siquima.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Registros de asistencia y participación en las cartografías sociales.	40
Figura 7. Diagrama metodológico resumido del proyecto.....	41
Figura 8. Cartografía 1 base diseñada para identificación de SE en la cuenca del río Siquima	42
Figura 9. Cartografía 2 base diseñada para identificación de SE en la cuenca del río Siquima	43
Figura 10. Mapeo final de SE de aprovisionamiento – cartografía 1	43
Figura 11. Mapeo final de SE de aprovisionamiento – cartografía 2	43
Figura 12. Mapeo final de SE de regulación – cartografía 1	44
Figura 13. Mapeo final de SE de regulación – cartografía 2	44
Figura 14. Mapeo final de SE culturales – cartografía 1	45
Figura 15. Mapeo final de SE culturales – cartografía 2	45
Figura 16. Cartografía 1 representativa de los SE presentes en la cuenca del río Siquima	50
Figura 17. Cartografía 2 representativa de los SE presentes en la cuenca del río Siquima	51

Aspectos Éticos

Durante la realización del proyecto no se afectó ningún componente biótico u abiótico presente en la zona de estudio. Del mismo modo, tampoco hubo incidencia sobre los permisos de recolección de información de los encuestados, violación de su privacidad o cualquier otro aspecto que se le relacione.

Resumen

Los servicios ecosistémicos (SE) han tomado un valor importante en el desarrollo de investigaciones como la planeación del territorio, conservación de la biodiversidad o valoración ambiental, desde que fueron estudiados a profundidad por primera vez en 2005 a través de la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (MEA) y se clasificaron en aprovisionamiento, regulación y culturales. Para la identificación de los SE, se optó por el uso de una cartografía social generada dentro del marco del sistema *CORINE Land Cover* adaptado para Colombia para clasificación de coberturas, que en conjunto con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), contribuyeran al mapeo de los SE percibidos por los habitantes y presentes en la cuenca del río Siquima, abarcando los municipios de Albán y Guayabal de Siquima, Colombia. Los resultados por conteo mostraron un total de 54 SE identificados por los habitantes en la primera cartografía y 94 SE en la segunda, donde la mayor proporción estuvo inclinada hacia los SE de aprovisionamiento, por la vocación agrícola de la zona y la conexión que los habitantes establecieron entre los bienes que se pueden obtener del ecosistema, según la cobertura. En cuanto a extensión, los SE de regulación representaron la mayor proporción (50% del área de la cuenca). Por otra parte, permitió dar a conocer los potenciales de uso, aprovechamiento y preservación de los ecosistemas presentes en la cuenca con el fin de que la comunidad se apropie de sus recursos y siga los pasos necesarios para la implementación de los SE en políticas locales y regionales que contribuyan en la planificación del territorio, como el Plan Ambiental de Manejo de Microcuencas (PMAM), inexistente en la actualidad para la cuenca del río Siquima.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, Sistemas de Información Geográfica, ecosistemas, cuenca hidrográfica, planificación.

Abstract

Ecosystem services (ES) have taken an important value in the development of research such as land planning, biodiversity conservation or environmental assessment, since they were studied in depth for the first time in 2005 through the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) and were classified into provisioning, regulation and cultural. For the identification of the ES, it was decided to use a social mapping generated within the framework of the CORINE Land Cover system adapted for Colombia for classification of coverage, which together with the Geographic Information Systems (GIS), will contribute to the mapping of the ES perceived by the inhabitants and present in the Siquima river basin, covering the municipalities of Albán and Guayabal de Siquima, Colombia. The results by counting showed a total of 54 ES identified by the inhabitants in the first cartography and 94 ES in the second, where the highest proportion was inclined towards the supply ES, due to the agricultural vocation of the area and the connection that the inhabitants established among the goods that can be obtained from the ecosystem, according to coverage. In terms of extension, regulatory ES accounted for the largest proportion (50% of the basin area). On the other hand, it made it possible to make known the potential for use, exploitation and preservation of the ecosystems present in the basin so that the community appropriates its resources and follows the necessary steps for the implementation of the ES in local and regional policies that contribute to the planning of the territory, such as the *Plan Ambiental de Manejo de Microcuencas* (PMAM), which does not currently exist for the Siquima river basin.

Keywords: Ecosystem services, Geographic Information Systems, ecosystems, hydrographic basin, planification.

Introducción

Desde la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* en 2005, el auge de las investigaciones que han surgido en el campo de los servicios ecosistémicos (SE) tomó una jerarquía considerable, aunque no de la forma en que se espera, pues a la fecha, los estudios presentados respecto a estrategias para su gestión han sido explorados pobremente (Opdam *et al.*, 2015) y se presenta una falta de información empírica sobre los flujos de SE y de cómo estos varían en el tiempo, debido a que los sistemas de monitoreo no han sido diseñados para recolectar información relacionada a estos bienes de los ecosistemas (Haines, Potschin, & Kienast, 2012). Recientemente, se ha enfatizado sobre el hecho de que las funciones de los ecosistemas (el potencial de un ecosistema para proveer un bien) se convierten en un servicio (uso potencial actual del SE) únicamente si hay personas que se benefician de los SE presentes (Ala, Kotavaara, Alahuhta, Helle, & Hjort, 2016), por lo cual se puede deducir que la identificación de SE encuentra ligada a la presencia de comunidades o poblaciones en los ecosistemas.

En tanto al uso de las tecnologías y Sistemas de Información Geográfica (SIG), se manifestó su apogeo principalmente en disciplinas aplicadas al estudio de la tierra y su composición, tales como la cartografía y la geología; pero con el paso de los años y las necesidades intrínsecas de las poblaciones, han logrado integrar otras áreas del conocimiento en lo que respecta a la salud o humanidades, como la antropología y psicología (Corbett *et al.*, 2009). Sin embargo, mediante la ingeniería se logra un avance más significativo, creando lazos entre las diferentes disciplinas que hacen uso de los SIG y se remiten a los SE, para dar un enfoque más holístico y completo a la información recolectada, ofreciendo soluciones de mayor cobertura y campo de acción aún más específica que propendan por mejorar las condiciones de vida (Tamayo, 2014).

Una de las múltiples temáticas que comprende la ingeniería es el estudio de la relación del ser humano con los SE y la forma en que se valoran los recursos (Tamayo, 2014). A su vez, es tema de interés a la hora de abordar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para su aplicación, los cuales se han utilizado en múltiples estudios realizados referentes a cuencas hidrográficas y servicios ecosistémicos (así como otros usos en los que se incluye zonificación y ordenamiento territorial, estudios demográficos, análisis de uso y vocación del suelo, entre otros), como evaluaciones de sequía en una cuenca (Ramkar & Yadav, 2018), impactos de la variabilidad espacial de la lluvia en la hidrología y en el modelado de contaminación de fuentes no puntuales (Zhenyao, Lei, Qian, Ruiming, & Qian, 2012), y por supuesto el mapeo de servicios ecosistémicos bien sea de forma general o enfocado hacia uno en específico: aprovisionamiento, regulación o cultural (Lee, Seo, Koellner, & Lautenbach, 2019).

Los servicios ecosistémicos hacen parte de cualquier comunidad existente, bien sea que se tenga conocimiento de estos o no; pues mediante estos bienes que ofrecen los ecosistemas se facilita el desarrollo de las actividades humanas, así como relaciones simbióticas cotidianas que no serían posibles sin la existencia de los SE. Por tal razón, es importante identificarlos para que puedan ser articulados a diferentes escalas, en procesos como la planeación y conservación de los ecosistemas, valoración de ecosistemas o alguna de sus tantas aplicaciones (Keenan, Pozza, & Fitzsimons, 2019), según el tema de interés para la investigación, sin hacerlos de lado para verlos únicamente como una cuestión académica, investigativa o conceptual. En el marco normativo nacional, destaca la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), que reconoce la importancia de identificar y evaluar los beneficios aportados por los SE, fomentando la participación y corresponsabilidad de los actores inmersos en el proceso de conservación (Tamayo, 2014).

Mediante el presente trabajo, se analizó la presencia de SE presentes en la cuenca hidrográfica del río Siquima con ayuda de pobladores localizados en la cabecera municipal de Albán, quienes tienen conocimiento tanto su municipio como las zonas aledañas (incluyendo el municipio de Guayabal de Siquima), debido al largo tiempo que llevan establecidos allí, aportando información verídica.

1. Planteamiento del problema

Una consecuencia del crecimiento acelerado que ha tenido la humanidad en el último siglo es la explotación, degradación y destrucción de los ecosistemas según los informes emitidos por la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés)* en 2005, lo cual ha traído consecuencias como el cambio climático o extinción de especies, que si bien no se distinguen a corto plazo, muestran sus consecuencias con el paso de los años, cada vez más nefastas e irreversibles (Balvanera *et al.*, 2011; Organización de las Naciones Unidas, 2005). Desde luego, esta afectación a los ecosistemas incluye las cuencas hidrográficas, que se constituyen como unidades de análisis esenciales en la planeación del territorio por las interacciones que presenta con los componentes sociales, económicos y ecológicos propios de la zona (MADS, 2018).

En cuanto a la planeación del territorio, las autoridades encargadas encuentran problemáticas al momento de hacer evaluaciones para diferentes paisajes y ecosistemas enteros presentes en una región, así como encontrar el consenso para múltiples necesidades y demandas en la población, lo cual provoca conflictos como definir el uso de una porción de tierra para diferentes fines y servicios que cada quien considera prioritarios desde su perspectiva (Koschke, Fürst, Frank, & Makeschin, 2012). Así, sitúa la competencia de los servicios ecosistémicos para contribuir en este tipo de disidencias, aun cuando poco se tienen en cuenta en los procesos de toma de decisiones (Koschke, Fürst, Frank, & Makeschin, 2012).

Es importante tener en cuenta que la distribución espacial de los Servicios Ecosistémicos (SE) no es homogénea en un territorio y depende factores como las actividades que se desarrollan, el potencial de uso del suelo y/o las políticas relacionadas al aprovechamiento de los recursos naturales a disposición de la población (Cárdenas, 2016), por lo cual es importantes definir bien sea, una escala de análisis o zona de interés, de modo que puedan tomarse en cuenta medidas para la planificación del territorio y se apoyen tanto a responsables como *stakeholders* en la definición y aplicación de estrategias en cuanto a los SE identificados (Rodríguez *et al.*, 2016).

Para el contexto del estudio, merece destacar que se encuentra una suposición implícita sobre el hecho de que, si las personas tomaran conciencia (verdaderamente y no superficial ni esporádicamente), de los beneficios que nos prestan los ecosistemas, más allá de lo que se ve y es tangible, entonces su comportamiento con respecto a la naturaleza podría cambiar sustancialmente (Opdam *et al.*, 2015). Algunos de los problemas que atañen al suministro hídrico son el desvío de su cauce, retención ilegal del agua y/o vertimientos de aguas residuales (Terrado *et al.*, 2016).

La elaboración del problema gira entorno a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los SE identificados por la población, que se asocian a los diferentes usos del suelo en la cuenca del río Siquima, mediante una cartografía social que contribuya en la planificación territorial?

2. Justificación

El proyecto aporta a la identificación de bienes ofrecidos por los ecosistemas, de los cuales sacamos provecho habitualmente, incluso sin tener conocimiento de ello, especialmente en zonas poco permeadas de urbanización, donde se conservan mejor las condiciones naturales de los ecosistemas y abunda la riqueza biológica por la oferta que proveen las especies nativas de flora, fauna y factores abióticos, como la presencia de la cuenca del río Siquima.

Para tal fin, es igualmente importante la identificación inicial de coberturas en la cuenca (con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica – SIG) según los usos del suelo, para relacionarlos posteriormente con los SE percibidos por la población (grupo muestra) en una cartografía social. Estas herramientas en conjunto permiten dar un análisis del estado actual de la cuenca según las principales actividades desarrolladas por los pobladores y el aprovechamiento que estos efectúan sobre de los bienes en la zona de estudio, con el fin de ofrecer alternativas, soluciones y/o herramientas en la planificación ambiental del territorio (Vorstius & Spray, 2015), respecto a la cuenca hidrográfica del río Siquima. La identificación de SE en un territorio, y en especial en una cuenca hidrográfica, permiten instaurar alertas tempranas, planes de contingencia u otros mecanismos frente a fenómenos naturales como el cambio climático, puesto que a menudo, los SE son asociados a ciertas tendencias de uso y transformación del territorio (Rincón, Lara, Castro, & Rojas, 2016). Asimismo, se pretende mostrar la utilidad de la cartografía social como instrumento de recolección de información efectivo e incluyente con las comunidades, quienes son los beneficiados o afectados por las decisiones que se toman en su territorio y quienes poseen el conocimiento de este (Kalume *et al.*, 2008).

Como contribución de la Ingeniería Ambiental, se busca identificar la presencia de los servicios ecosistémicos para darles un mejor manejo, aprovechamiento y preservación a los ecosistemas, de modo que puedan asegurar una provisión sustentable (Balvanera *et al.*, 2011) y que se conjeturen dichas alternativas dentro de un marco normativo, ofrecido en primera instancia por el Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) del río Negro (el cual no debe confundirse con el POMCA del río Negro para Antioquia bajo jurisdicción de la Cornare) emitido bajo *el decreto 1640 de 2012*, regulado por la CAR Cundinamarca y Corpoboyacá; y en segunda instancia por los lineamientos de los Planes de Manejo Ambiental de Microcuenca (PMAM), aun cuando el río Siquima no cuente actualmente con uno. En vista de que los parámetros sobre cómo aplicar los SE a la planificación ambiental, territorial y de uso del suelo escasean (Woodruff & BenDor, 2016), el presente estudio puede servir como una base para su integración y reconocimiento a escalas locales. Por su parte, el mapeo de SE es esencial para contribuir al bienestar humano y apoyar políticas que tienen un impacto en los recursos naturales de las poblaciones (Burkhard & Maes, 2017).

3. Objetivos

3.1 General

Establecer una estrategia participativa de identificación y mapeo de servicios ecosistémicos mediante una cartografía social para la planificación territorial respecto a la cuenca del río Siquima entre los municipios de Albán y Guayabal de Siquima, Cundinamarca.

3.2 Específicos

1. Caracterizar los usos del suelo actuales en la cuenca del río Siquima, entre los municipios de Albán y Guayabal de Siquima
2. Determinar los servicios ecosistémicos asociados a los diferentes usos del suelo que percibe la población.
3. Proponer estrategias para la planificación territorial que permitan conservar en buen estado las condiciones actuales de la cuenca del río Siquima.

4. Marcos de referencia

4.1 Antecedentes

La primera vez que alguien habló sobre SE, y de la que se tenga registro, fue Daily (1997) mediante su libro “*Servicios de la Naturaleza: Dependencia social sobre ecosistemas naturales*”, donde describía y definía qué eran los SE en la introducción, además de tratar temas respecto a su carácter y valor, el daño que se les ha causado y las implicaciones y consecuencias para la sociedad humana. Esto ha llevado a diversos autores a incursionar en este campo para proponer herramientas que den respuesta a las problemáticas de las sociedades en relación con los SE. Por ejemplo, Balvanera *et al.* (2011) establecieron marcos conceptuales para el análisis interdisciplinario de SE en Latinoamérica (ya que, según ellos, la tendencia y comportamiento de los SE no es igual en todas las regiones), de modo que existieran unos lineamientos base para quienes aborden esta temática desde diferentes áreas del conocimiento, mientras que otros como Vorstius & Spray (2015) realizaron comparaciones entre herramientas para el mapeo de SE (en valoraciones, inclusiones para planificación y toma de decisiones o aprovechamiento sostenible de los recursos), que ayudaran a otros usuarios en la elección de la herramienta adecuada según el tipo de datos y estudio a realizar, ya que de esto depende su precisión y fiabilidad en los resultados obtenidos.

A pesar del desconocimiento que existe sobre el concepto de los SE por una gran mayoría de la población, es un hecho que se encuentran implícitos en la cotidianidad de las actividades antrópicas y que a su vez somos totalmente dependientes de estos (Balvanera *et al.*, 2011). Autores como Silvetti (2011) han estudiado la relación existente entre los campesinos y los SE a través de la ecología política que incluye los conceptos de solidaridad ecosocial y proyecto ecosocial, los cuales permiten orientar las prácticas campesinas con respecto a los SE. La revisión también manifestó una relación bastante fuerte entre los campesinos y los SE, aun cuando gran proporción del gremio desconozca qué tipo de beneficio está aprovechando en su labor agrícola; sin embargo, el cuidado y protección que puedan ejercer sobre los mismos varía de acuerdo con la protección que la sociedad les garantice. Otros como Rincón *et al.* (2019), corroboraron planteamientos acerca de los exigüos estudios sobre SE, y en específico de su relación con el análisis de conflictos ambientales en contextos latinoamericanos, tomando como objeto de estudio nacional a Colombia y local la cuenca del río Coello en Cajamarca, Tolima. Los resultados obtenidos gracias al uso de encuestas y la plataforma *AJAtlas*, permitieron transmitir a los investigadores la percepción de los habitantes sobre las principales actividades que desatan problemáticas ambientales, siendo la minería y los combustibles fósiles, los primeros en encabezar las listas. Las conclusiones apuntan a la utilidad de los SE en la identificación de conflictos de diversas índoles (no solamente ambientales) y al empoderamiento de las comunidades para actuar al respecto, protegiendo los ecosistemas y los recursos que extraen de ellos.

La identificación de SE ha tomado gran relevancia en las últimas décadas, donde se han definido los 3 grandes grupos dentro de los cuales se clasifican los SE (aprovisionamiento, regulación y culturales) según la MEA (2005). Gracias a esto, en la actualidad están logrando una participación más notable en la planificación del territorio, en el marco de políticas ambientales (Keenan, Pozza & Fitzsimons, 2019; Egoh *et al.*, 2008) a través de estrategias ya existentes como los Pagos por Servicios Ambientales (PSE), ahora aplicados de manera más rigurosa donde se evalúan las diferentes capacidades de los ecosistemas para prestar sus servicios, siendo más asertivo el costo monetario que se establece finalmente sobre los PSE, y no visto como una fórmula insípida de solo reemplazar valores según magnitudes de área u ocupación del territorio. De los tres grandes grupos de SE, quizá los menos

considerados a plenitud en evaluaciones y análisis son los servicios culturales, debido a cambios metodológicos en las investigaciones y la inmaterialidad que representa su estudio. Por ejemplo, el hecho de que las poblaciones participen relaten distintos SE culturales a nivel local, según condiciones propias como su bienestar individual (Plieninger, Dijks, Oteros, & Bieling, 2013). A pesar de estos avances, no se deja de lado que el concepto de SE aún se encuentra muy asociado a lo ecológico y la literatura científica, pero poco se asocian a políticas y ciencias donde incurre la planeación espacial territorial (Opdam *et al.*, 2015).

Abordando el campo de los SIG, resulta pertinente mencionar que también se relacionan con los SE, destacando la facilidad que otorgan para mostrarlos gráficamente o darle algún tratamiento específico a los datos geográficos que sean de utilidad. Para casos prácticos, Hoerbinger, Immitzer, Obrietan & Rauch (2018), integraron los conceptos de “infraestructura verde” y “servicios ecosistémicos” para el manejo de vegetación en líneas ferroviarias (como recurso paisajístico) mediante el uso de un SIG de alta resolución que aportara información espacial y geográfica suficiente en la creación de mapas que orientara a los operadores ferroviarios a considerar la demanda del SE cultural en trabajos de construcción y mantenimiento, así como a la toma de decisiones. Por otro lado, Schägner *et al.* (2018), investigaron los determinantes espaciales de valores para el SE recreacional a través 245 estimados monetarios por visita recreacional en 147 áreas naturales de Europa, mostrando los resultados de diferentes regresiones en capas ráster arrojadas por *ArcMap 10.2*. Los mapas de los valores simulados por visita y costo monetario, por hectárea, mostraron como difieren los valores recreacionales a lo largo del espacio, y que pueden ser usados para evaluar la importancia recreacional de diferentes áreas naturales. Cabe destacar que el estudio fue pionero en la combinación de SIG con meta-análisis.

Los SIG también se han empleado para realizar análisis espaciotemporales con ayuda de la interpolación, lo cual ha generado estudios muy útiles para simular el comportamiento de uno o varios factores en un periodo de tiempo determinado en las cuencas hidrográficas, permitiendo modelar datos de interés desconocidos. Por ejemplo, Ramkar & Yadav (2018), realizaron un análisis de sequías en la cuenca del río Tapi en India, basados en características propias de este fenómeno como lo son la intensidad y duración. Para ello, fue necesario conocer el decil de lluvia y los índices de precipitación estandarizados y de reconocimiento de sequías para modelar el flujo de corriente en periodos severos de sequía con el método de *IDW* (*Ponderación de la distancia inversa por sus siglas en inglés*), de modo que, al conocer la tendencia del comportamiento en los resultados, pudieran tomar medidas al respecto en la toma de decisiones local y colaborar a los responsables. De manera similar, Cheng *et al.* (2017), realizaron una evaluación del rendimiento de tres métodos de interpolación espacial (*IDW*, polígono de Thiessen y co-kriging) de procesos de simulación hidrológicos para precipitación en la cuenca de Tres Gargantas, China, donde se evidenció que son muy ventajosos en periodos de fuertes lluvias, pero deficientes en periodos de lluvias ligeras según cálculos de coeficientes (R^2) y de promedio de error cuadrático (RMSE por sus siglas en inglés). Aunque el uso de la interpolación no se encuentra frecuentemente aplicado de manera directa sobre los SE, autores como Jullian, Nahuelhual, Mazzorana & Aguayo (2018), aplicaron la interpolación por medio de kriging para estimar la precipitación relacionada a su periodo de retorno en diferentes escalas de tiempo, con el objetivo de evaluar el SE de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación y expansión forestal en Chile.

Otro tema de importancia entorno al estudio de los SE es la valoración de los ecosistemas, de la cual se han registrado diversos aportes, de modo que se pueda conocer una estimación real de lo que produce un ecosistema (y que a simple vista no se distingue), en términos numéricos y económicos, así como de

comprender su importancia fuera de un contexto biológico (Cárdenas, 2016). La importancia de la valoración de la biodiversidad y los SE es tal, que el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2014), elaboró un documento guía metodológica y conceptual para estudiar estos aspectos, teniendo en cuenta referentes como la *MEA* (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio) y *TEEB* (Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad), análisis de *trade-offs* (balances o compensaciones entre opuestos), definiciones y solución de interrogantes como: “¿Para qué hacer una valoración integral?” o “¿Cómo hacer una valoración integral?”. Este tipo de instrumentos apoyan el ejercicio académico e investigativo, y son coherentes con la normativa nacional expedida, al brindar herramientas para su análisis, pues en 2012, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) junto al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), establecieron la *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos* (PNGIBSE). La principal razón de ser de esta política se fundamentó en poder orientar la gestión de los SE y la biodiversidad para conservarlos en buenas condiciones y haciendo frente al cambio climático, además de manifestar la resiliencia, para de este modo contribuir al mejoramiento y bienestar en la calidad de vida de los colombianos.

Como ejemplos aplicados de la valoración de ecosistemas, Cárdenas (2016) demostró mediante el uso *InVEST* (software gratuito para modelar y mapear valores de SE) que, para la cuenca del río Claro en el departamento de Caldas, los valores de secuestro de carbono como SE de regulación, fueron los más altos con un total de 14.423 USD respecto al rendimiento hídrico y calidad del hábitat, también evaluados. De este modo, se pudo evidenciar la utilidad en la identificación de los SE para impulsar y financiar espacios estratégicos de los ecosistemas para conservación y restauración. Por su parte Bertoni & López (2010), realizaron la respectiva valoración de la Reserva de Biosfera de Mar Chiquita en Argentina por medio de encuestas de percepción socioculturales y ambientales, aplicadas a las 76 familias residentes del lugar. La misma se dividió en tres bloques: perfil socioeconómico, valoración económica de la reserva y valoración subjetiva de la calidad ambiental percibida; facilitando la agrupación de la información. El estudio permitió concluir una alta satisfacción del lugar donde se vive.

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) no se ha quedado atrás y en su esfuerzo por la conservación de la naturaleza y los ecosistemas también ha enfocado parte de sus recursos a investigaciones en cuanto a SE, donde se ha buscado integrarlos para la toma de decisiones a través de la valoración ambiental, su inclusión en la política local y regional, y la construcción de escenarios que permitan conocer los impactos positivos y negativos sobre los diferentes componentes ecosistémicos y económicos, como el caso del *Corredor Tri-nacional de Áreas Protegidas*, donde se realizó la respectiva valoración ambiental (apoyada con *InVEST*) en la cuenca del río Putumayo en la Amazonía, donde hay presencia de parques y reservas establecidas como áreas protegidas de Ecuador, Colombia y Perú (Pacha, 2014).

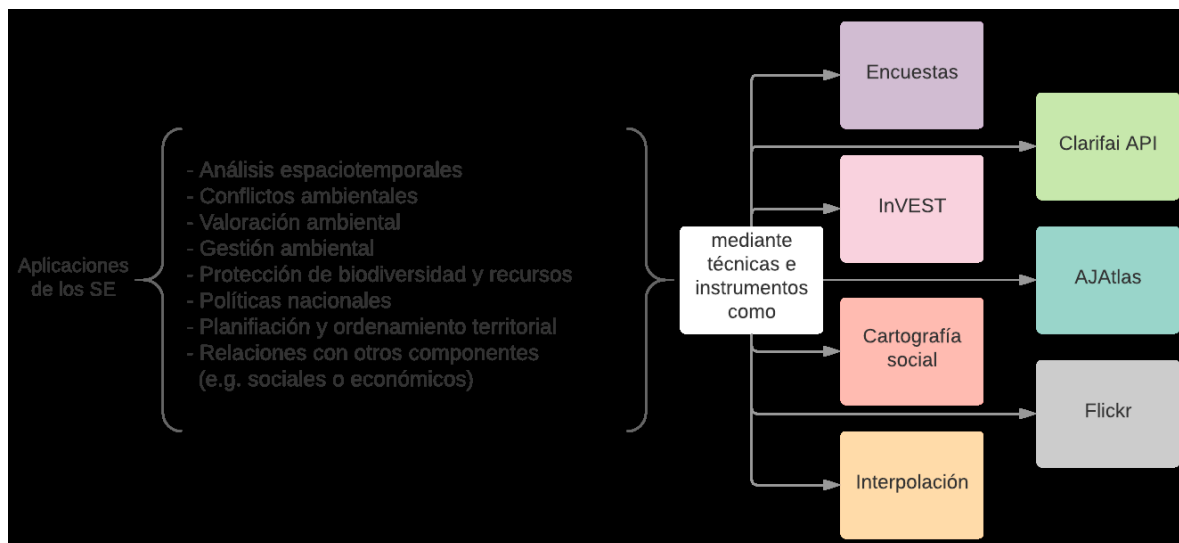
Para el mapeo de SE culturales se ha optado por el uso de instrumentos como encuestas de campo para la recolección de datos o incluso el uso de imágenes georreferenciadas de portales como *Flickr* debido a la dificultad de asociarlos por su carácter intangible. Lee *et al.* (2019) separaron más de 12.000 imágenes por etiquetas en la cuenca del estado de Saxony, Alemania; que les permiten tener una referencia geográfica de los datos para su mapeo con el software *Clarifai API*, permitiendo identificar servicios culturales de estética del paisaje, principalmente. Por otro lado, en la misma zona de estudio, la investigación realizada por Plieninger *et al.* (2013), en cinco villas del estado mencionado, dio como resultado la obtención de 833 SE culturales (divididos en las 18 categorías establecidas en la MEA en

2005) percibidos por los encuestados, a través de encuestas que se corroboraron participativamente con la comunidad en un mapa de la zona, producido en *ArcMap 9.3*.

Para enunciar casos aplicados de cartografías sociales como herramienta de investigación, Montañez (2018) realizó una caracterización y mapeo participativo de SE en Aquitania, Boyacá, en la cual utilizó como técnicas grupos focales, talleres participativos y la aplicación de una cartografía social para identificar cambios en el tiempo de los diferentes SE descritos por la comunidad en los últimos 30 años que contribuyeran en la solución de las principales problemáticas ambientales entorno a la laguna de Tota, así como de enfocarse en las zonas y ecosistemas que estaban siendo mayormente intervenidos y afectados por las actividades turísticas, comerciales y cotidianas. De manera similar, Landeros & Valdivia (2018), demostraron que el método de cartografía social puede convertirse en un dispositivo político que permite visualizar otros saberes territoriales que se buscan plasmarse en un mapa, con el fin hacer valer los derechos territoriales indígenas. Como complemento en el uso de la cartografía social, Forero (2015), en su estudio de “cartografía social para la planeación territorial y gestión en la cuenca del río Salitre”, encontró que resulta ser una herramienta cualitativa a tener en cuenta en el diagnóstico de problemáticas geográficas, recursos naturales, delimitación de territorios, planeación, resolución de conflictos, entre otros; mediante la cual los habitantes identifican con facilidad las variables que se les pide, según el objetivo del estudio. También halló la necesidad de discutir los resultados obtenidos apoyándose en las herramientas que ofrecen los SIG para su análisis y mapeo, que utilizó para trazar corredores biológicos como propuesta de mejoramiento.

En general, se pueden resumir algunas de las aplicaciones de los SE, así como métodos de recolección/gestión de información abordados en este apartado, mediante el siguiente gráfico:

Figura 1. Aplicaciones, técnicas e instrumentos entorno a los SE en la actualidad.



Fuente: Elaboración propia

Nota: Las técnicas e instrumentos suelen combinarse para dar un enfoque y alcance más integral a la investigación que se esté llevando a cabo.

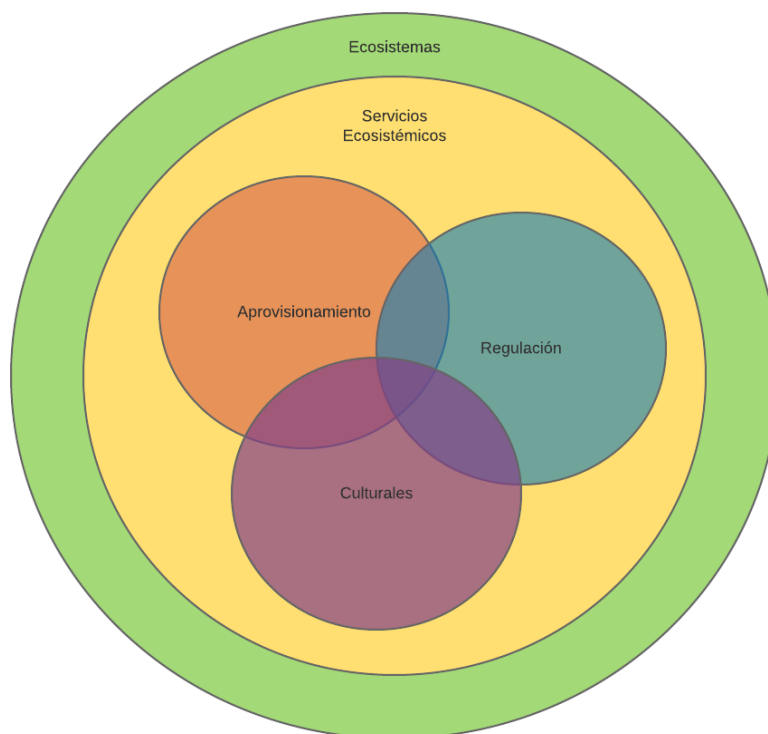
En cuanto a las cuencas hidrográficas, cuya unidad de desarrollo es vital en las comunidades aledañas (las cuales hacen un aprovechamiento constante de los recursos asociados a estos cuerpos de agua); son objeto importante de estudio debido a que, no solamente se efectúa un uso sobre los SE que proveen, sino que de manera simultánea, se genera en ellas una afectación puntual y al ecosistema por malas prácticas aplicadas y que se ven reflejadas mediante vertimientos, reducción de la ronda hídrica, dragado y/o erosión del suelo (Terrado *et al.*, 2016).

Es importante mencionar que, en lo que concierne a SE y cuencas hidrográficas, se ha venido desarrollando el concepto de Servicios Ecosistémicos Hidrológicos (SEH), los cuales son exclusivos de hoyas hidrográficas y se puede estimar con ellos otros factores como la pérdida de suelo por erosión hídrica potencial (EHP) y erosión hídrica actual (EHA) en un periodo de tiempo establecido (Arellano & Ruiz, 2018). Los SEH están asociados a factores meteorológicos e hidrológicos, así como a los SE de aprovisionamiento principalmente, pues deben conocerse primariamente componentes como el flujo de agua o escurrimiento disponible antes de efectuar cálculos y análisis matemáticos (Arellano & Ruiz, 2018).

4.2 Marco conceptual

El concepto de “servicios ecosistémicos” nace en la década de los 70’s, producto del movimiento ambiental estadounidense, y se definen como aquellos bienes que nos ofrecen los ecosistemas y de los cuales se obtiene un provecho para mejorar nuestra calidad de vida respecto a las condiciones actuales (Balvanera *et al.*, 2011; MEA, 2005). Estos se dividen en tres (3) categorías según la MEA (2005) como muestra la **Tabla 1**, y su identificación está muy dada a lo que cada individuo percibe sobre ellos.

Figura 2. Ubicación ambiental de los servicios ecosistémicos.



Fuente: Elaboración propia según información de la MEA (2005).

De la **Figura 2** puede inferirse que, a pesar de dividirse en categorías, los SE no son independientes los unos de los otros, sino que, por el contrario, interactúan entre sí. Por ejemplo, no puede existir secuestro de carbono sin vegetación encargada del proceso, que a su vez sea fuente de madera y/o alimentos. Del mismo modo, sería ilógico pensar que un suelo erosionado puede contribuir al control natural de inundaciones.

Sin importar las características que tenga un SE, el proceso de percepción local es sumamente importante para abordar temáticas respecto a cómo se debe conservar la biodiversidad y los ecosistemas, en tanto se conozca y comprenda la subjetividad que existe en ello, así como la forma en que los habitantes asumen su entorno natural desde que residen en él, estableciendo conexiones e interacciones (Bertoni & López, 2010).

Tabla.1. Descripción de los SE estudiados en el proyecto.

Servicio Ecosistémico	Descripción	Ejemplos
Aprovisionamiento	Son aquellos que las poblaciones obtienen directamente de los ecosistemas, así como de su transformación.	Disponibilidad del recurso hídrico Provisión de madera Suministro de alimentos
Regulación	Son consecuencia de los procesos complejos que mantienen las condiciones	Regulación del clima Control de sequías Control de inundaciones

	del ecosistema	
	Son aquellos beneficios no	
	tangibles que se derivan de	Recreación
Cultural	las interacciones entre los	Estética del paisaje
	individuos y los	Sensación de tranquilidad
	ecosistemas	

Fuente: Adaptado de Arellano & Ruiz (2018).

Nota: No se tomaron en cuenta los SE de apoyo puesto que su apreciación es poco notable y se dificulta su mapeo en el ejercicio de cartografía social según sugieren Arellano & Ruiz (2018), y se evita contabilizar dos veces un mismo servicio que puede encajar en dos categorías (Rodríguez et al., 2016). Por otro lado, la MEA (2005) los agrupa todos como SE de apoyo.

En lo que respecta a los Sistemas de Información Geográfica, Corbett *et al.* (2009), señalan que son tecnologías que se apoyan en equipos computacionales y software, que se utilizan con el fin de almacenar, recuperar, mapear y dar análisis a los datos geográficos. Este trabajo se realiza fundamentalmente con los mapas. Con ayuda de los SIG pueden realizarse diversos análisis y crear mapas, que pueden usarse en la elaboración de cartografías sociales, cuyo propósito es servir como herramienta participativa en cuanto a las variables de interés a analizar (Forero, 2015; Barragán, 2019), como lo son los SE en el presente trabajo. Habergger & Mancilla (2006) indican que “mediante la cartografía social se estudian los procedimientos en obtención de datos sobre el trazado del territorio, para su posterior representación técnica y artística, y los mapas, como uno de los sistemas predominantes de comunicación a ésta”

Los términos para referirse a la cartografía social son varios, por ejemplo: cartografía social indígena, contra cartografía, cartografía comunitaria, SIG participativo o mapeo comunitario. A pesar de estas variaciones, todas comparten la característica “suprema” de que, es la comunidad la encargada de realizar los mapas, ya que nadie conoce el territorio mejor que ellos (Bracerías, 2012). Otros como Corbett *et al.* (2009), también se refirieron a las cartografías participativas, como aquel “proceso de levantamiento de mapas que trata de hacer visible la asociación entre la tierra y las comunidades locales empleando el lenguaje comprendido y reconocido comúnmente de la cartografía”. Por último, se trae a colación la definición de Arango, Sánchez & Mesa (2014) citada por Landim, da Silva & Oliveira (2016), quienes indican que la cartografía participativa “es un instrumento de producción de conocimiento en una perspectiva dialógica basado en la apertura de conocer y experimentar el territorio teniendo en cuenta las percepciones y deseos de los grupos sociales involucrados en el proceso mapeo participativo y colaborativo”.

Un elemento importante dentro de los SIG, e importante en la elaboración de cartografías, es la georreferenciación, cuyo proceso consiste en asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura el concepto aplicado a una imagen digital implica un conjunto de operaciones geométricas que permiten asignar a cada pixel de la imagen un par de coordenadas (x, y) en un sistema de proyección (Observatorio de Políticas Públicas de Medellín, 2013) y el datum, que consiste en la descripción matemática de la posición del origen, la escala y la orientación de los ejes de un sistema de coordenadas (ICONTEC, 2013).

Por su parte las cuencas hidrográficas, también conocida como hoyas hidrográficas, son definidas como:

Área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.
(MADS, 2012).

Aunque la definición de cuenca hidrográfica es necesaria para contextualizar el estudio, el río Siquima es en realidad una microcuenca, la cual se define como aquella cuenca que está dentro de una Subzona hidrográfica o su nivel subsiguiente, cuya área de drenaje es inferior a 500 km²” (MADS, 2012). No obstante, la microcuenca del río Siquima no deja de comportarse como un sistema complejo que y abierto que presenta interacciones con diferentes componentes (social, económico y ecológico) que afectan la disponibilidad de los recursos y, por ende, el bienestar de las comunidades que se benefician de ella (MADS, 2018); características que también se atribuyen a las áreas hidrográficas, cuencas y subcuencas.

Los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) los define el decreto 1640 de 2012 en el artículo 18 como aquel instrumento de planeación del uso coordinado del suelo, las aguas, la flora y la fauna, en el manejo de la cuenca, que mantienen el equilibrio entre aprovechamiento y conservación de su estructura natural. Por su parte, los Planes de Manejo Ambiental de Microcuenca (PMAM), son igualmente instrumentos de planeación, cuyo objeto y responsabilidad define el decreto 1640 de 2012 en el artículo 54, y corresponde a la “planificación y administración de los recursos naturales renovables de la microcuenca, mediante la ejecución de proyectos y actividades de preservación, restauración y uso sostenible de la microcuenca”. La formulación de dichos planes estará a cargo de la Autoridad Ambiental Competente (AAC), que para el caso del río Siquima, es la CAR Cundinamarca.

4.3 Marco normativo

Colombia se destaca como uno de los países con mayor cantidad de normativa referente a prácticamente cualquier tema económico, social o ambiental que se relacione a través de distintos actos administrativos emitidos por los diferentes organismos y entidades que conforman el ambiente legislativo nacional, como el senado, los ministerios o alcaldías.

La importancia del marco normativo radica principalmente en los lineamientos base que se deben tener en cuenta para la ordenación y planificación del territorio, y en segunda instancia, para tener conocimiento sobre los principios orientadores que se han establecido con el transcurso de los años en cuanto a protección del medio ambiente, recursos naturales y SE; motivo por el cual se reúne la normativa relacionada más relevante en cuanto a los temas abordados, aunque no se palpe una aplicación directa de todas para con el proyecto.

En el caso particular del presente trabajo, se toman en cuenta algunas disposiciones emitidas por la Ley 99 de 1993, así como normativa específica que se relata en la **Tabla 2**. Algunas son aplicables en su totalidad, mientras que otras lo son parcialmente.

Tabla 2. Normativa aplicable al ordenamiento y planificación de la cuenca del río Siquima.

Acto legislativo	Definición	Aplicabilidad
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones	Art 18. Establecer normas para el manejo de cuencas en su área de jurisdicción
		Art 19. Ejecutar acciones para la defensa y protección de las cuencas hidrográficas
		Art 33. Creación de las Corporaciones Autónomas Regionales
		Art 43. Tasas por utilización de aguas en cuencas con y sin POMCA adoptado
Resolución 715 de 2018	Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: Magna-Sirgas	Se aplica en su totalidad
Decreto 1640 de 2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos	Se aplica en su totalidad Enfoque principal en el Título V Capítulo I, sobre Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas
Resolución 1597 de 2005	Por la cual se declara en Ordenación la cuenca hidrográfica del Río Negro	Se aplican parámetros correspondientes a la subcuenca del río Tobia, a la cual pertenece la microcuenca del río Siquima
Resolución 0327 de 2009	Por medio de la cual se aprueba el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Negro, en jurisdicción de la CAR Cundinamarca.	Se aplican parámetros correspondientes a la subcuenca del río Tobia, a la cual pertenece la microcuenca del río Siquima
Estándar Institucional para Información de Cartografía Base	Su propósito es servir como guía para todos los proyectos de captura de información cartográfica base del Instituto y deben formar parte de los	Se aplica en su totalidad

	términos de referencia de cualquier contrato que se adelante para este fin.	
Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos	Iniciativa propuesta con el fin de conservar y valorar la biodiversidad, con el fin de prevenir y controlar su acelerada pérdida y transformación.	Se aplica en su totalidad
Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico 2010 - 2022	Establece objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, para un periodo de 12 años.	Contribuye a la formulación de políticas para el manejo de cuencas dadas por los lineamientos y directrices de la presente política
Plan de Gestión Ambiental Regional 2012 – 2013	Instrumento valioso en la planificación estratégica regional del territorio y desarrollo en escenarios sostenibles, bajo jurisdicción de la CAR, apoyado en POMCA's, POT's y otros planes.	Síntesis Ambiental de la cuenca del río Negro y pautas generales de la planificación regional. Aplica en su totalidad por ser de carácter regional.
		Art 11. Hace referencia a las cuencas como recurso natural
		Art 66. Representación cartográfica de los servicios de recursos naturales
		Ofrece los primeros lineamientos para el manejo de cuencas hidrográficas.
Decreto Ley 2811 de 1974	Expone el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Art 152. Suspensión de concesiones cuando se encuentre en peligro de agotamiento la disposición de agua
		Art 156. Proteger y desarrollar las cuencas hidrográficas
		Cap. III. Todo lo relativo a las

		cuencas hidrográficas
Ley 388 de 1997	Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y refiere parámetros en cuanto a Ordenamiento Territorial.	Manifiesta sinergia de los POT con los POMCA y otras disposiciones importantes en cuando a ordenamiento y planificación del territorio

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Marco geográfico

Los factores mencionados a continuación para cada municipio y como descriptivos de la cuenca del río Siquima son claves para identificar y analizar los servicios ecosistémicos de (i) aprovisionamiento por medio de componentes como disponibilidad bosques como recurso maderable; (ii) de regulación por medio de componentes como el secuestro de carbono y (iii) culturales por medio de componentes como disponibilidad de zonas verdes para recreación.

Para ambos municipios fue fundamental, en cuanto a legado cultural, el asentamiento y paso de la tribu indígena Panche, ya que confecciona parte de la historia de los municipios y hoy en día perduran sus vestigios tangible (rocas talladas con petroglifos) e intangiblemente (como la adopción de vocablos para nombrar la vereda “Resguardo” en Guayabal de Siquima, del quechua “Muizane” o la denominación “Chirgua” para Albán antes de ser reconocido por su actual nombre, y cuyo significado es “Agua Fría”) (Alcaldía Municipal de Albán, 2008; Concejo Municipal de Guayabal de Siquima, 2008).

4.4.1 Municipio de Albán

El municipio de Albán se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, en la provincia del Gualivá, 60 km al oeste de Bogotá D.C., en el sector noroccidental del departamento a una altura de 2245 m.s.n.m. Limita al suroriente con el municipio de Guayabal de Siquima, al sur con Anolaima y al este con Facatativá y al norte con Sasaima. Cuenta con una extensión de 53 km² y una temperatura promedio de 16°C. (Plan de Desarrollo Albán, 2008). Tiene una población aproximada de 6136 habitantes según el censo del DANE (2018) distribuida en 14 veredas.

Dentro de las actividades económicas del municipio se encuentra el turismo, que mediante el *Convenio de Asociación SIR No. 12 de 2016* busca “aunar esfuerzos administrativos, técnicos y financieros entre la Secretaria de Integración Regional de Cundinamarca y la Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN), para el fortalecimiento del desarrollo económico de las Provincias del Valle de Ubaté y Gualivá mediante el diseño de rutas turísticas regionales”. El mismo definió para Albán 22 destinos turísticos importantes, de los cuales se condensan los 15 más relevantes en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Destinos turísticos de Albán en el marco de la Ruta Dulce y de Aventura.

Destino turístico	Ubicación	Clasificación
Reserva Natural Peña del Aserradero	Vereda Las Marías	Natural
Cascada río Dulce	Vereda Las Marías	Natural
Eco museo Rincón de los Dioses	Vereda Garbanzal	Cultural
Hacienda La Sensitiva	Vereda Pantanillo	Cultural
10 Leguas a Santa Fe	Vereda Pantanillo	Cultural
Museo Casa de Historia	Parque Principal	Cultural
Plaza de Toros	Calle 1 # 2-84 - Centro	Cultural
Estación del Tren y Casa de la Cultura Albán	Afuera del casco urbano	Cultural
Monumento Indio Cacique Chimbe	Vereda Chimbe	Cultural
Caminos Reales	Seis (6) en total, distribuidos por el municipio	Artificial
Ruinas Estación Férrea Los Alpes	Vereda Los Alpes	Cultural
Mirador La Fresada	Vereda Los Alpes	Natural
Petroglifos	Vereda Garbanzal	Cultural
Alto de las Cruces	Vereda Chimbe	Cultural
Quebrada El Cajón	Vereda Namay	Natural

Fuente: Adaptado de la Secretaría de Integración Regional (2016).

Estos son valiosos no solo por la oferta recreacional, sino porque contribuyen en la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y el patrimonio cultural; lo que a su vez establece una relación con los servicios ecosistémicos estudiados en cuestión, especialmente los culturales.

En lo concerniente a factores abióticos, cabe destacar dentro del contexto geográfico del municipio la riqueza hídrica y forestal del municipio. Por un lado, se encuentran las diferentes quebradas afluentes del río Siquima son numerosas e indispensables para la población, la flora y fauna de la cuenca hidrográfica; y por el otro, la vasta extensión que representa la zona rural con cerca de 5.129, 33 Ha de las cuales 769,40 Ha son área sembrada en bosques (Alcaldía Municipal de Albán, 2008).

Respecto al uso del suelo, se puede afirmar que también potencia la economía del municipio mediante algunos cultivos transitorios o permanentes que dependen del piso térmico. Hasta los 16°C (clima frío) se tiene cultivos de fresa, papa, arveja y un amplio forraje en praderas. De este último su producción se asocia al ganado. De 16°C a 18°C (clima templado) prevalecen cultivos de café, plátano y cítricos, principalmente. En cuanto al sistema de producción pecuario destaca la fracción bovina y equina, siendo sus mayores usos para la generación de leche y recreación informal, respectivamente (Alcaldía Municipal de Albán, 2008).

4.4.2 Municipio de Guayabal de Siquima

El municipio de Guayabal de Siquima se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, 71 km al oeste de Bogotá D.C., en el sector noroccidental del departamento a una altura de 1630 m.s.n.m.

Limita al nororiente con los municipios de Sasaima y Villeta, por el occidente con el municipio de Bituima, por el sur con los municipios de Anolaima y Vianí, y por el oriente con el municipio de Albán. Cuenta con una extensión de 59 km² y una temperatura promedio de 19°C (Concejo Municipal de Guayabal de Siquima, 2008; Alcaldía Municipal de Guayabal de Siquima, 2001).

Tiene población de 3604 habitantes según el censo del DANE (2018), siendo la mayor población concentrada en el campo con el 78% (2.811 habitantes) y 22% (794 habitantes) ubicados en la cabecera municipal. Actualmente, la mayor cantidad de población concentrada se encuentra distribuidas en 12 veredas establecidas por el *Acuerdo No. 14 de 2002* del Honorable Concejo Municipal.

Por otra parte, el municipio no cuenta con la misma oferta turística que su vecino Albán, sin embargo, se destacan sus principales atractivos en la **Tabla 4** como evidencia de ello. Cabe resaltar que, en general, el estado de la infraestructura de Guayabal de Siquima no se encuentra en condiciones óptimas por la calidad de los materiales utilizados para su construcción en la erección del municipio, el poco espacio disponible para zonas de recreación, la falta de mantenimiento o la inconclusión de las obras, como el caso del matadero municipal, que únicamente completó el 40% de sus acabados y no cumple con los requisitos sanitarios para operar con normalidad; o la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que por falta de mantenimiento y mejoras, devuelve las aguas residuales prácticamente en las mismas condiciones que ingresan, debido a que solo trata 90 litros por día con sus deficientes tres (3) tanques mezcladores de 1000 litros de capacidad, cada uno. (Alcaldía Municipal de Guayabal de Siquima, 2001)

Adicionalmente, el municipio tampoco está en capacidad de albergar una alta tasa de turistas, por lo que poco se promueven campañas en este aspecto (Concejo Municipal de Guayabal de Siquima, 2008).

Tabla 4. Atractivos turísticos y culturales de Guayabal de Siquima.

Destino turístico	Ubicación	Problemática / Comentarios
Plaza Principal	Casco urbano. Plaza Principal	Ninguna de gravedad, pero necesita iluminación y obras complementarias viales
Biblioteca Pública Municipal José Celestino Mutis	Barrio Las Malvinas	Ninguna. Fue una donación de la Embajada Japonesa
Plaza de Toros y Ferias	Casco urbano	Ubicación en zona de alto flujo escolar
Concha Acústica	Polideportivo del municipio	Infraestructura no funcional y no apta para uso por riesgo de accidentalidad
Casa de la Cultura	Carrera 5 # 2-10	Adecuación de zonas y mantenimiento general
Parroquia de la Inmaculada Concepción	Carrera 4 # 3-38	Deterioro por agrietamiento y humedad
Cascada San Luis	Vereda Manoa	Ninguna
Cavernas del Encanto	Vereda Pajonal	Ninguna
Alto de la Virgen	Por la entrada este del municipio, sobre la vía principal	Natural

Fuente: Elaboración propia según datos del Acuerdo No. 003 de 2008 y EOT de Guayabal de Siquima 2001.

En lo referente al uso del suelo, el EOT de 2001, lo divide en urbano y rural. El urbano lo clasifica en cinco (5) categorías: Comercial, Industrial, Institucional, Recreación y disfrute público, y Residencial. Tal como establece el documento, no ha existido nunca una planeación del territorio y la infraestructura se ha construido *indiscriminadamente* por todo el municipio sin tener un orden establecido, motivo por el cual ninguna de las zonas de clasificación urbana cuenta con el equipamiento adecuado o suficiente para prestar plenamente sus servicios a la comunidad.

Respecto al uso de suelo rural, se clasifica en áreas forestales (productoras o protectoras) y áreas agrícolas. Los cultivos que predominan por extensión y productividad son el café y la caña panelera, sin embargo, existen otros que también se cosechan, aunque no en grandes proporciones, como el maíz y la guayaba (que por falta de una industria que la procese no se aprovecha esta fruta como se esperaría). Otros factores que afectan la producción campesina en cuanto a cultivos son las fragosas condiciones del terreno, suelos con poca disponibilidad de nutrientes y materia orgánica, malas prácticas de labranza o falta de capital para inversión.

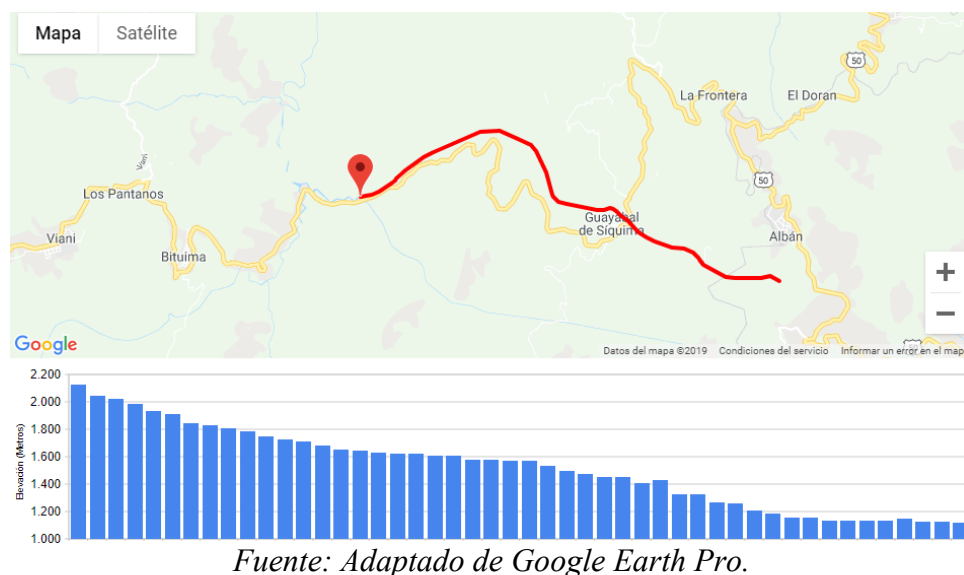
En el campo agrícola, la mayor productividad se encuentra en la industria avícola, que curiosamente no es para demanda local sino de exportación a otros municipios o ciudades como Bogotá, produciéndose más de 10.000 toneladas de pollos vivos anualmente. En segunda línea, algunos campesinos manejan ganado de engorde y sacrificio, y algunas vacas para producción de leche (Alcaldía Municipal de Guayabal de Siquima, 2001).

4.4.3 Cuenca del río Siquima

Se recrea entorno al río Siquima, que nace en las cercanías del Alto de la Tribuna, entre Facatativá y Albán, a una altura aproximada de 2125 m.s.n.m. y se extiende por Albán y Guayabal de Siquima en un trayecto de 5,85 km hasta su desembocadura en la microcuenca del río Contador. En su recorrido, es alimentado por 13 afluentes: las quebradas de El Piñal, de Bogotacito, Chiqui, La Georgina, El Molino, Las Ánimas, Calabita, de la Salud, Careperro, el Balú, la Ovejera, Garbanzal y Betania (IGAC, s.f.). Su desembocadura se da en inmediaciones de la carretera que conecta a Guayabal de Siquima con Bituima (Latitud 4.882889, Longitud -74.509756), a unos 1119 m.s.n.m. en la microcuenca del río Contador, como se muestra en la **Figura 3**. Su extensión es de 33,39 km² aproximadamente, que representa el 0.78% de la cuenca del río Negro (4235,24 km²) (CAR, 2009).

Dentro del marco cartográfico del POMCA, sirvieron de apoyo los mapas de (i) zonificación ambiental y (ii) coberturas y uso del suelo, con el propósito de comparar con la cartografía producida y examinar el nivel de concordancia de la información exportada al mapa sobre el cual los habitantes iban a realizar la identificación de SE. Para el proceso de zonificación ambiental que la CAR graficó para la cuenca del río Negro (a la cual tributa el río Siquima), se distingue la predominancia de las siguientes categorías para el área que corresponde a la cuenca del río Siquima: Preservación de áreas protegidas (en su gran mayoría), producción agroforestal, conservación por amenaza muy alta por remoción en masa y producción agropecuaria. Igualmente, para coberturas y usos del suelo se destacan: Pastos arbolados (en su gran mayoría), bosques secundarios, algunos mosaicos de zonas cafeteras y mosaicos de pastos y cultivos de clima templado.

Figura 3. Perfil de elevación del río Siquima desde su nacimiento hasta su desembocadura.



Como se describió en la justificación, la microcuenca del río Siquima se rige inicialmente por los parámetros establecidos en el POMCA del río Negro, puesto que el orden jerárquico, el río Siquima tributa a la microcuenca del río Contador, que pertenece a la subcuenca del río Villeta. Este a su vez pertenece a la subcuenca del río Tobia, que vierte a la hoya del río Negro hasta finalmente desembocar en la macro cuenca del río Magdalena (Alcaldía Municipal de Guayaquil de Siquima, 2001), cerca de Puerto Libre, en la fronte de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Caldas. Sin embargo, para pertinencia del caso, la microcuenca del río Siquima debería contar con un Plan de Manejo Ambiental para Microcuencas, al ubicarse en el último nivel de jerarquía y contar con un área menor a los 500 km² (IDEAM, 2013; MADS, 2014).

4.5 Marco institucional

El presente marco destaca la sinergia del proyecto con otras instituciones de acuerdo con la importancia del apoyo que significó su participación. Si bien este apoyo no fue directo para la mayoría, en términos de trabajo conjunto, si se requirió de las herramientas e información que tienen a disposición del público.

Se tienen los referentes de *esri*© como organización proveedora del paquete ArcGIS para información geográfica; el *ICONTEC* e IGAC para la aplicación de lineamientos en SIG para el proyecto; la CAR y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como entidad territorial y ministerio, respectivamente; y los parámetros establecidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad El Bosque para la presentación de documentos de trabajo de grado.

Para la realización del POMCA del río Negro fue necesaria la creación de un consejo de cuenca (como lo define la fase de diagnóstico). Después de la jornada de elección de los representantes, la CAR y Corpoboyacá hicieron público el listado donde figuraban 17 miembros, quedando como presidente electo el alcalde del municipio de Nimaima, Danilo Andrés Rocha; y como suplente el alcalde de Albán, David Arturo Pardo Fierro (evidenciando el interés participativo del municipio, a través de su alcalde, en la elaboración del POMCA correspondiente a su región hidrográfica, para lo que concierne

al presente estudio). En cuanto a las microcuencas, el MADS (2012), indica que el proceso participativo se realiza conformando mesas de trabajo, en lugar de consejos de cuenca.

4.6 Marco metodológico

Mediante esta sección se buscó describir el modo con que se procedió a desarrollar la investigación a través de los diferentes métodos y herramientas aplicados al proyecto, entendiéndose como un proceso compuesto de varios procesos interrelacionados que debe tener un orden y estructura clara para validar los estudios realizados y que, a su vez, sean comprensibles para los lectores (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014; Real Academia Española, 2001).

El proceso metodológico se dirigió con base en los objetivos específicos propuestos para el proyecto, motivo por el cual se realizaron actividades para cada uno, apoyadas con diferentes técnicas e instrumentos que dieran cumplimiento a los mismos mediante la generación de productos que en conjunto apoyaran el objetivo general y dieran solución a la problemática planteada en la investigación.

4.6.1 Alcance y enfoque

La metodología del trabajo se construye a partir de un alcance descriptivo y correlacional, dado que se pretende especificar el fenómeno de los SE presentes en una cuenca hidrográfica y su tendencia, según las percepciones de los habitantes que albergan el área y como estas fluctúan de acuerdo con las condiciones ecológicas que prevalecen y/o que existen (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). De manera análoga, se adoptó un enfoque mixto. Se realizó un análisis numérico y porcentual con los datos obtenidos de los SE identificados, para la parte cuantitativa, y un análisis de la información ofrecida por la comunidad, comparada con la literatura, sin que el investigador se involucrara en el proceso de la recolección de datos, para la parte cualitativa (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

4.6.2 Diseño y aplicación de la cartografía social

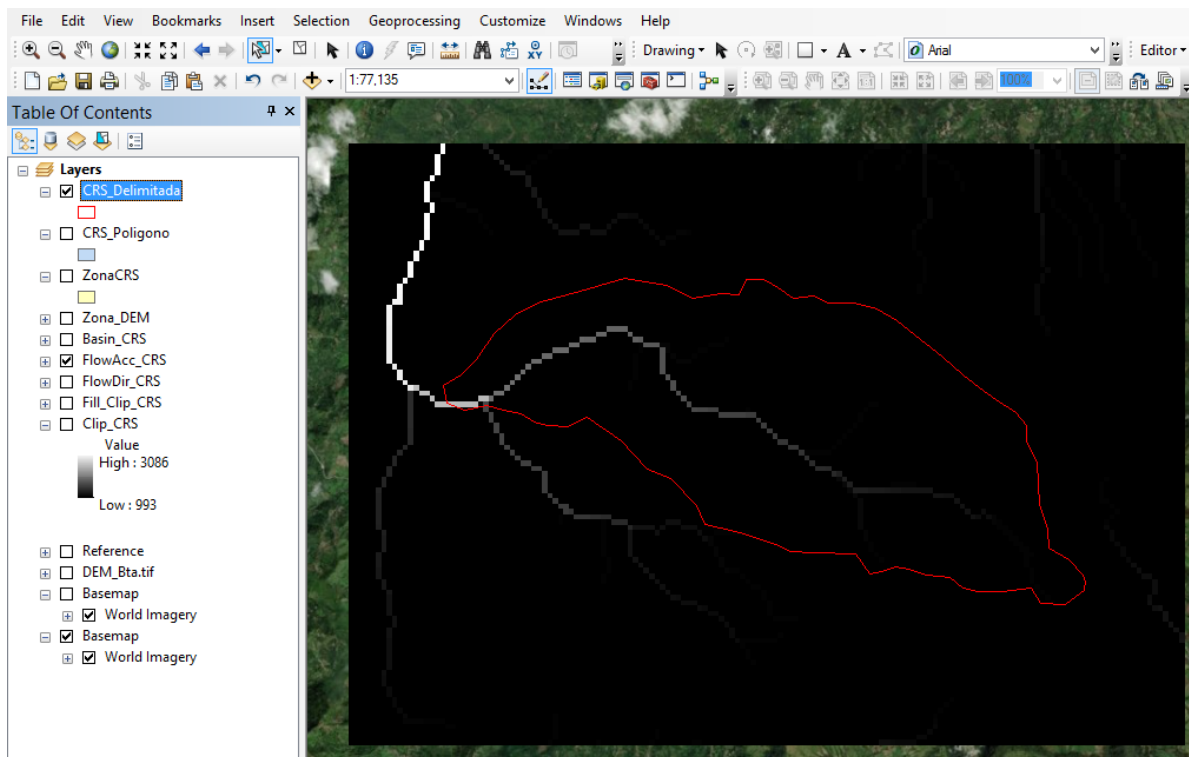
Se diseñaron dos (2) cartografías que permitieran realizar una comparación en los resultados del nivel de detalle utilizado en la identificación de coberturas, haciendo uso del software licenciado *ArcMap 10.3.1* de *esri*©. Para tal fin, fue necesaria la descarga del DEM (Modelo de Elevación Digital por sus siglas en inglés) correspondiente a la zona de estudio del portal *SRTM Data* ofrecido por el *CGIAR CSI* (Consorcio para la Información Espacial) con una resolución espacial de 30 metros. Seguidamente, se procedió a la delimitación automática de la cuenca, propuesta por Franz (2018), con ayuda de herramientas de *ArcMap 10.3.1*, a partir del DEM, haciendo uso de la siguiente ruta:

- *Drawing*: Para dibujar un polígono (rectángulo) lo suficientemente grande que abarcara la zona donde se sabe, se encontraba la cuenca del río Siquima, apoyado por un mapa base.
- *Convert graphics to features*: Para convertir el dibujo en una capa independiente de formato shapefile (.shp)
- *Clip*: Para extraer un recorte del DEM en la zona de interés dibujada.
- *Fill*: Para corregir imperfecciones del DEM.
- *Flow direction*: Para extraer el flujo de dirección de las corrientes de agua.
- *Flow accumulation*: Para extraer el flujo de acumulación de las corrientes de agua.

- *Basin*: Para extraer como tal la cuenca a partir del flujo de dirección.
- *Raster to polygon*: Para convertir la capa ráster generada a vectorial (polígono) y extraer como shapefile la cuenca de interés (debido a que el programa dibujó todas las cuencas existentes en el recorte).
- *Raster calculator*: Para introducir una fórmula, a partir del flujo de acumulación, que mostrara y corroborara la presencia del drenaje principal en el DEM, es decir, del río Siquima.
- *Export data*: Para extraer únicamente la cuenca de interés de la nueva capa vectorial generada.

El proceso de mejora de la segunda cartografía no se limitó únicamente al detalle de las coberturas sino a la delimitación de la cuenca. Debido a esto e imprecisiones del programa en la delimitación, valga la redundancia, como la inclusión de drenajes que no pertenecían a la cuenca dentro del espacio seleccionado, el procedimiento se ajustó editando los vértices pertinentes del polígono con ayuda de las curvas de nivel extraídas del mismo DEM (herramienta *Contour*), con intervalos de 100 metros, apreciando que el polígono efectivamente se orientara por los picos y valles respectivos que caracterizan digitalmente a la cuenca hidrográfica, desde su nacimiento hasta su desembocadura. Asimismo, se redibujó el río Siquima. El resultado del proceso completo para la cartografía 2 (que es igual para ambas cartografías, sin contemplar el ajuste de vértices) se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4. Cuenca hidrográfica del río Siquima (CRS) generada en ArcMap 10.3.1



Nota: Se dejó de fondo activa la capa correspondiente al flujo de acumulación (FlowAcc_CRS) identificado por el software ArcMap 10.3.1 con el fin de observar una referencia clara del río Siquima en la correcta delimitación de la cuenca a partir del DEM. El panel izquierdo muestra las diferentes capas generadas en cada uno de los pasos descritos previamente.

Para la proyección del río, se usó el apoyo de mapas base otorgados por el programa y se corroboró con la hidrología de la plancha 227 del IGAC, debidamente georreferenciada. En última instancia, se crearon las capas previamente mencionadas y se realizó la respectiva clasificación de coberturas, bajo el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota zone (EPSG:3116). La clasificación de las coberturas se aplicó con base en el Sistema CLC (CORINE Land Cover) adaptado para Colombia con nivel de detalle superior a 2, permitiendo asociar con mayor claridad los SE a las diferentes categorías existentes. Esta metodología adaptada se toma con referencia a metodología CORINE propuesta en 1990 por la Comisión de la Comunidad Europea, con el propósito de agrupar elementos comunes en un nivel de detalle específico, de modo que puedan generarse insumos para la ejecución de planes de desarrollo, de gestión, de ordenamiento territorial o políticas afines (IDEAM, 2010). Se empleó esta metodología por ser la oficial para Colombia y porque se ha empleado en otros estudios que han requerido clasificar los usos del suelo, respecto a SIG y SEN, con buenos resultados (Haines, Potschin, & Kienast, 2012; Zhang & Muñoz, 2019). No se tomaron en cuenta registros de la categoría 5 correspondiente a *Áreas Húmedas* por su ausencia en la cuenca.

Las coberturas identificadas para la cuenca del río Siquima, a partir de la metodología *CORINE Land Cover* adaptada para Colombia, se enuncian y describen brevemente en la **Tabla 5**, según refiere la propia metodología. También se enuncia el nivel de detalle utilizado para cada tipo de cobertura, en la columna de *código de categoría*.

Tabla 5. Clasificación de coberturas en la cuenca del río Siquima según CLC para Colombia.

Código de la categoría	Nombre de la categoría	Descripción
1.1	Zonas urbanizadas	Pertenece a la categoría de territorios artificializados. Se caracterizan por incluir territorios que albergan infraestructura urbana y espacios verdes y/o de comunicación asociados a esta. A su vez, la categoría se subdivide en tejido urbano continuo y tejido urbano discontinuo.
1.2	Zonas industriales y de comunicación	Pertenece a la categoría de territorios artificializados. Abarca territorios de infraestructura netamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. La categoría se subdivide en 5 subcategorías más, que son específicas para: zonas industriales/comerciales, red vial/ferroviaria/asociados, zonas portuarias, aeropuertos y obras hidráulicas.
1.4	Zonas verdes artificiales	Pertenece a la categoría de territorios artificializados. Incluye zonas verdes ubicadas en áreas urbanas y en las cuales se desarrollan actividades de recreación, conservación, comerciales y de amortiguación, donde no se requiere de infraestructura. Cuenta con dos subcategorías, que son zonas verdes urbanas e instalaciones recreativas.

1.4.1	Zonas verdes urbanas	Como se mencionó, esta subcategoría pertenece a la categoría anterior (1.4). Incluye zonas con vegetación en el tejido urbano, además de parques y cementerios. A escalas 1:10.000 o menor, la leyenda CORINE ofrece la posibilidad de hacer una identificación más detallada a través de clases que incluyen parques, cementerios, jardines botánicos, zoológicos, parques urbanos y rondas de cuerpos de agua.
2.1	Cultivos A (permanentes)	Pertenece a la categoría de territorios agrícolas. Son áreas ocupadas por cultivos que generan producción en un año o menos, como algunos cereales, tubérculos y oleaginosas. Después de la cosecha es necesario volver a sembrar para seguir produciendo. Requieren una escala muy pequeña para identificarlos con mejor detalle. La categoría se subdivide en 5, dependiendo del tipo de cultivo.
2.2	Cultivos B (transitorios)	Pertenece a la categoría de territorios agrícolas. Estas áreas se encuentran ocupadas por cultivos de ciclo vegetativo mayor a un año, que no necesariamente requieren de una nueva siembra para seguir produciendo. Esta es una de las categorías que cuenta con mayor número de subcategorías, para un total de 21, por la variedad de cultivos que encajan en ella. Algunos ejemplos que se pueden encontrar son el café, cultivos confinados y cultivos y árboles plantados.
2.3	Pastos	Pertenece a la categoría de territorios agrícolas. Son tierras cubiertas con abundante hierba, con predominancia de la familia <i>Poaceae</i> . La acción humana es característica de estas coberturas, pues hay una notable intervención antrópica mediante prácticas agrícolas como el pastoreo. Sin embargo, pueden encontrarse pastos para manejo y conservación del ecosistema. Las subcategorías que incluyen son pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados.
3.1	Bosques	Pertenece a la categoría de bosques y áreas seminaturales. Esta cobertura comprende áreas naturales o seminaturales cuyos principales elementos formadores son arbóreos nativos o exóticos. El tamaño de sus copas y la altura es influyente para seguir subcategorizando esta cobertura, que incluye 24 clases, hasta un nivel de detalle 6.
3.2	Áreas con vegetación	Pertenece a la categoría de bosques y áreas

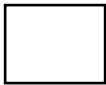
	herbácea y/o arbustiva	seminaturales. Son un grupo de coberturas vegetales naturales de crecimiento arbustivo y herbáceo, con poca o ninguna intervención antrópica. Comprende 24 subcategorías más, que incluye coberturas como herbazales, arracachales, helechales o arbustales.
3.3	Áreas abiertas sin, o con poca vegetación	Pertenece a la categoría de bosques y áreas seminaturales. Esta cobertura se caracteriza por incluir territorios en los cuales no existe vegetación o es escasa, viéndose representada por suelos desnudos, quemados, arenosos, afloramientos rocosos o incluso nieve. Tiene un total de 7 subcategorías, como zonas arenosas y zonas quemadas, por ejemplo.
5.1.1	Ríos	Pertenece a la categoría de superficies de agua y a la clase de aguas continentales. Son corrientes naturales de agua que fluyen continuamente, poseen un caudal considerable, y desembocan en el mar, un lago u otro río.
5.1.2	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Pertenece a la categoría de superficies de agua y a la clase de aguas continentales. Constituyen superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, conectados o no otro cuerpo de agua.
5.1.4	Cuerpos de agua artificiales	Pertenece a la categoría de superficies de agua y a la clase de aguas continentales. Esta cobertura representa los cuerpos de agua creados por el hombre para almacenar el agua con algún propósito específico, como abastecimiento de acueductos, control de inundaciones o piscicultura.

Fuente: Adaptado de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra (IDEAM, 2010)

Posteriormente, para cada SE, se eligieron las 3 subcategorías apreciables de los ecosistemas de acuerdo a los potenciales de la cuenca descritos en el marco geográfico. Pensando en facilitar el ejercicio de identificación de los SE, y para comodidad en la distinción de las tres categorías y realización de la cartografía definitiva, se optó por asignar figuras a cada tipo de SE en el mapa y un código guiado por la inicial de la categoría general del SE, seguido por el número que se le asignó al SE específico según la categoría. La siguiente tabla resume este proceso:

Tabla 6. Sistema de clasificación propuesto para la cartografía social.

SE general / Letra	SE específico / Número	Código	Figura
Aprovisionamiento (A)	1. Provisión de agua	A1	

Regulación (R)	2. Provisión de madera	A2	
	3. Provisión de alimentos	A3	
	1. Regulación climática	R1	
	2. Control de sequías	R2	
	3. Control de inundaciones	R3	
	1. Recreación	C1	
Culturales (C)	2. Estética del paisaje	C2	
	3. Turismo – Ecoturismo	C3	

Fuente: Elaboración propia en común acuerdo con los habitantes, según la Metodología de Mapeo Cultural Colaborativo de Kalume et al. (2008).

En la fase de aplicación en campo se contó con la colaboración de 7 personas (5 mujeres y 2 hombres) para la cartografía 1 (el día 11 de octubre de 2019) y 17 personas (13 mujeres y 4 hombres) para la cartografía 2 (el día 25 de octubre de 2019) para un total de 21 colaboradores (3 repitieron en la segunda sesión) en la actividad cartográfica de identificación de SE de acuerdo con las coberturas del suelo. Asimismo, fue importante dar una contextualización al grupo focal participe del estudio sobre qué eran los SE y el propósito general del proyecto, para tener mayor fiabilidad en los datos que proporcionaran y, a su vez, tener una idea más clara sobre lo que se espera obtener en la cartografía final (Montañez Velásquez, 2018).

Una vez completada la fase de aplicación, se procedió a la digitalización y georreferenciación del mapa con la información plasmada por sus habitantes con el fin de construir el producto final, es decir, el diseño formal de las capas mediante el software *ArcMap 10.3.1* en una nueva cartografía, para que posteriormente la información transcrita, pudiera digitalizarse a través de un mapa que expusiera de manera oficial los datos obtenidos. Antes de unificar las 3 categorías de SE en una sola capa, se hizo la extracción individual de cada una para ver con mayor claridad la representación que hicieron los habitantes de los SE para la cuenca hidrográfica (sin división de coberturas, que obstaculizara la visualización).

4.6.3 Perfil poblacional de los participantes

Para la recolección de información, el mejor mecanismo en la recolección directa en campo con habitantes de la zona, pues son quienes tienen un acercamiento e interacción directa con los ecosistemas, además de ser los primeros beneficiados. El uso de una cartografía herramienta sencilla y rápida para hacer la recolección de dicha información, además de permitir al investigador orientarla hacia el tipo de investigación que está realizando (Lee, Seo, Koellner, & Lautenbach, 2019; Plieninger, Dijks, Oteros, & Bieling, 2013). En el campo de los SIG, existen herramientas para complementar esta recolección y son los Sistemas de Información Geográficos Públicos Participatorios (PPGIS por sus siglas en inglés) que focalizan los lugares más importantes a la hora de recolectar ciertos tipos de datos

(dentro de los cuales encajan los SE), y priorizan valores y grupos poblacionales (Muñoz, Hausner, Brown, Runge, & Fauchald, 2019).

Como parte del proceso metodológico, se realizó una descripción y mapeo de los actores participantes muy concreta (**Tabla 7 y Figura 5**), conforme lo establece la guía de formulación de POMCA (MADS, 2014) y la guía para formulación de planes de manejo ambiental de microcuencas (MADS, 2018), tomando referencia la tabla para graficar *Interés vs. Influencia* (que denotan el *Poder*) donde se evidencia la postura participativa (positiva o negativa) de cada uno. Los actores representan un papel importante para cada una de las fases que compone un Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas (aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación, y formulación), y forman parte del proceso de planificación, al ser los principales afectados e interesados en las decisiones que se tomen en su región (MADS, 2018). A pesar de que en el proceso de “reclutamiento” (donde se solicitaba cordialmente la participación a los habitantes) muchos habitantes se mostraron reacios a colaborar, aquellos que accedieron a participar, lo hicieron con la mejor actitud y se mostraron interesados por la actividad. El registro de asistencia se muestra en la **Figura 6**.

Tabla 7. Descripción de actores participantes en la cartografía social

ID	Nombre	Cartografías donde participó	Descripción
1	Alfonso González	1 y 2	Don Alfonso reside en el casco urbano hace más de 26 años con su esposa. Dejó el oficio del campo hace unos 10 años cuando criaba pollos. Ahora se encargan cuatro empleados en su finca (por la vía terciaria que conecta Albán con Guayabal, cerca del complejo <i>Ucrania</i>), la cual visita usualmente una vez a la semana. Coordina ciertas actividades municipales con don Luis y doña Isabel principalmente, aunque siempre hay más colaboradores. Tiene dos hijos mayores de 30 años: uno reside en Bogotá y otro en Bucaramanga.
2	Isabel Vanegas	1 y 2	Vive hace más de 40 años en el municipio. Es artesana y su principal actividad es la costura y tejido. Es viuda y tiene cuatro hijos, pero ninguno vive con ella.
3	Clara Pulgarín	1	Tiene residencia tanto en Albán como Bogotá, pero pasa la mayor parte del tiempo en el municipio puesto que es pensionada y le gusta más la vida de pueblo y campo. Vive con su esposo y eventualmente ofrece talleres de manualidades.
4	Elena Hurtad	1	Vivió su infancia en Bituima pero se mudó a Albán producto de la casa que le heredó su tío padrino antes de fallecer. Tiene diferentes oficios relacionados al agro, como el cultivo de fresas y la crianza de pollos.

			Vive con su esposo e hija.
5	Astrid Ruiz Pérez	1	Vive en el municipio con su hermana hace unos 12 años que, por situaciones personales, se vieron forzadas a dejar su vida en Quimbaya, Quindío. Dirigen una pequeña miscelánea.
6	Magola Buitrago	1	Vive en las proximidades del casco urbano, por la vía terciaria que conecta con Guayabal de Síquima. Cultiva fresas para vender en algunas tiendas locales o con crema como postre. También cosecha arvejas y otros vegetales en su lote. Vive con su esposo, sus padres y sus dos hijos.
7	Luis Enrique Gil	1 y 2	Desde que nació vive en el municipio, frente al parque municipal. Es dueño de una tienda que queda en su casa, además de dirigir el museo de historia de Albán que se encuentra ubicado en el segundo piso de la casa. Vive con su madre. Don Luis es uno de los líderes y voceros comunitarios
8	Mercedes Ruíz	2	Vive cerca al colegio municipal y tiene un pequeño lote con vacas y perros que rescata. Vive con su esposo y su nieto. Toda su vida ha residido en el municipio.
9	Pilar Uribe Santos	2	Vive en el pueblo hace 22 años cuando se trasladó por temas laborales y tomó la decisión, junto a su pareja, de permanecer definitivamente por el ambiente y tranquilidad. No tiene hijos.
10	Rosa Gunona Sibian	2	Vive con don Sigifredo que tiene una pequeña remontadora de calzado en el pueblo. Tienen una pequeña casa semi-rural cerca al pueblo donde tienen algunos pollos y gallinas para producción de huevos y venta de carne.
11	Maria Teresa de López	2	Vive hace mucho tiempo en el municipio (más de 50 años) pero no recuerda exactamente cuánto. Vendió hace poco el lote que mantenía su esposo antes de que falleciera y ahora arrienda habitaciones en su casa.
12	Miguel Ángel Bautista	2	Vive en la vereda Garbanzal y se desplaza en su moto todos los días entre semana al pueblo para atender la panadería donde trabaja. Vive con su esposa y su hijo, al que también transporta entre semana hasta el colegio municipal.

13	Marina Murillo	2	Vive con don Jorge en el municipio hace 23 años cuando terminaron de construir su casa por la vía a Guayabal de Siquima. En su lote tienen algunas vacas y pollos.
14	Jonathan Camacho	2	Es docente ciencias sociales en el colegio municipal. Vive hace 15 años en el municipio. Vive sólo, pero es muy activo en las actividades y celebraciones del municipio.
15	Jorge Cruz	2	Vive con doña Marina en la casa que terminaron de construir hace unos 23 años (pues no lo recuerda tan bien como su esposa). Le gusta dedicarse a su casa y cuidar de las vacas y pollos.
16	Lucía Martínez	2	Vive en el municipio hace 37 años. Prepara avena y masato artesanal y algunos alimentos de panadería que vende en su casa para tomar onces.
17	Sigifredo Vega	2	Vive con doña Rosa y es el dueño de una pequeña remontadora de calzado.
18	Hernán D. Ovalle	2	Maneja con sus hermanos un grupo de guías turísticos hace 7 años en la región del Gualivá, con sedes en Albán, San Francisco y Villeta. Vive en el municipio desde 1996 (23 años) con sus padres.
19	Gloria de Suárez	2	Vive hace más de 25 años en el municipio. Es dueña de una peluquería. Se desplaza semanalmente hasta Guayabal de Siquima donde vive su hermana y madre, para visitarlas.
20	Luz Marina Pinzón	2	Dirige talleres de danza en el salón comunal. Vive al lado de doña Mercedes, hace 34 años. En su lote cría pollos cada 6 meses por el desgaste que implica. Vive con su hijo que se encuentra finalizando el colegio.
21	Lesbia Consuelo González	2	Trabaja con doña Gloria en la peluquería. Vive en el municipio hace 26 años con su esposo y sus dos hijos.

La identificación de actores también es un proceso importante para conocer las problemáticas que se ciernen entorno a la microcuenca del río Siquima, así como su compromiso, teniendo en cuenta el interés, influencia y poder potencial que manifiestan mediante la herramienta de mapeo, por un lado; y cómo pueden afectar positiva o negativamente un proyecto de acuerdo con la descripción de su sector, las actividades que realizan, debilidades y/ fortalezas (MADS, 2018).

Tabla 8. Identificación de principales actores en la cuenca del río Siquima.

ID	Nombre	Clase	Descripción
01	Usuarios	Interno	Habitantes de los municipios. Tienen participación en cuanto hagan uso de los recursos de la cuenca y/o se vean afectados por su escasez/deterioro. Deben ser tenidos en cuenta para la toma de decisiones que los puede impactar de una u otra forma
02	Estudiante del proyecto	Interno	Encargado de la elaboración y planteamiento de la investigación. Mediante el trabajo realizado, busca ofrecer un beneficio a los habitantes en la preservación de sus recursos y la planificación territorial de acuerdo con los SE identificados.
03	Líderes comunitarios	Interno	Habitantes de los municipios que representan la opinión y voz del pueblo frente a instancias mayores, especialmente para la participación en la toma de decisiones.
04	CAR (Autoridad Ambiental)	Interno	La cuenca del río Siquima hace parte de su jurisdicción. Deben velar por el cumplimiento de la normativa vigente, el desarrollo normal y lícita de las actividades residenciales e industriales, entre otros.
05	Ecopetrol (Entidad privada)	Externo	Se encuentran involucrados por la planta de bombeo que tienen en el municipio de Albán, la cual puede afectar negativamente la cuenca por algún derrame; y positivamente en la generación de empleo y economía por regalías.
06	Alcaldías de Albán y Guayabal de Siquima (Entidades territoriales)	Interno	La cuenca se distribuye en su territorio. Les concierne ser parte activa del proceso de toma de decisiones y divulgación de información. Asimismo, tomar iniciativa en la aplicación del PMAM inexistente.
07	Ministerio de Ambiente	Externo	Da los lineamientos para el uso sostenible de los recursos y es el ente rector del ambiente a nivel nacional.
08	IDEAM	Externo	Apoya desde el punto de vista técnico y científico, además de servir como referencia de metodologías de acuerdo con sus

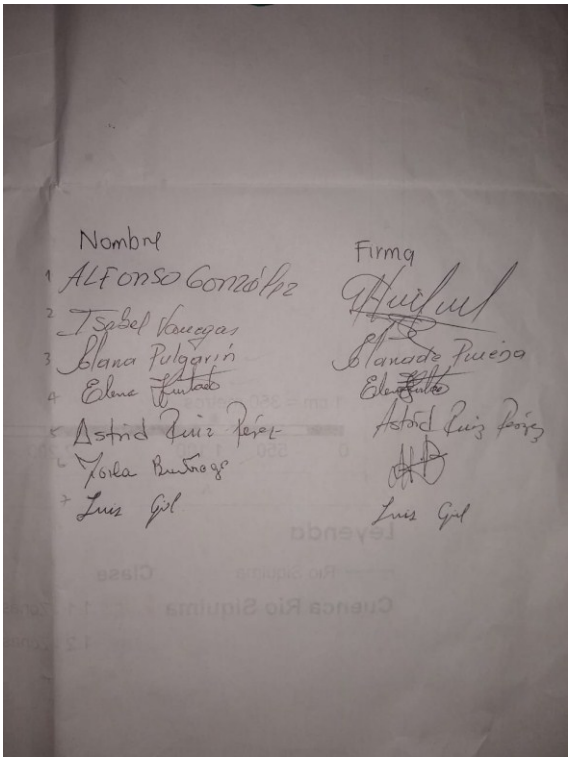
investigaciones. Sin embargo, no tiene mayor influencia.

Su apoyo es pasivo y su participación es principalmente de respaldo, a pesar de tener alta capacidad de decisión frente a este tipo de proyectos.

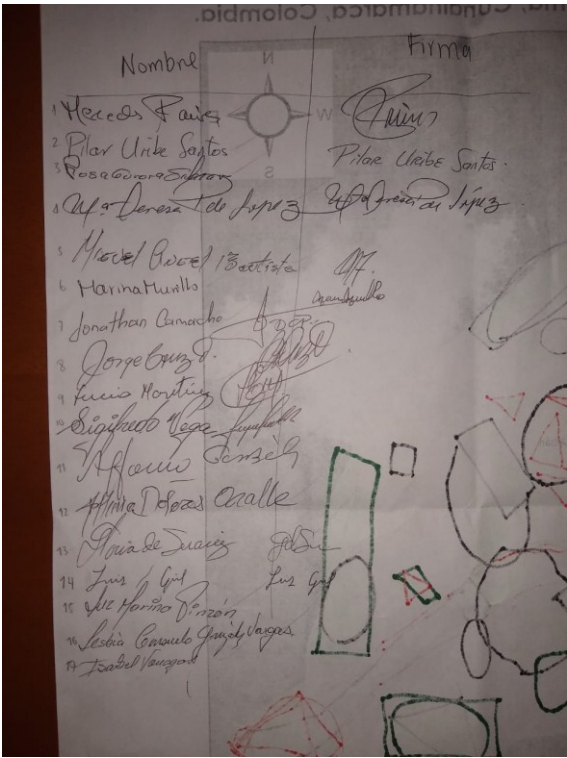
09 Gobernaciones Externo

Fuente: Adaptado del MADS (2018).

Figura 5. Registros de asistencia y participación en las cartografías sociales.



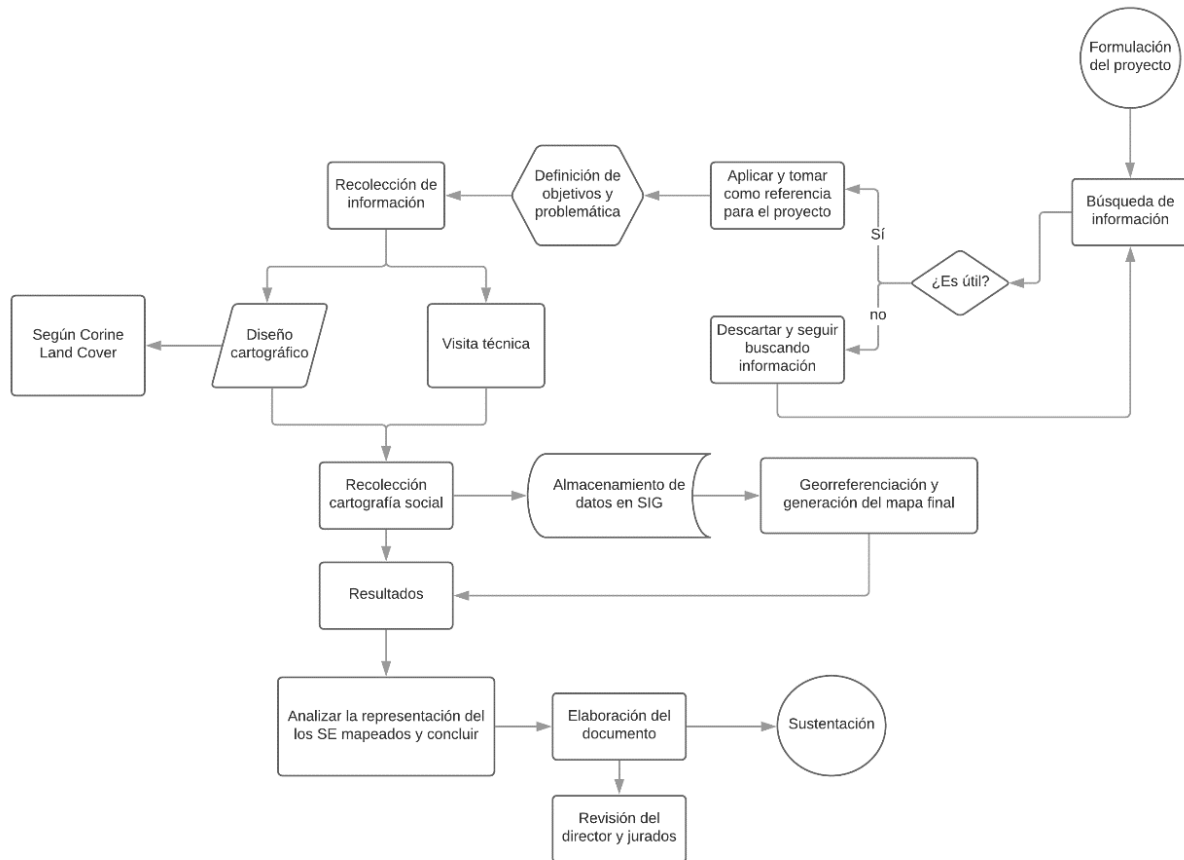
11/10/2019



25/10/2019

Por último, proceso metodológico se resume a continuación, mediante un diagrama de flujo en la **Figura 6**, donde se muestra a groso modo cada uno de los pasos seguidos para la elaboración de la cartografía, la aplicación con los habitantes y el análisis de los SE identificados con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos del proyecto.

Figura 6. Diagrama metodológico resumido del proyecto.



5. Resultados y análisis

Los resultados se presentaron de acuerdo con orden establecido por los objetivos específicos, con el propósito de orientar su análisis y desarrollo hacia el cumplimiento del objetivo general del proyecto.

5.1 Cuantificación y dispersión de los SE en la cuenca del río Siquima

La clasificación por coberturas, según la metodología *CORINE Land Cover* adaptada para Colombia del IDEAM (2010), arrojó para la cuenca 4 de las 5 categorías macro existentes, con predominancia de las zonas para cultivos permanentes y bosques. Con ayuda de este proceso, los habitantes lograron establecer con mayor facilidad las relaciones entre los usos reales y/o potenciales del suelo con los SE presentes en la cuenca hidrográfica. En las **Figuras 8 y 9** se muestran los mapas finales que se exportaron desde el software *ArcMap 10.3.1*.

En lo que concierne a las 3 categorías de SE abordados en el proyecto, Zhang & Muñoz (2019) encontraron que la cantidad de SE que se pueden encontrar, están afectados por el cambio funcional y estructural en los tipos de uso de tierra (teniendo en cuenta que también se apoyaron en la metodología

CORINE), y que un cambio en estos usos puede significar afectaciones climáticas, que a su vez pueda repercutir en la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios y contribuir a la regulación climática.

Figura 7. Cartografía 1 base diseñada para identificación de SE en la cuenca del río Siquima

Identificación de coberturas, según sistema CLC, en la cuenca del río Siquima, Cundinamarca, Colombia

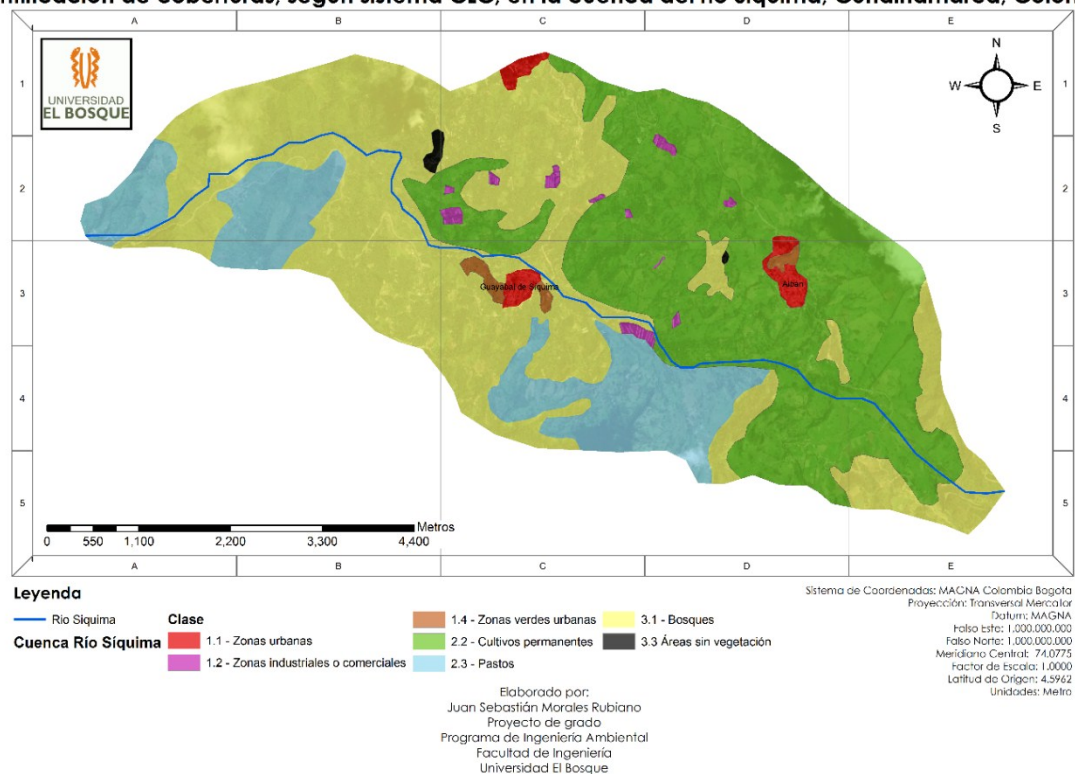
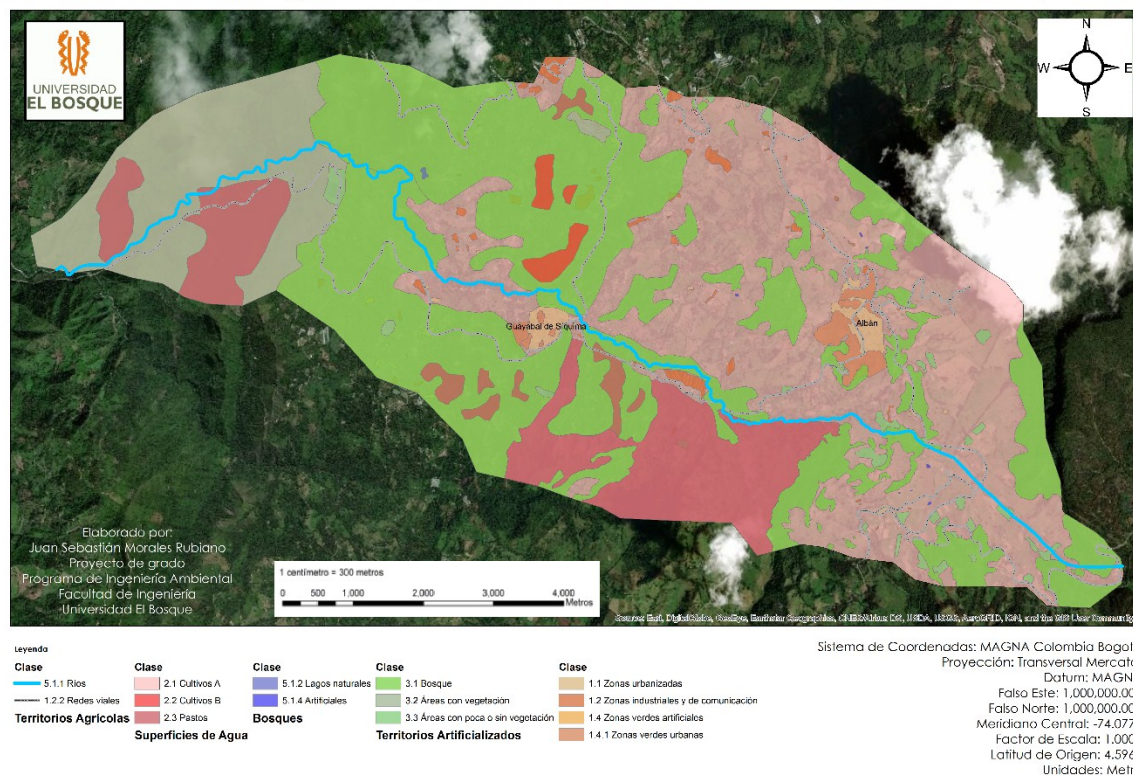


Figura 8. Cartografía 2 base diseñada para identificación de SE en la cuenca del río Siquima

Identificación de coberturas según metodología Corine Land Cover en la cuenca del río Siquima, Cundinamarca, Colombia.



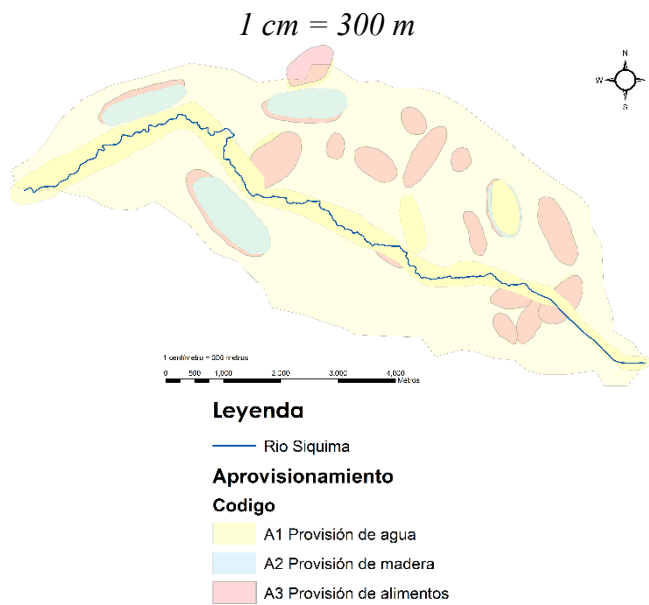
Nota: La clase 2.1 (cultivos A) hace referencia a cultivos permanentes y la clase 2.2 (cultivos B) hace referencia a cultivos transitorios. Se denotaron así en la cartografía para explicar con mayor claridad a los participantes que era un cultivo permanente (A) y qué era un cultivo transitorio (B).

En general, hubo representaciones de SE mediante figuras que encajaban en dos o hasta tres de las categorías propuestas para el estudio y donde se unían a su vez con dos o tres de las subcategorías de SE. Esto demuestra que los ecosistemas pueden proveer más de un SE simultáneamente, especialmente si cuenta con la plenitud de sus condiciones (Balvanera *et al.*, 2011). Las **Figuras 10, 12 y 14** muestran la representación de los SE individualmente para la cartografía 1, mientras que las **Figuras 11, 13 y 15** muestran la representación de los SE individualmente para la cartografía 2, antes de unificar los resultados de cada cartografía en su correspondiente mapa. En contraste, pueden apreciarse las diferencias entre los SE identificados para cada cartografía, de lo que puede inferirse la importancia de realizar una adecuada caracterización de las coberturas en los niveles específicos que sugiere la metodología CORINE, para asimismo reducir las imprecisiones que puedan presentar los datos (IDEAM, 2010). Esta apreciación se corrobora a simple vista, ya que la generalidad de las coberturas es inversamente proporcional a la representación específica de los SE. Debido a que algunas figuras soportaban más de un código para SE, se dibujaron polígonos sobrepuestos ligeramente desalineados para notar los colores de la leyenda, además de un porcentaje de transparencia adecuado.

Figura 9. Mapeo final de SE de

Figura 10. Mapeo final de SE de

aprovisionamiento – cartografía 1



aprovisionamiento – cartografía 2

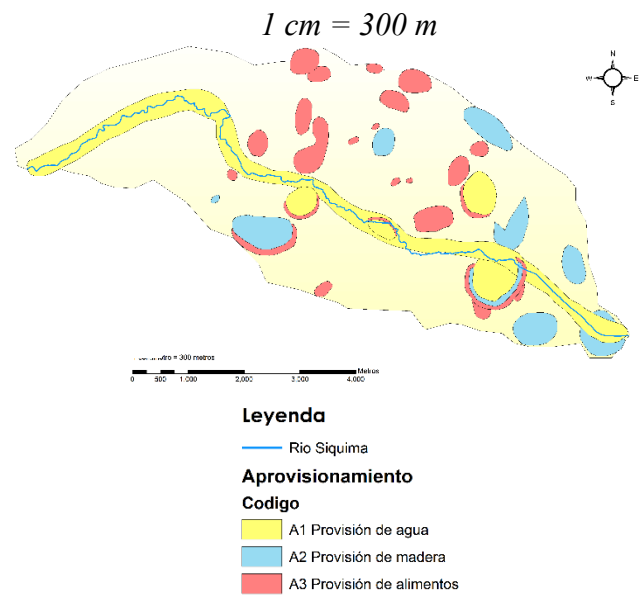


Figura 11. Mapeo final de SE de regulación – cartografía 1

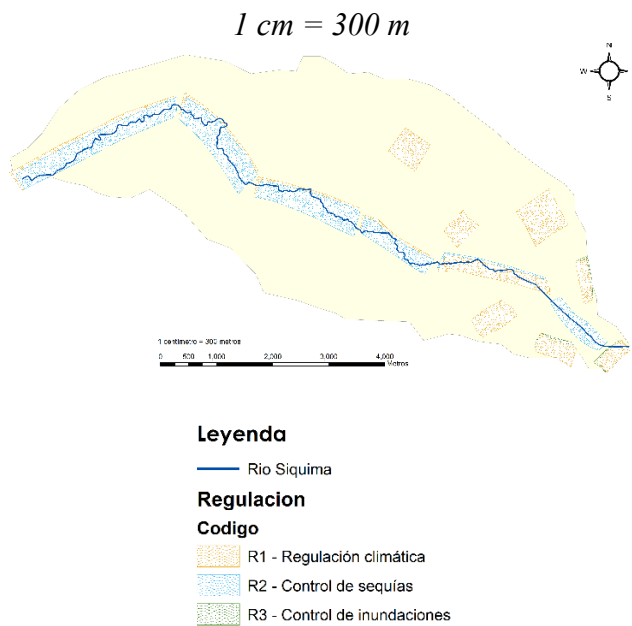


Figura 12. Mapeo final de SE de regulación – cartografía 2

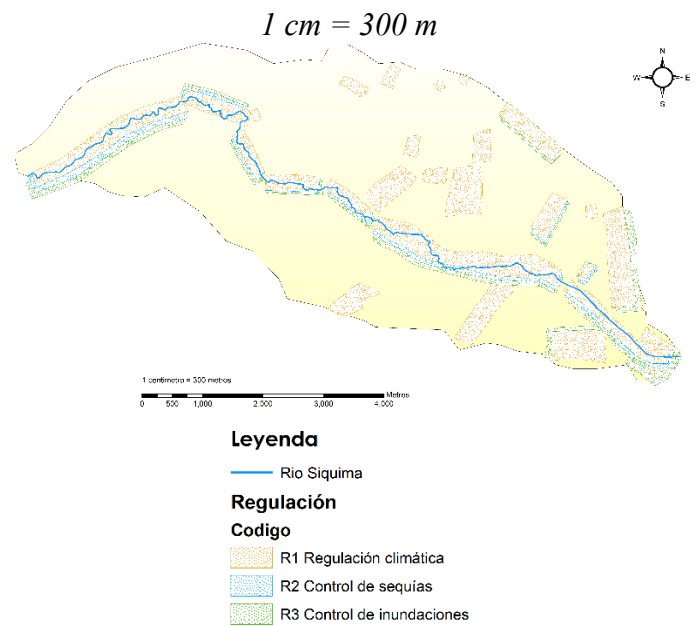
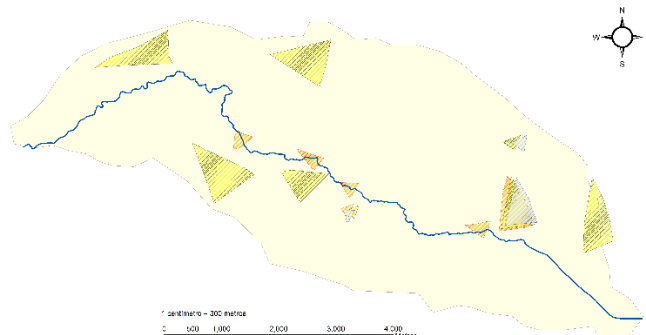


Figura 13. Mapeo final de SE culturales – cartografía 1

1 cm = 300 m



Leyenda

— Río Siquima

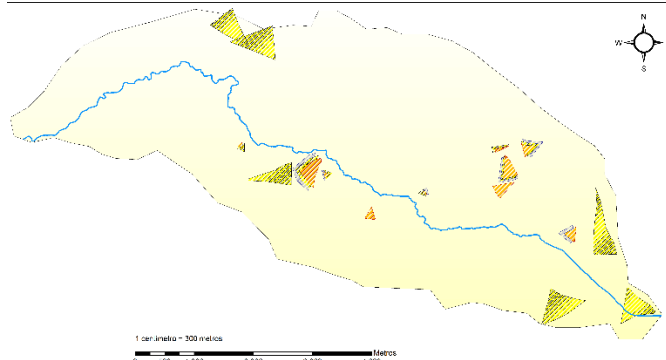
Culturales

Código

- C1 - Recreación
- C2 - Estética del paisaje
- C3 - Turismo / Ecoturismo

Figura 14. Mapeo final de SE culturales – cartografía 2

1 cm = 300 m



Leyenda

— Río Siquima

Culturales

Código

- C1 Recreación
- C2 Estética del paisaje
- C3 Turismo / Ecoturismo

Gracias a la aplicación de códigos propuestos en común acuerdo con los habitantes para clasificar los SE en las respectivas subcategorías analizadas, se pudo realizar un conteo final de los mismos para decretar su dominancia en la dispersión que tuvieron a lo largo de la cuenca (**Tablas 9 y 10**). Aquí, se pudo confirmar la importancia que sugieren Kalume *et al.* (2008) de establecer con la comunidad la simbología a utilizar, para que tanto investigador como población los reconozcan, apliquen e interpreten cómodamente

La comparación permitió apreciar el aumento en la identificación de SE de la cartografía 1 respecto a la cartografía 2, especialmente en lo referido a SE de regulación, donde pasó de representar el 20% en el primer mapa, a 32% en el segundo. Sin embargo, también hubo aumento en los SE de aprovisionamiento y culturales. Para esta sección comparativa, se destaca que, en la realización de la segunda cartografía con mejor detalle, se niveló bastante la presencia de los SE en la cuenca del río Siquima.

Tabla 9. SE identificados por categoría y subcategoría en la cuenca del río Siquima – cartografía 1.

SE	Subcategoría	Cantidad	Total
Aprovisionamiento	Provisión de agua	5 (19%)	26 (48%)
	Provisión de madera	4 (16%)	
	Provisión de alimentos	17 (65%)	
Culturales	Recreación	6 (35%)	17 (32%)
	Estética del paisaje	7 (41%)	
	Turismo	4 (24%)	
Regulación	Regulación climática	6 (55%)	11 (20%)
	Control de inundaciones	1 (9%)	
			54 (100%)

Control de sequías 4 (36%)

Tabla 10. SE identificados por categoría y subcategoría en la cuenca del río Siquima – cartografía 2.

SE	Subcategoría	Cantidad	Total	
Aprovisionamiento	Provisión de agua	4 (11%)	35 (37%)	94 (100%)
	Provisión de madera	9 (26%)		
	Provisión de alimentos	22 (63%)		
Culturales	Recreación	10 (35%)	29 (31%)	
	Estética del paisaje	13 (44%)		
	Turismo	6 (21%)		
Regulación	Regulación climática	20 (67%)	30 (32%)	
	Control de inundaciones	3 (10%)		
	Control de sequías	7 (23%)		

Adicionalmente, se utilizó la herramienta de “*Calculate geometry*” de *ArcMap 10.3.1* para cuantificar la extensión de las coberturas a las cuales se asociaron los SE. Es decir, poder obtener el valor de área para un polígono encerrado por alguna de las figuras establecidas para codificación e identificación (ej. un círculo marcado sobre una zona de bosques para el SE específico de provisión de madera. Se halló el área de la cobertura del bosque marcada, más no el área del círculo). El proceso mostró excepciones para la cobertura 5.1.1 correspondiente al río Siquima, donde se calculó el área de la capa recreada entorno a este para los SE específicos que lo requerían (provisión de agua y todos los de regulación), ya que no era posible dividirlo en coberturas al ser este mismo una cobertura independiente y por la incapacidad matemática de hallar el área de una línea. La otra excepción se encontró respecto al SE cultural de *estética del paisaje*, donde los habitantes identificaron su presencia en zonas puntuales que no abarcaban toda la cobertura. En estos casos, se contabilizó la geometría de los triángulos correspondientes.

Los datos completos del cálculo de la geometría de los polígonos correspondientes a las tres capas de SE digitalizadas, se muestra a en la **Tabla 11**. Para sacar aun mayor provecho de estas cifras, se totalizó el área total por cada SE específico y general, de modo que pudiera apreciarse el terreno que ocupaban en comparación con la extensión total de la cuenca. Los resultados se encuentran a disposición en la **Tabla 12**. Este proceso realizó únicamente para la cartografía 2, puesto que su nivel de detalle permitía relacionar los polígonos con los SE identificados.

Tabla 11. Cálculo de extensión por coberturas asociados a SE específicos – cartografía 2

SE específico identificado	Cobertura	Extensión que cubre el SE (m ²)	Extensión total de la cobertura (m ²)	Porcentaje
Provisión de agua	Ríos	4'015.770	4'015.770	100 %
	Cuerpos de agua artificiales	4.898	4.898	100 %
	Zonas urbanizadas	336.824	425.109	79 %
	Zonas industriales	47.621	338.301	14 %
Provisión de madera	Bosques	2'393.464	13'390.818	18 %
	Pastos	199.543	4'267.666	5 %
	Áreas con vegetación	16.010	498.193	0.3 %

Provisión de alimentos	Cultivos permanentes (A)	274.907	9'366.075	3 %
	Cultivos transitorios (B)	263.334	263.334	100 %
	Pastos	255.854	4'267.666	6 %
	Cuerpos de agua artificiales	4.895	4.895	100 %
	Bosques	123.688	13'390.818	1 %
	Zonas urbanizadas	293.621	425.109	69 %
	Zonas industriales	239.006	338.301	71 %
	Zonas verdes urbanas	308.713	351.918	88 %
Recreación	Bosques	44.047	13'390.818	0.3 %
	Zonas sin o con poca vegetación	14.459	498.193	3 %
	Pastos	19.107	4'267.666	0.4 %
	Zonas urbanizadas	267.834	425.109	63 %
	Zonas industriales	19.225	338.301	6 %
	Zonas verdes urbanas	351.918	351.918	100%
Estética del paisaje	Bosques	1'770.980	13'390.818	13 %
	Zonas urbanizadas	338.019	425.109	80 %
	Zonas verdes urbanas	299.924	351.918	85 %
Turismo	Bosques	44.047	13'390.818	0.3 %
	Zonas sin o con poca vegetación	14.459	498.193	3 %
	Zonas urbanizadas	284.831	425.109	67 %
	Zonas industriales	19.225	338.301	6 %
Regulación climática	Ríos	4'015.770	4'015.770	100 %
	Lagos naturales	5'792	5'792	100 %
	Bosques	2'926.983	13'390.818	22 %
Control de inundaciones	Ríos	4'015.770	4'015.770	100%
	Bosques	1'626.868	13'390.818	12 %
Control de sequías	Ríos	4'015.770	4'015.770	100%
	Bosques	171.793	13'390.818	1 %

Nota: Las coberturas cuya extensión era nula (0 m²) no se tomaron en cuenta.

Tabla 12. Cálculo de extensión por coberturas asociados a SE generales – cartografía 2

SE General	Extensión que cubre (km ²)	Porcentaje que cubre respecto a la cuenca del río Siquima
Aprovisionamiento	8,76	26%
Cultural	3,49	10%
Regulación	16,78	50%

Nota: El área de la cuenca del río Siquima, es de 33,39 km². Con dicho valor, se halló el porcentaje.

Aunque la mayor prevalencia en conteo numérico fue para los SE de aprovisionamiento, los SE que más área cubrieron fueron los de regulación, debido a que se asociaron a principalmente a zonas boscosas que, como muestra la **Tabla 11**, fue la cobertura de mayor extensión total (~13 km²).

5.2 SE de aprovisionamiento

Para los SE de aprovisionamiento, el SE específico con mayor influencia fue la provisión de alimentos (65% cartografía 1 – 63% cartografía 2), que se da principalmente por las amplias zonas de cultivos y pastos, zonas de bosques percibidas como frutales o de fibras y la vocación agrícola de los municipios y la cuenca (Alcaldía Municipal de Albán, 2008; CAR, 2009). Aunque la provisión de agua no marcó una presencia tan significativa (19% cartografía 1 - 11% cartografía 2) respecto a los demás SE de aprovisionamiento, puede deberse a que los habitantes señalaron la totalidad del río Siquima como una sola entidad dentro de la categoría “A1” que se asignó para esta (**Figuras 9 y 10**), lo que claramente, disminuye su representación porcentual, mas no de área, como lo muestra la **Tabla 11**, con más de 4 km² de cobertura en la cuenca. La provisión de madera representó el menor grado de presencia (16%) en los SE de aprovisionamiento para la cartografía 1, mientras que para la cartografía 2 representó el segundo lugar (26%), debido a que se detallaron más zonas de bosque (categoría 3.1) en la clasificación de coberturas. Sin embargo, el resultado se ajusta a las zonas de reservas forestales ubicadas hacia la cuenca alta del río Siquima (CAR, 2009), en las proximidades de Albán, y la presencia la Reserva Natural Peña del Aserradero.

A pesar de que la cuenca posee una extensión considerable de mosaicos de cultivos (9'629.409 m² entre cultivos transitorios y permanentes para una representación del 29% respecto a la extensión de la cuenca), la productividad y aumento de estos se encuentra condicionada por la presencia de paisajes forestales que incluyen pastos (17'658,484 m² para una representación del 53% respecto a la extensión de la cuenca), tal como señalan Haines, Potschin & Kienast (2012). Estos a su vez ponen sobre la mesa la hipótesis de que “los cambios en el manejo de la tierra conducen a su abandono, lo cual puede ser importante para estas”, lo que sugiere un periodo de regeneración en las capacidades de la tierra para proveer bienes nuevamente, pues sus resultados mostraron cambios positivos para zonas con paisajes boscosos, seminaturales y naturales; mientras que, para territorios dominados por coberturas urbanas, mostraron cambios negativos y de agotamiento de recursos.

5.3 SE culturales

En segundo orden, se ubicaron los SE culturales que, según logró visualizarse, son de difícil mapeo pero simple percepción (Egoh *et al.*, 2008), y tienen un arraigo histórico, yendo más allá del ecosistema apreciado como estructura ecológica principal estática y que varía en el tiempo, deshaciéndose de la dependencia sobre la infraestructura y condiciones actuales del medio que llegan a parecer necesarias y obligatorias para la percepción de este tipo de SE (Bertoni & López, 2010). La percepción simultánea de los habitantes sobre este tipo de SE puede notarse en los resultados relativamente “parejos” que se obtuvieron para recreación, estética del paisaje y turismo, representando el 35%, 41% y 24% para la cartografía 1 y 35%, 44% y 21% para la cartografía 2, de los SE identificados, respectivamente.

Dentro del análisis, se puede afirmar que los SE culturales dependen fuertemente del flujo de personas, las cuales deben estar en capacidad de alcanzarlos para tomar el beneficio que ofrecen o de lo contrario no existe uso del servicio. También se infiere que las áreas de aprovechamiento suelen diferir de las

áreas de asentamiento, lo que implica un desplazamiento (Ala, Kotavaara, Alahuhta, Helle, & Hjort, 2016). En últimas, los sitios marcados para SE culturales son conocidos por sus habitantes y su satisfacción respecto a estos depende de factores como el buen estado en que se mantengan y la frecuencia en que pueden visitarlos.

Por otro lado, Plieninger *et al.* (2013) indicaron que la mayoría de los SE culturales no se encuentran dispersos aleatoriamente por el paisaje, y que su asignación está relacionada con ecosistemas particulares y/o propiedades espaciales. Por ejemplo, zonas de asentamientos y pastizales cercanos a centros urbanos parecieron particularmente significativos para valores recreacionales o espirituales. En tanto a las características del paisaje, van Berkel & Verburg (2014) concluyeron que las regiones que pueden retenerlas (como edificios culturales o históricos, bosques densos o en hileras, lagos y ríos) son apreciadas con mayor frecuencia por las personas. Para el caso de la zona de estudio, estas acotaciones de los autores mencionados concuerdan con los resultados obtenidos para el proyecto donde muchos SE culturales fueron identificados por los habitantes cerca de los municipios o sus alrededores, además de poseer atractivos turísticos naturales y artificiales, sobre todo para el caso de Albán.

5.4 SE de regulación

En último lugar, se situaron los SE de regulación, que obtuvieron los porcentajes más bajos de identificación en la cartografía 1 (20%), donde la mayor proporción para SE específicos se inclinó hacia control del clima (55%), seguido por regulación de sequías (36%) y en último lugar la regulación de inundaciones (9%). En cuanto a la cartografía 2 superaron a los SE culturales, aunque orden fue el mismo, pero con porcentajes de 67%, 23% y 10%, respectivamente. Se encontraron limitaciones por el desconocimiento conceptual de la población hacia ellos y las subcategorías, a pesar de la contextualización dada, por lo que la información dada por los participantes no representa con certeza la oferta real aproximada que debería con respecto a las subcategorías (regulación climática, control de sequías e inundaciones). Esta debilidad puede verse como una oportunidad para interpretar mejor los SE en general, permitiendo que en futuras investigaciones se puedan considerar opciones de valoración económica que aporten al desarrollo de políticas en este ámbito, priorizando los servicios que generan mayores ingresos y manteniendo reguladas las actividades económicas para evitar sobreexplotación de los recursos y daños al ecosistema, e incluso, identificar *hotspots* (término propuesto por N. Myers en los 80's para referirse a áreas de alto endemismo de especies en amenaza, que han sido priorizados para conservación de biodiversidad) existentes o latentes (Troy & Wilson, 2006; Egoh *et al.*, 2008).

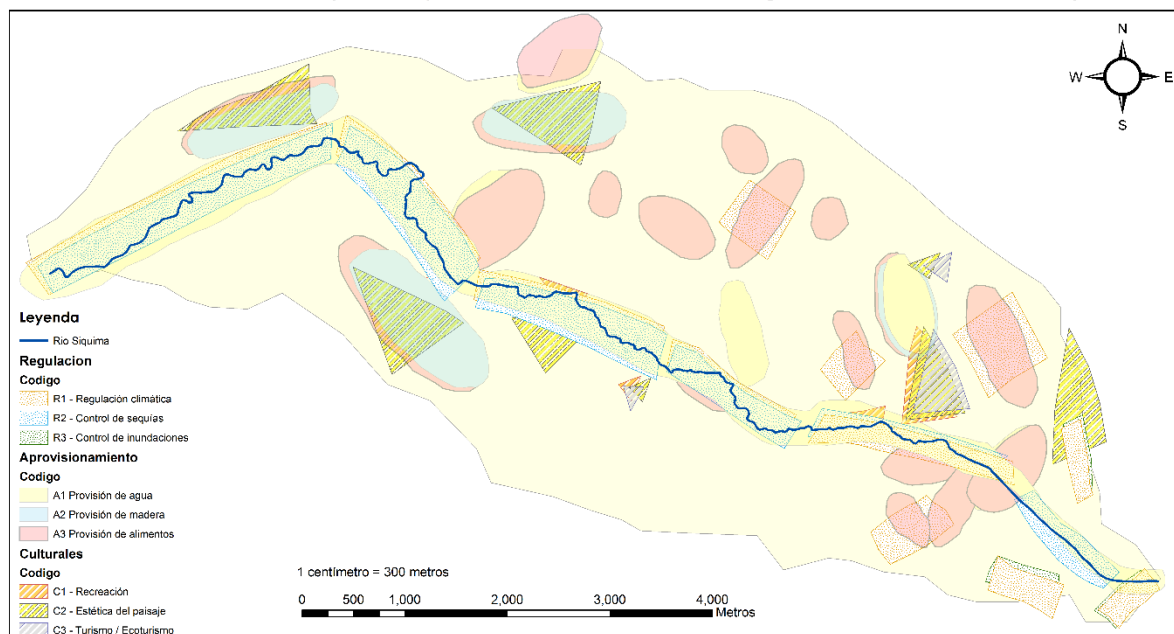
Opdam *et al.* (2015), encontraron que los marcos sostenibles (definidos como sucesos que influyen en acciones prácticas) son más importantes que los económicos para apoyar los SE de regulación y que la información sobre los beneficios del servicio de los ecosistemas se convierte en acción en los procesos de planificación colaborativa del paisaje. La situación se ejemplifica con la regulación natural de las plagas, que pueden verse desde el punto de vista del productor orientado a las ganancias, pero también contribuye a una alimentación saludable. Usar el potencial de la naturaleza, en lugar de pesticidas, para hacer el trabajo, contribuye a los objetivos de sostenibilidad en materia de regulación. A pertinencia del proyecto, los marcos sostenibles se pueden aplicar desde la preservación del ecosistema (principalmente bosques, que fueron la cobertura con mayor predominancia para estos SE), pues estos contribuyen a la regulación climática, el control de sequías e inundaciones, evitando gastos en construcción de barreras artificiales (para manejar inundaciones) o reservas artificiales (para manejar sequías) que se orienten más hacia un marco económico.

5.5 Cartografía social, SIG y planificación del territorio

Se distingue una tendencia al aumento en toda la zona de estudio hacia las zonas de mayor cobertura vegetal y cercanas a los municipios (**Figuras 16 y 17**), que para el caso de Albán, se ve respaldado por su historia, que refiere al municipio con gran vocación maderera y de provisión por la abundancia de bosques que posee (Alcaldía Municipal de Albán, 2008). Asimismo, se destaca en general las buenas condiciones que presenta la cuenca por la oferta de SE que suministra, en especial de provisión de alimentos (subcategoría con código “A3”), donde los resultados del POMCA del río Negro para Albán, por ejemplo, constatan un elevado número de cabezas de ganado (superior a las 3000) y más de 2000 Ha de pastos para producción agrícola (CAR, 2009). Asimismo, se evidencio una mayor tendencia de SE hacia la cabecera municipal de Albán, por sus atractivos turísticos y actividades económicas y de conservación desarrolladas entorno al municipio.

Figura 15. Cartografía 1 representativa de los SE presentes en la cuenca del río Siquima

Identificación de servicios ecosistémicos percibidos por habitantes de Albán mediante cartografía social, en la cuenca del río Siquima, Colombia



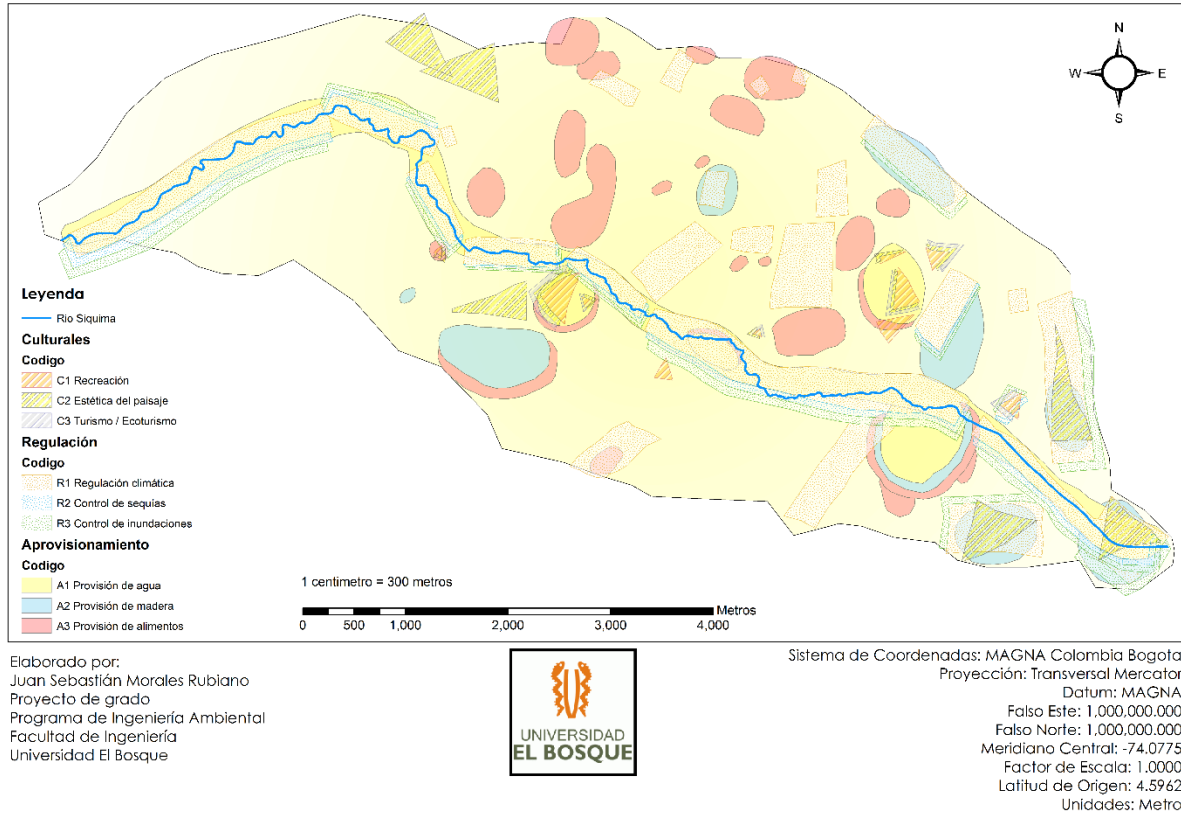
Elaborado por:
Juan Sebastián Morales Rubiano
Proyecto de grado
Programa de Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería
Universidad El Bosque



Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá
Proyección: Transversal Mercator
Datum: MAGNA
Falso Este: 1,000,000.000
Falso Norte: 1,000,000.000
Meridiano Central: -74.0775
Factor de Escala: 1.0000
Latitud de Origen: 4.5962
Unidades: Metro

Figura 16. Cartografía 2 representativa de los SE presentes en la cuenca del río Siquima

Identificación de servicios ecosistémicos percibidos por habitantes de Albán mediante cartografía social, en la cuenca del río Siquima, Colombia



En el caso particular de los parques de Guayabal de Siquima, el espacio es tan reducido que escasamente alcanza para garantizar un espacio agradable y suficiente para el disfrute de la comunidad en actividades al aire libre y/o de esparcimiento, en especial a los grupos generacionales que comprenden la primera infancia y juventud (Alcaldía Municipal de Guayabal de Siquima, 2001). Los habitantes conocedores del municipio manifestaron la falta de obras de inversión pública, factor que afecta los SE culturales, pues obras incompletas o alumbrado deficiente limitan el disfrute que los pobladores puedan tener sobre parques, vías, monumentos, entre otros.

En resumen, el diseño de una cartografía social para reconocer los SE resulta ser una herramienta efectiva, no como un ejercicio ejecutado independientemente, sino para articularse a procesos de identificación y solución de problemáticas sociales, culturales y ambientales, aportando diagnósticos útiles en la planificación del territorio y creación de políticas entorno al ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad (Rodrigues, Oliveira, Gomes, Mercuri, & Souza, 2017), pues como señalan Burkhard & Maes (2017), si las personas optan por involucrarse en dichos procesos, prefieren permearse de las situaciones en primera instancia, a través de gráficos y mapas, que por encima otros medios, ya que resumen la información y se hace más agradable de asimilar. Con una población contextualizada, se agilizan los procesos de planificación, pues tiene un conocimiento más amplio sobre los recursos disponibles, los posibles riesgos, las amenazas al territorio y las diferentes rutas que se tejen entorno al escenario ambiental estudiado y sobre el cual se adelantan procesos participativos (Burkhard & Maes,

2017). De ahí la importancia de empoderar a las comunidades sobre la gestión de su territorio para que se apropien del mismo, evitando la degradación de componentes ambientales como el suelo, que cada vez pierde más su valor social y ambiental mientras se impone el económico, al verse únicamente como un recurso (e incluso una mercancía) que provee las necesidades de una comunidad, pero sobre el que se ejercen pocas prácticas de conservación (Forero, 2015). Para fortuna de la cuenca del río Siquima, en concordancia con los resultados, no presenta sobreutilización del suelo y las zonas que podrían calificarse como degradadas (cobertura 3.3) son pocas, dando oportunidad de fortalecer el valor social y ambiental a los que hace referencia Forero (2015), de los recursos disponibles en la cuenca, además del suelo.

De manera análoga, Landim, da Silva & Oliveira (2016) delimitaron el alcance de la cartografía social en la construcción del conocimiento integral del territorio, desde la unión y representación de las percepciones de los participantes en el proceso de mapeo. Asimismo, notaron que la fuerza motriz que impulsa el mapeo participativo se encuentra dentro del marco de conflictos territoriales, ambientales y sociales, que usualmente van en contravía de los intereses que tienen las comunidades respecto a otros actores (empresas privadas, grupos económicos o gubernamentales). Este aporte permite posicionar el ejercicio participativo realizado de la cartografía en la cuenca del río Siquima como una herramienta que no se fundamenta únicamente en la solución de problemas, sino en la identificación de estos y sus condiciones actuales para mitigar su futura ocurrencia o evolución en problemáticas aun mayores.

Se puede inferir de la cartografía, que los habitantes se encuentran satisfechos con el lugar donde viven por la calidad del ambiente que manifestaron por medio de los SE identificados (Bertoni & López, 2010), pues no sería lógico pensar que existe una amplia oferta de SE en una zona que no esté en capacidad proveer los bienes suficientes que aseguren buena calidad de vida.

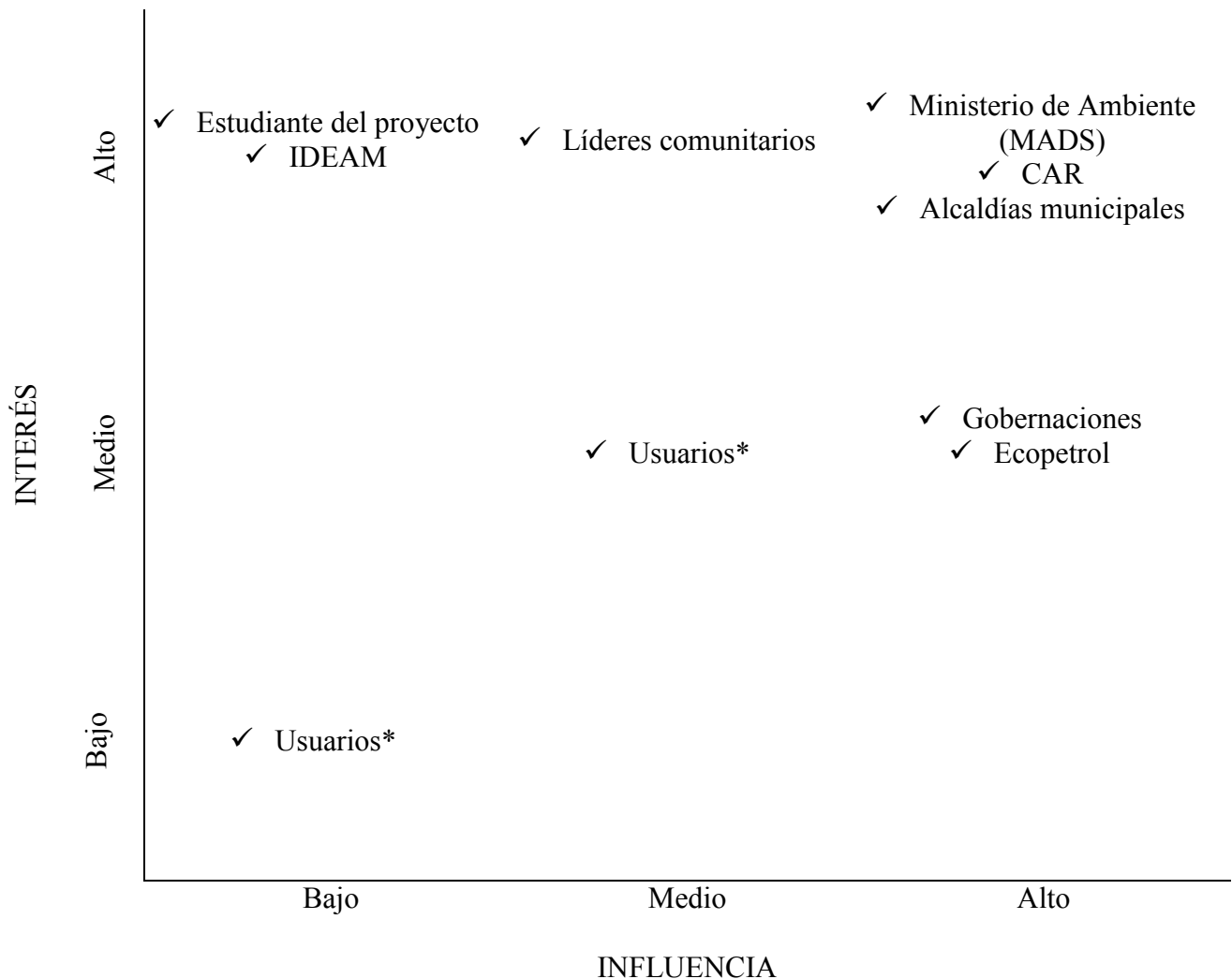
De otra mano, Pacha (2014), sugiere una serie de pasos para la implementación de SE a políticas ambientales, que si bien no constituyen una fórmula, orientan el proceso para las partes interesadas. Estos son (i) identificar y acordar problemas con los actores, estableciendo prioridades; (ii) identificar los SE más relevantes, reconociendo principalmente su uso y aprovechamiento; (iii) definir la información necesaria y los métodos para su recolección, optimizando tiempo; (iv) evaluar los SE, para tener resultados sobre los cuales discutir y tomar acción; (v) identificar y evaluar posibles políticas, adoptando las que más se ajusten a las necesidades de las poblaciones y los ecosistemas; y (vi) evaluar la distribución de impactos. Con esto se evidencia como la presente indagación científica aporta en los pasos (ii), (iii) y (iv) para la evaluación de los SE con metodologías confiables, de fácil aplicación, y que permiten dirigir la atención hacia las principales problemáticas encontradas según los resultados que se obtengan para plantear las políticas correspondientes.

En contraste, y tal como sugiere el MADS (2018), es importante contar con mesas de trabajo para la planificación del territorio y formulación de Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas que involucren diferentes actores (como los identificados previamente en la **Tabla 8** y mapeados en la **Figura 17**), aportando diferentes puntos de vista de acuerdo con sus roles dentro del área de la microcuenca y asegurando que el poder de los participantes sea significativo. El MADS también sugiere que la priorización puede orientarse a través de premisas como:

- Actores que están siendo o podrán verse afectados por las problemáticas ambientales existentes en la microcuenca, actores.

- Actividades que desarrolla y pueden verse afectadas por medidas que adopte el PMAM.
- Experiencia en la cuenca.
- Interés en el desarrollo del PMAM.
- Necesidad de su participación para la implementación de PMAM

Figura 17. Mapa de principales actores identificados en la cuenca del río Siquima.



Fuente: Elaborado según indicaciones de la guía POMCA del MADS (2014).

*Nota: *Los usuarios se dividieron en aquellos que muestran interés (por lo cual su influencia aumenta) y aquellos que no (por lo que su influencia es baja).*

Esto significa que, a pesar de la notable participación de los habitantes para el estudio, se hace necesario incluir otros actores influyentes que puedan ampliar la información y aportar desde su rol en la cuenca para la formulación de políticas (en especial del PMAM) y la toma de decisiones en conjunto (Egoh *et al.* 2008; Forero, 2015; MADS, 2018), como se mostró mediante la **Tabla 10** y como se puede evidenciar en las **Tablas 13 y 14**, que complementan su contenido a través de una ponderación numérica del Poder e Influencia que puede llegar a tener cada actor identificado según su rol y sus

funciones; junto a estrategias, necesidades y expectativas que podrían ser útiles en el ejercicio de apropiación para la planificación y conservación del territorio. Del mismo modo, es importante articular los EOT, Planes de Desarrollo Departamentales y Municipales, PGAR y toda la normativa que pueda relacionarse a la planificación, para lograr una gestión territorial más efectiva y sinérgica (CAR, 2009).

Tabla 13. Matriz de poder – interés (cualitativa) de involucrados en el proyecto.

Involucrado	Poder		P	Interés		I	P + I
	Influencia	Decisión		Académico	Técnico		
	30%	70%		50%	50%		
Usuarios	3	4	3,7	4	3	3,5	7,2
Estudiante del proyecto	3	1	1,6	5	4,5	4,8	6,4
Líderes comunitarios	4	4,5	4,4	4	4	4	8,4
CAR	5	4,5	4,7	3	5	4	8,7
Ecopetrol	4	3	3,3	4	5	4,5	7,8
Alcaldías	5	5	5	4	5	4,5	9,5
MADS	5	5	5	5	5	5	10
IDEAM	2	1	1,3	4	5	4,5	5,8
Gobernaciones	5	5	5	3,5	3	3,3	8,3

Fuente: Adaptado del MADS (2018)

*Nota: Donde **P** es Poder e **I** es Influencia. La escala es de 1 a 5.*

La cuantificación de P+I permite priorizar los actores y identificar la influencia que pueden tener en el desarrollo de los proyectos que se plantee desarrollar en la cuenca del río Siquima. Aunque los usuarios presentan el uno de los menores valores, no significa que sean los menos importantes, pues las decisiones que se tomen en el territorio van deben ser en pro de su bienestar y cualquier irregularidad se verá reflejada principalmente en ellos. Por otra parte, se puede ver la importancia de los organismos del gobierno (MADS, Gobernaciones y Alcaldías) en la toma de decisiones, por lo que en la mayoría de los casos los fallos en su administración son notables para las poblaciones (Tamayo, 2014).

Tabla 14. Estrategia de manejo de involucrados según su poder e interés en el proyecto.

ID	Nombre	Estrategias, Necesidades, Expectativas y/o Deseos
----	--------	---

01	Usuarios	Informar sobre actividades irregulares, manifestar inquietudes y aportar a la planeación a través de líderes y voceros. Mostrar interés por las problemáticas de su territorio, así como de la gestión y preservación del mismo.
02	Estudiante del proyecto	Aportar herramientas que empoderen a los habitantes en la planificación y preservación de sus recursos y territorio. Documentarse e informarse adecuadamente para transmitir el conocimiento a la comunidad de manera escrita y verbal. Ser un apoyo desde la parte académica.
03	Líderes comunitarios	Ser el principal canal de comunicación entre la población e instancias superiores para la planificación del territorio y asuntos de interés. Mostrar proactividad en su ejercicio representativo. Manifestar las principales problemáticas que identifica la población y transmitir las diplomáticamente.
04	CAR (Autoridad Ambiental)	Informar a la comunidad y principalmente a los líderes, sobre los programas y proyectos que se adelantan en materia ambiental. Contar con el apoyo y opinión de los diversos actores que se involucran en los proyectos que desarrollen, como la posible formulación de un PMAM
05	Ecopetrol (Entidad privada)	Informar sobre las actividades que desarrolla y los posibles efectos positivos/negativos que puede generar al ambiente con su operación. Mantener al día sus políticas y estudios ambientales para garantizar la legalidad en sus procesos. Contar con la aprobación de la población y las AAC.
06	Alcaldías de Albán y Guayabal de Siquima (Entidades territoriales)	Mostrar apoyo en todos los asuntos y problemáticas que corresponden a su administración territorial, además de tener un alto poder de representación y legalización.
07	MADS	Ser el ente rector del ambiente a nivel nacional, regional y local. Por tanto, se espera que apoye y haga seguimiento a proyectos que se formulen en este campo y vele por su cumplimiento.
08	IDEAM	Aportar conocimiento técnico y científico en materia ambiental para la formulación de proyectos que así lo requieran (caso PMAM).
09	Gobernaciones	Vigilar el cumplimiento de los planes, proyectos y programas dentro del marco del (Plan Nacional de Desarrollo) PND y alinear los nuevos a sus lineamientos. Mostrar respaldo al igual que las alcaldías y disposición a solucionar conflictos emergentes por irregularidades.

Finalmente, existe un reto en el trabajo coordinado de los actores involucrados en proyectos, para articular a las instituciones relacionadas e implementar modelos de seguimiento en normativa, como la PNGIBSE, promoviendo iniciativas de preservación efectivas en el territorio, para la biodiversidad y los SE, tanto para valoración no económica como económica (Tamayo, 2014).

6. Conclusiones y recomendaciones

La calidad, en cuanto a detalle de la zonificación cartográfica es influyente, pues de modo general se dificulta una caracterización de SE por parte de los habitantes por más que estos conozcan la zona, debido a factores como la ubicación espacial o el desconocimiento de la misma. Como alternativas para solventar estos problemas emergentes, se pueden agregar capas base de modo que se visualice mejor el terreno, o presentar una proyección de la zona sin obstrucciones durante el proceso para que pueda contribuir a la identificación de los SE. Se sugiere complementar estudios de cartografías sociales con otras técnicas como encuestas, para dar más fiabilidad a los datos, puesto que algunos SE, como los de regulación, son de carácter más complejo en relación con los de aprovisionamiento y culturales. Esto lleva a que los participantes de la cartografía no estén completamente seguros de los SE identificados, aún con la ayuda de la clasificación por coberturas.

En general, las comparaciones entre cartografías permitieron conocer la importancia de las coberturas de bosques para la cuenca hidrográfica, ya que los habitantes las asocian por lo menos a un tipo de SE de regulación, lo cual se refleja en la variación de SE identificados a nivel global, en especial para la cartografía 2. Lo mismo sucede con los SE de aprovisionamiento, aunque en menor medida. En cuanto a los SE culturales, la percepción se relaciona más al sentido de ubicación espacial de los habitantes que a las coberturas. Respecto a las comparaciones cualitativas, resulta vital contrastar los datos de conteo de SE respecto al área que ocupan, pues como se evidenció con el estudio, el hecho de que un SE presente mayor cantidad de percepciones, no significa que abarque mayor cobertura (caso de los SE de aprovisionamiento que presentaron mayor conteo en ambas cartografías, pero en área se vieron superados por los SE de regulación).

A manera de sugerencia, las comunidades deben apropiarse de su entorno y los recursos para que así mismo tengan la autoridad de puedan hacer un uso responsable de estos y velar por su protección y conservación. Un paso importante para lograr esto, consiste en mostrar interés sobre el componente normativo que atañe las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca y tienen influencia sobre los SE. Como se pudo ver en los resultados, algunas zonas fueron identificadas por la relación que los habitantes establecieron entre las coberturas y el potencial de SE que podían ofrecer, sin tener en cuenta políticas de protección para reservas forestales, por ejemplo. De manera progresiva y con un mejor entendimiento de los SE, puede escalar en la valoración económica de los ecosistemas, aportando nuevas herramientas en la toma de decisiones.

El mapeo de SE es una herramienta de apoyo importante para la planeación, ya que permite identificar a sus habitantes los potenciales de los ecosistemas, dándoles un mejor aprovechamiento o preservación, según sea el caso. Del mismo modo, facilita los retos en la evaluación de SE intangibles o de difícil percepción como la herencia cultural o el control de inundaciones, evaluados en el estudio. En el caso de que quisiera adoptarse alguna política según los resultados obtenidos, lo más recomendable sería enfocarla hacia el uso responsable de la tierra para cultivos y avicultura, debido a que la provisión de

alimentos representó el mayor beneficio derivado de los SE que percibieron los habitantes; teniendo en cuenta que el paso a seguir es contar con una participación más amplia de actores y una muestra significativa, puesto que se demostró la utilidad de la cartografía social como herramienta participativa para la planificación del territorio.

El presente trabajo puede servir de línea base para continuar en la producción de material científico para estudios de manejo integrado de los recursos naturales y los SE que estos prestan en la cuenca del río Siquima. Esto permitirá con el paso de los años, hacer comparaciones para identificar la evolución de fenómenos asociados al objeto de estudio respecto a SE, formulación de políticas ambientales y empoderamiento de comunidades en pro del desarrollo sostenible.

Bibliografía

- Ala, T., Kotavaara, O., Alahuhta, J., Helle, P., & Hjort, J. (2016). Introducing accessibility analysis in mapping cultural ecosystem services. *Ecological Indicators*, 66, 416-427.
- Alcaldía Municipal de Albán. (2008). Plan de Desarrollo Municipal de Albán 2008 - 2011. *Diagnóstico*, 238p. Albán, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Guayabal de Siquima. (2001). Esquema de Ordenamiento Territorial 2001. *EOT Guayabal de Siquima 2001*, 196p. Guayabal de Siquima, Colombia.
- Arellano, J. L., & Ruiz, L. E. (2018). Evaluación y tendencias de los servicios ecosistémicos hidrológicos de la cuenca del río Zanatenco, Chiapas. *Investigaciones Geográficas*(95), 22p.
- Balvanera, P., Castillo, A., Ávila, P., Caballero, K., Flores, A., Galicia, C., . . . Maass, M. (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. *El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y estudio de casos*, 39-67.
- Barragán, A. N. (2019). Cartografía social: Lenguaje creativo para la investigación cualitativa. *Sociedad y Economía*(36), 139-159.
- Bertoni, M., & López, M. J. (2010). Percepciones sociales ambientales. Valores y actitudes hacia la conservación de la Reserva de Biosfera "Parque Atlántico Mar Chiquita" - Argentina. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 19(5), 835-849.
- Bracerías, I. (2012). Cartografía Participativa: Herramienta de Empoderamiento y Participación por el Derecho al Territorio. *Trabajo de Máster*, 55p. País Vasco, España.
- Burkhard, B., & Maes, J. (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers.
- Cárdenas, J. P. (2016). Aplicabilidad del software InVEST para el mapeo de servicios ecosistémicos: Caso cuenca alta del río Claro. *Trabajo de pregrado*. Envigado, Antioquia, Colombia: Universidad EIA.
- Cheng, M., Wang, Y., Engel, B., Zhang, W., Peng, H., Cheng, X., & Xia, H. (2017). Performance Assessment of Spatial Interpolation of Precipitation for Hydrological Process Simultaion in the Three Gorges Basin. *Water*, 9(11), 838-846.
- Concejo Municipal de Guayabal de Siquima. (2008). Plan de Desarrollo Municipal 2008 - 2011. *Acuerdo No. 003 de mayo 31 de 2008*, 117p. Guayabal de Siquima, Colombia.
- Corbett, J., Devos, S., Di Gessa, S., Fara, K., Firmian, I., Liversage, H., . . . Sarr, L. (2009). Buenas Prácticas en Cartografía Participativa. *Análisis Preparado para el FIDA*, 59p.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2009). Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográfica (POMCA) del río Negro. Cundinamarca, Colombia.
- Daily, G. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Nueva York, Estados Unidos: Island Press.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. *Versión 2*. Colombia.
- Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D., Maitre, D., & van Jaarsveld, A. (2008). Mapping ecosystem services for planning and management. *Issues*, 127(1-2), 135-140.
- Forero, N. (2015). La cartografía social como herramienta de articulación entre la planeación territorial y la gestión socioambiental. Caso cuenca rio Salitre, Bogotá D.C. *Trabajo de pregrado*. Bogotá, Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Franz. (2 de Noviembre de 2018). *ArcGeek*. Obtenido de El Blog de Franz: <https://acolita.com/delimitar-automaticamente-micro-cuenca-hidrografica-especifica-en-arccgis/>
- Haines, R., Potschin, M., & Kienast, F. (2012). Indicators of ecosystem service potential at European scales: Mapping marginal changes and trade-offs. *Ecological Indicators*, 21, 39-53.

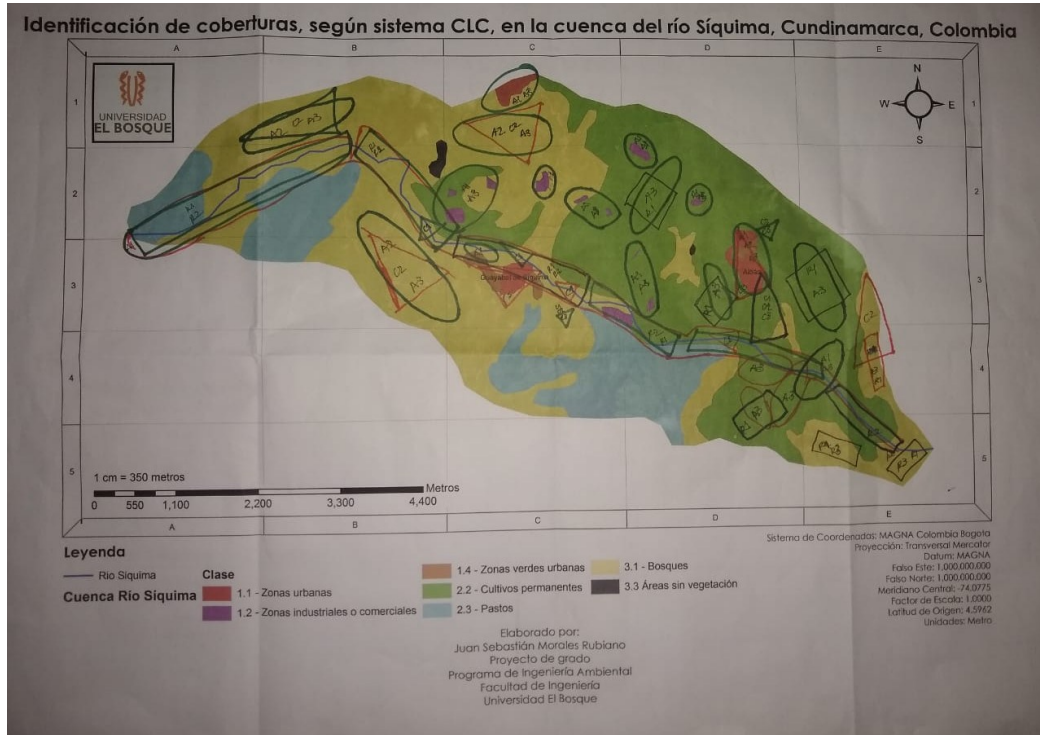
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F, México: McGraw Hill.
- Hoerbinger, S., Immitzer, M., Obriejetan, M., & Rauch, H. P. (2018). GIS-based assessment of ecosystem service demand concerning green infrastructure line-side vegetation. *Ecological Engineering*, 121, 114-123.
- Infante, K. D., & Arce, A. M. (2015). Percepción local de los servicios ecológicos y de bienestar de la selva de la zona maya en Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2015(86), 67-81.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). (2009). Fichas técnicas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonía Colombiana. 172p. (U. G. Murcia García, Ed.) Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2013). Norma Técnica Colombiana - NTC 4611. *Información geográfica. Medatado geográfico*, 14p. Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. *Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*, 72p. Bogotá D.C, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2013). Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. *Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM*, 47p. Bogotá D.C, Colombia.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). (2014). Valoración Integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. *Aspectos conceptuales y metodológicos*, 151p. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (s.f.). Plancha 227. *Escala 1:25.000*. Colombia.
- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile. *Bosque*, 39(2), 277-289.
- Kalume, A. C., Bandeira, I., Nunez, J. G., Borges, J. C., Segalerba, M., Carvalho, R., . . . Pacheco, W. (2008). Methodology of Collaborative Cultural Mapping. 1, 64p. (S. C. Advisory, Ed.) Brasília, Brasil: Amazon Conservation Team Editions.
- Keenan, R. J., Pozza, G., & Fitzsimons, J. A. (2019). Ecosystem services in environmental policy: Barriers and opportunities for increased adoption. *Ecosystem Services*, 38, Artículo 100943.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., & Makeschin, F. (2012). A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators*, 21, 54-66.
- Landeros, J. L., & Valdivia, A. R. (2018). Cartografía social de Chapiquiña: Reivindicando los derechos territoriales indígenas en los altos de arica, Chile. *Iconos*, 22(2), 91-114.
- Landim, F. O., da Silda, E. V., & Oliveira, N. (2016). Cartografia Social Instrumento de Construção do Conhecimento Territorial: Reflexões e Proposições acerca dos Procedimentos Metodológicos do Mapeamento Participativo. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, 18(2), 56-70.
- Lee, H., Seo, B., Koellner, T., & Lautenbach, S. (2019). Mapping cultural ecosystem services 2.0 - Potential and shortcomings from unlabeled crowdsourced images. *Ecological Indicators*, 96, 505-515.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Well-being. 4 Volumes. United States: Island Press.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt. (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. *PNGIBSE*, 128p. Bogotá, Colombia.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). Guía Metodológica para la Formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas - PMAM. 53p. Bogotá D.C, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Decreto 1640. *Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones*. Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. 115p. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. 124p. Bogotá D.C, Colombia.
- Montañez Velásquez, C. (2018). Caracterización y mapeo participativo de servicios ecosistémicos en paisajes socio-ecológicos de producción. Caso estudio: Aquitania (Boyacá), Colombia. *Trabajo de pregrado*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Muñoz, L., Hausner, V., Brown, G., Runge, C., & Fauchald, P. (2019). Identifying spatial overlap in the values of locals, domestic- and international tourists to protected areas. *Tourism Management*, 71, 259-271.
- Observatorio de Políticas Públicas de Medellín. (2013). Estándares Básicos para Manejo de Información Geográfica. *Glosario*, 119p. Medellín, Colombia: Alcaldía de Medellín.
- Opdam, P., Coninx, I., Dewulf, A., Steingröver, E., Vos, C., & van der Wal, M. (2015). Framing ecosystem services: Affecting behaviour of actors in collaborative landscape planning? *Land Use Policy*, 46, 223-231.
- Pacha, M. J. (2014). Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones: Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía, Brasilia. *Iniciativa Amazonía Viva*, 92p. Brasilia, Brasil: WWF.
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros, E., & Bieling, C. (2013). Assessing, mapping and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33, 118-129.
- Ramkar, P., & Yadav, S. (2018). Spatiotemporal drought assessment of a semi-arid part of middle Tapi River Basin, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 414-426.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española* (22a ed.). Madrid, España: S.L.U Espasa Libros.
- Rincón, A., Lara, D., Castro, L. G., & Rojas, C. (2016). Conflictos socioambientales y servicios ecosistémicos en la cuenca del río Orotoy: Reflexiones para su gestión. *Ambiente y Sostenibilidad*(6), 3-16.
- Rincón, A., Rojas, J., Agudelo, C., Perez, M., Vieira, S., & Rubiano, J. (2019). Ecosystem services as an inclusive social metaphor for the analysis and management of environmental conflicts in Colombia. *Ecosystem Services*, 37, 100924.
- Rodrigues, M. H., Oliveira, J., Gomes, M., Mercuri, J., & Souza, P. (2017). Cartografia social no território do Parque Nacional Serra da Capivara – PI: mapeamento participativo para retomada da territorialidade. *Revista CPC*(24), 56-77.
- Rodríguez, L., Curetti, G., Garegnani, G., Grilli, G., Pastorella, F., & Paletto, A. (2016). La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: Un caso de estudio en Los Alpes Italianos. *Bosques*, 37(1), 41-52.
- Schägnier, J. P., Brander, L., Paracchini, M. L., Maes, J., & Gollnow, F. (2018). Spatial dimensions of recreational ecosystem service values: A review of meta-analyses and a combination of meta-analytic value-transfer and GIS. *Ecosystem Services*, 31, 395-409.

- Secretaría de Integración Regional de Cundinamarca. (2016). Convenio de Asociación SIR No. 12 de 2016. *Diseño de Rutas Turísticas de Ubaté y Gualivá. Ruta Dulce y de Aventura*. Cundinamarca, Colombia.
- Silvetti, F. (2011). Una revisión conceptual sobre la relación entre campesinos y servicios ecosistémicos. *Cuadernos De Desarrollo Rural*, 8(66), 19-45.
- Syrbe, R., & Walz, U. (2012). Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators*, 21, 80-88.
- Tamayo, E. (2014). Importancia de la Valoración de Servicios Ecosistémicos y Biodiversidad para la Toma de Decisiones. *Revista Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*, 1(1), 16-28.
- Terrado, M., Momblanch, A., Bardina, M., Boithias, L., Munné, A., Sabater, S., . . . Acuña, V. (2016). Integrating ecosystem services in river basin management plans. *Journal of Applied Ecology*, 53, 865-875.
- Troy, A., & Wilson, M. (2006). Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*, 60, 435-449.
- van Berkel, D., & Verburg, P. (2014). Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecological Indicators*, 37, 163-174.
- Vorstius, A., & Spray, C. (2015). A comparison of ecosystem services mapping tools for their potential to support planning and decision-making on a local scale. *Ecosystem Services*, 15, 75-83.
- Woodruff, S. C., & BenDor, T. K. (2016). Ecosystem services in urban planning: Comparative paradigms and guidelines for high quality plans. *Landscape and Urban Planning*, 152, 90-100.
- Zhang, S., & Muñoz, F. (2019). Assessing and mapping ecosystem services to support urban green: The case of Barcelona, Spain. *Cities*, 92, 59-70.
- Zhenyao, S., Lei, C., Qian, L., Ruiming, L., & Qian, H. (2012). Impact of spatial rainfall variability on hydrology and nonpoint source pollution modelling. *Journal of Hydrology*, 473, 205-215.

Anexos

Anexo 1. Servicios ecosistémicos identificados por los habitantes en la cartografía 1



Anexo 1.1. Servicios ecosistémicos identificados por los habitantes en la cartografía 2



Anexo 2. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 1, Albán.



Anexo 2.1. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 1, Albán



Anexo 2.2. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 1, Albán



Anexo 3. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 2, Albán



Anexo 3.1. Fotografía de los habitantes en la realización de la cartografía social 2, Albán



Anexo 3.2. Fotografía de los habitantes participantes de la cartografía social 2 tomando un refrigerio, Albán.

