

Entre conservar y producir. La relación sociedad-naturaleza y los conflictos socioecológicos en el lago de Tota, Boyacá, Colombia

Preserve or Produce. The Society-Nature Relationship and the Socioecological Conflicts in Tota's Lake, Boyacá, Colombia

Karla Juliana Rodríguez Robayo*  <https://orcid.org/0000-0003-0947-9372>
Carlos Alberto Herrera Heredia**  <https://orcid.org/0000-0001-6589-8999>
Fabián Enrique Martínez Camelo***  <https://orcid.org/0000-0002-0671-6443>

Resumen

Objetivo: construir la configuración actual de los sistemas socioecológicos en el lago de Tota y definir sus conflictos socioambientales. Metodología: descripción cualitativa de 69 variables, sustentada en la revisión de 76 fuentes de información secundaria. Resultados: las interacciones del sistema evidencian la presencia de ocho tipos de conflictos socioambientales, organizados en las categorías de uso, distribución, valores y autoridad. Valor: la aplicación del marco de sistemas socioecológicos para el análisis integral de una de las reservas hídricas del país. Limitaciones: se caracteriza el sistema sólo a partir de información secundaria; es importante complementar el análisis con entrevistas a los actores clave. Conclusión: se demuestra la necesidad de que el análisis integral de las relaciones socioambientales del territorio permee las dinámicas institucionales, con el fin de reorientar las alternativas de manejo de recursos naturales hacia el equilibrio de los objetivos de conservación y producción de la cuenca.

Palabras clave: sistemas socioecológicos; conflictos socioecológicos; cebolla de rama, agua; lago de Tota.

Abstract

Objective: to construct the current Tota's lake configuration of the socioecological systems and the socio-environmental conflicts. Methodology: qualitative description of 69 variables, based in 76 sources of secondary information. Results: the systems' interactions highlight eight types of conflicts, organized in use, distribution, values, and authority categories. Value: the implementation of the socioecological system framework in an important Colombian water reserve. Limitations: the system's characterization and conflicts was made only using secondary information. It is relevant to enforce the analysis with primary information, such as interviews to key actors. Conclusion: the outcomes evidence that an integral analysis of socioenvironmental relationships is needed to redirect the management of natural resources' alternatives in order to balance the basin's preservation and production objectives.

Keywords: socioecological systems; socioecological conflicts; onion crop; water; Tota's lake.

Cómo citar: Rodríguez Robayo, K. J., Herrera Heredia, C. A., y Martínez Camelo, F. E. (2021). Entre conservar y producir. La relación sociedad-naturaleza y los conflictos socioecológicos en el lago de Tota, Boyacá, Colombia. *región y sociedad*, 33, e1419. doi: 10.22198/rys2021/33/1419

* Autora para correspondencia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, Centro de Investigación Tibaitatá. Km 14 Vía Mosquera-Bogotá, C. P. 250047, Mosquera, Colombia. Correo electrónico: kjrodriguez@agrosavia.co

** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, Centro de Investigación Tibaitatá. Km 14 Vía Mosquera-Bogotá, C. P. 250047. Mosquera, Colombia. Correo electrónico: cherrera@agrosavia.co

*** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, Centro de Investigación Tibaitatá. Km 14 Vía Mosquera-Bogotá, C. P. 250047. Mosquera, Colombia. Correo electrónico: fmartinez@agrosavia.co

Recibido: 24 de noviembre de 2020

Aceptado: 2 de marzo de 2021

Liberado: 25 de marzo de 2021



Esta obra está protegida bajo una Licencia
Creative Commons Atribución-No Comercial
4.0 Internacional.

Introducción

La cuenca del lago de Tota, ubicada en la provincia de Sugamuxi, cuenta con el cuerpo de agua más grande de Colombia y el segundo de América del Sur. Alberga 13.6% de la reserva hídrica del país y abastece cerca del 80% del mercado nacional de cebolla de rama (*Allium fistulosum*) (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2014). Esta dualidad entre su importancia ecosistémica y su importancia económica ha traído como consecuencia conflictos socioecológicos.

A lo largo de la historia de la cuenca, el año 2012 define un momento de cambio, pues ésta recibe el Premio Internacional Globo Gris, de la Red Mundial de Humedales, por ser uno de los humedales más vulnerables del mundo (Bermúdez-Urdaneta y Avci, 2015). El reconocimiento desata esfuerzos en la búsqueda de la sostenibilidad en el manejo de los recursos en la cuenca, como es el caso del diseño e implementación de la política pública del Consejo Nacional de Política Económica y Social, establecida en el documento CONPES 3801 (DNP, 2014), en el que se define el plan de acción para la cuenca.

Durante décadas, la cuenca del lago de Tota ha sido escenario de múltiples investigaciones sobre el recurso hídrico, la red de actores, la eutrofización y la contaminación, entre otros temas, dedicadas a generar información que oriente los procesos de toma de decisiones para que las acciones de conservación, preservación y producción se realicen con equilibrio en el territorio. Sin embargo, continúa ausente el análisis integral de la relación entre la sociedad y la naturaleza y los conflictos socioecológicos del territorio.

El objetivo del presente artículo es construir la configuración actual de los sistemas socioecológicos en la cuenca del lago de Tota, considerando en las interacciones los conflictos socioecológicos predominantes. Se ofrece un panorama actual detallado del contexto socioeconómico y ambiental del lago, que sirve de soporte para la comprensión integral del territorio y el diseño e implementación de estrategias orientadas a equilibrar acciones de conservación y de producción.

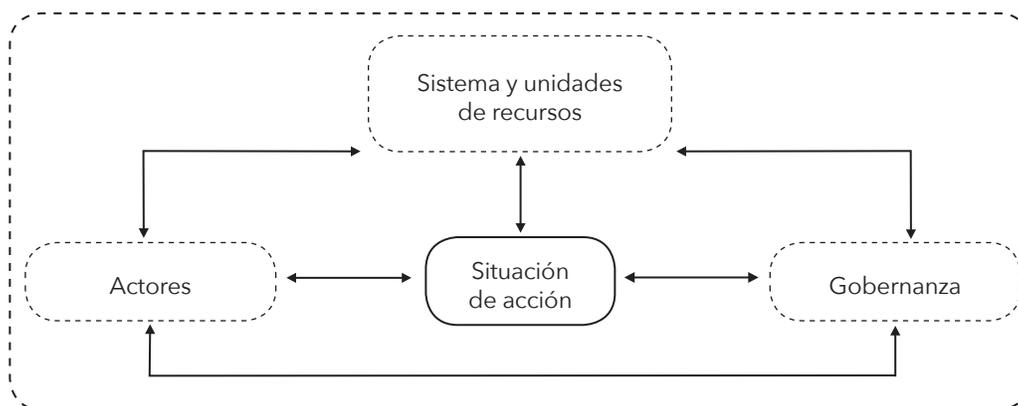
Los sistemas socioecológicos como marco de análisis

La propuesta conceptual es el acercamiento y la comprensión del territorio a partir del marco de los sistemas socioecológicos (SSE), que permite integrar las dimensiones ambiental y socioeconómica, al entender el territorio como un entramado de relaciones en el que los agentes sociales y los biofísicos interactúan y se retroalimentan en escalas múltiples, temporales y espaciales (Anderies, Janssen y Ostrom, 2004; Gunderson y Holling, 2002; Holland, 2006; Janssen y Ostrom, 2006; Ostrom, 2009).

McGinnis y Ostrom (2014) definen los SSE a partir de cinco componentes de primer nivel —que a su vez agrupan variables de segundo nivel—: a) “unidades de recursos y sistemas de recursos”, que son los recursos naturales del sistema y sus dinámicas y que de acuerdo con Rodríguez-Robayo, Perevochtchikova, Ávila-Foucat y de la Mora (2019) y Rodríguez-Robayo, Méndez-López, Juárez-Téllez

y Peralta-Blanco (2020), se pueden fusionar en un solo componente; b) “sistemas de gobernanza”, que se refieren a los procesos de toma de decisiones y a las relaciones dentro del sistema; c) “actores” presentes en el sistema y sus características; d) “condiciones exógenas”, características externas al sistema; y e) “situación de acción”, sucesos o eventos que detonan cambios e interacciones en cada una de las categorías del esquema y, por ende, en la configuración del SSE (véase figura 1).

Figura 1. Componentes del sistema socioecológico



Fuente: McGinnis y Ostrom (2014, p. 4), modificado por los autores del presente texto.

Estas interacciones tienen elementos de entrada y de salida en el sistema, que se abordan a partir de variables, como los niveles de aprovechamiento, la información compartida, el monitoreo y los conflictos, entre otras.

En la interacción de la sociedad y la naturaleza continúa predominando una lógica de extracción y de consumo que deriva en la desigualdad de acceso, en la falta de control y en el deterioro de los recursos (Pichler, 2016) y, por tanto, en conflictos socioecológicos, entendidos como la manifestación de las desigualdades sociales, espaciales y temporales, que se producen a partir de la relación entre los actores de la sociedad y los servicios ecosistémicos o beneficios que proporciona la naturaleza (Martínez-Alier, 2004).

Los conflictos, más allá de los problemas, resaltan la confrontación de posiciones, intereses y necesidades percibidas como incompatibles. Identificar los conflictos socioecológicos presentes en el territorio, reconocer las tendencias y las causas, así como aportar ideas para su manejo y resolución, es prerequisite en la búsqueda del desarrollo (Barli, Zeki, Fehmi y Gedik, 2006).

El análisis de los conflictos socioecológicos

Considerando la relevancia del análisis territorial de los conflictos socioecológicos y el papel que desempeñan en la interacción de los componentes del sis-

tema, surge el interrogante sobre cómo abordar ese análisis. Dubois y Zografos (2012) revisan los conflictos entre los grupos de pesca artesanal y los grupos de pesca industrial teniendo en cuenta la creciente escasez de recursos ícticos en Senegal. Los examinan a partir de un conjunto de variables: derechos de propiedad, equipamiento para la pesca, estándares de navegación, estructuras organizacionales para el cumplimiento de reglas, motivaciones de los actores y elementos intangibles asociados con las percepciones de los actores sobre el océano, los recursos y su relación con ellos. Los autores encuentran que las interacciones conflictivas coexisten con las cooperativas y ambas emergen en respuesta a los cambios en la abundancia y el manejo de los recursos marinos. Además, subrayan que los sistemas formales establecidos para mediar los conflictos son ineficaces, pues los pescadores no los utilizan.

Barli et al. (2006) estudian el reconocimiento, la resolución y las causas de los conflictos entre los pobladores y las organizaciones gubernamentales forestales en Turquía. La investigación identifica entre las causas: los bajos niveles de ingresos, el analfabetismo, la falta de claridad en la tenencia de la tierra, la diversidad de intereses, la tala ilícita de árboles, la falta de colaboración, el traspaso de tierras privadas sin permiso, la contaminación del ambiente y la falta de una estructura interna de gestión participativa. Así mismo, identifican el desconocimiento generalizado en los diferentes actores de la existencia de estos conflictos y la reducida efectividad de los esquemas gubernamentales para el manejo de bosques.

Zhang, Hu, Bo, Li, Zhang y Xie (2020) analizan en China los conflictos entre las instituciones responsables de las áreas naturales protegidas y las comunidades aledañas. Los autores desarrollan el marco de sistemas socioecológicos para revisar los conflictos, e identifican que las áreas protegidas y las comunidades vecinas pueden coexistir cuando hay una gobernanza en la que los diferentes actores presentes en el territorio interactúan en los procesos de diseño e implementación de reglas (gobernanza policéntrica), de tal forma que es posible actuar para frenar los conflictos emergentes y resolver los existentes.

En Colombia, los ecosistemas estratégicos de páramo y humedales de alta montaña han sido objeto de estudio por la diversidad de conflictos socioecológicos que presentan. Prieto (2017) señala que los páramos son en esencia territorios de conflicto y reporta un conjunto de prácticas a menudo presentes en estos ecosistemas que son detonantes de conflictos, entre las que se destacan la extracción minera y de hidrocarburos, las actividades agropecuarias asociadas con la producción de papa, cebolla y ganado vacuno, la restricción del uso del suelo por medidas de conservación, la urbanización y el turismo sin planeación y la implementación de megaproyectos (hidroeléctricas, represas, líneas de alta tensión, vías).

En concordancia, Basto (2017) expone para el páramo de Santurbán, al nororiente del país, conflictos socioambientales asociados con la explotación minera por parte de multinacionales. El autor resalta la relevancia de reconocer la diversidad cultural presente, así como la multiplicidad de actores sociales con diversas ideas frente a la naturaleza: ideas capitalistas, orgánicas, tecnocientíficas e híbridas.

Al suroeste del país, Nilo (2019) analiza en los páramos de La Cocha conflictos socioambientales en torno al uso y a la protección de la biodiversidad, y destaca el rol de los diferentes actores, las coaliciones sociales y las reglas constitucionales que prohíben o fomentan diferentes prácticas de uso y explotación de los recursos naturales.

Por último, a 200 kilómetros de distancia de la cuenca del lago de Tota, se encuentra la laguna de Fúquene, donde la actividad pecuaria y la industria láctea representan los principales medios de vida de la población y han orientado la priorización de un servicio ecosistémico,¹ la provisión de recurso hídrico para riego agropecuario. Allí destaca un conjunto de conflictos socioambientales que ha llevado al sistema al colapso (Andrade, Franco y Delgado, 2012).

A partir de estas reflexiones, el presente artículo adopta el marco de sistemas socioecológicos para la revisión y la caracterización de los conflictos presentes en el lago de Tota, en la búsqueda de integrar variables ambientales y socioeconómicas en el análisis.

Metodología

La zona de estudio es el lago de Tota, aunque de acuerdo con la información encontrada se distinguen elementos de la cuenca del lago y del complejo de páramos que la circunda. El lago se ubica en la provincia de Sugamuxi, al oriente del departamento de Boyacá (Colombia), aproximadamente a 3 015 metros sobre el nivel del mar (msnm) (véase figura 2). Su cuenca cuenta con coberturas que incluyen el ecosistema páramo, agroecosistemas agropecuarios de cultivos mixtos y monocultivo de cebolla (Borrero, 1963; Pontificia Universidad Javeriana [PUJ], 2005; Raymond, 1990).

La estructura metodológica constó de dos etapas: 1) una caracterización general de los SSE y 2) una caracterización de los conflictos socioecológicos.

1) La caracterización de los SSE del lago de Tota contempló la revisión de documentos (literatura científica, reportes y normatividad), la identificación de 37 variables de segundo nivel que resumen las principales características del sistema con relación a las unidades de recursos, los actores, la gobernanza, la situación de acción y las condiciones exógenas. Las variables consideradas se apegan a las que proponen McGinnis y Ostrom (2014). Para el *sistema y unidades de recursos*, se consideraron ocho variables: sector (territorio, ecosistema, belleza escénica, fauna, minería, recurso hídrico), atributos del sector (tamaño) e infraestructura construida.

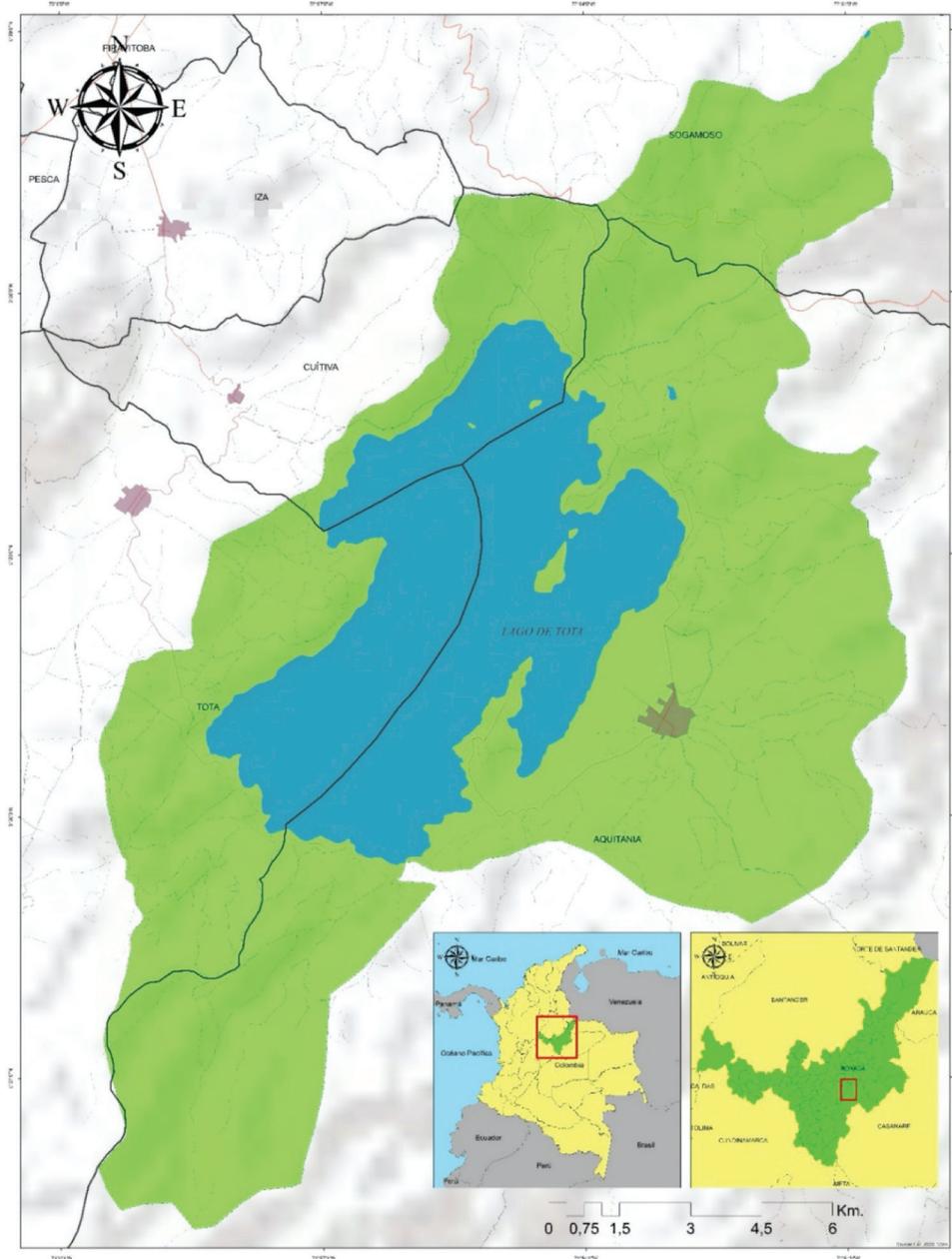
Para el componente de *actores*, se consideraron siete variables: actores estratégicos, atributos socioeconómicos (necesidades básicas insatisfechas, ingresos, medios de vida agrícolas y piscícolas) e historia de los medios de vida (agrícolas y piscícolas).

Para el componente de *gobernanza*, siete variables: organizaciones gubernamentales, organizaciones locales en torno al recurso hídrico, organizaciones del

¹ El servicio ecosistémico es la provisión de recurso hídrico para riego agropecuario.

sector agrícola, organizaciones en otros sectores productivos (turístico, lácteo y piscícola), organizaciones del sector ambiental, la tenencia de la tierra y las reglas constitucionales.

Figura 2. Localización de la zona de estudio



Fuente: elaborado por Douglas Andrés Gómez Latorre, 2021.

Para la *situación de acción*, se consideraron doce variables de entrada y de salida: aprovechamiento (uso del recurso fauna, belleza escénica, recurso hídrico), desempeño ecológico (sostenibilidad del ecosistema, sostenibilidad/contaminación del recurso hídrico derivada de las actividades agrícola y piscícola y del manejo de residuos, sostenibilidad/contaminación del recurso hídrico asociada con la minería), desempeño social (sostenibilidad socioeconómica), figuras de conservación, procesos de deliberación, inversión de recursos y conflictos socioecológicos.

Y para las *condiciones exógenas* se consideraron tres variables: tendencias demográficas, patrones climáticos y mercados.

2) La segunda etapa, la caracterización de los conflictos socioecológicos, contempló la revisión documental (noticias de periódico, reportes técnicos, tesis, artículos científicos, libros y capítulos de libro) que aborda el estudio de los conflictos en la cuenca y en el lago de Tota. La búsqueda se realizó en español y en inglés a partir de la combinación de dos palabras: conflicto o problema (*conflict, dispute, problem*) y lago de Tota o cuenca de Tota (*Tota Lake, Tota Basin*). En periódicos y revistas nacionales y locales: *El Espectador, El Tiempo, Semana, El Diario y Boyacá 7 días*. En bibliotecas digitales de universidades: Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Nacional de Colombia y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. En bases documentales de artículos científicos en español y en inglés: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (REDALYC), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Elsevier, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), ScienceDirect, Scopus, Springer Nature y Taylor & Francis. Además, se consideraron documentos relacionados con los conflictos socioecológicos referenciados en los documentos revisados. Una vez identificados y descargados los documentos, se verificó que éstos hicieran referencia a dos grupos de actores con posiciones, intereses y necesidades confrontadas en torno a un recurso natural.

Los documentos seleccionados fueron caracterizados a partir de 32 variables de segundo nivel adaptadas del marco de McGinnis y Ostrom (2014): cinco generales, ocho relativas a los conflictos, tres sobre el sistema y unidades de recursos, nueve sobre los actores, cinco sobre gobernanza y dos sobre las condiciones exógenas (véase *tabla 1*).

Con la información recopilada, se consolidó una matriz de respuestas que permitió conocer y analizar el estado actual de los conflictos socioecológicos en el lago de Tota. Por último, teniendo en cuenta la diversidad de tipologías de conflictos que existen (Ruiz, 2007), en el presente trabajo se adoptaron las tipologías de Berg (2007) y de Haftendorn (2010) de la siguiente manera: conflictos de uso (consumo humano, consumo en actividades productivas), conflictos de distribución (inequidad en la asignación del recurso en la cuenca), de valores (diferencias en las preferencias ideológicas o personales en relación con el recurso) y de autoridad (derivados de discrepancias sobre diseño y aplicación de normas).

Tabla 1. Variables seleccionadas para el análisis regional de conflictos socioecológicos

Componentes del SSE	Número	Variables de segundo nivel	
Generales	5	- Bibliografía - Tipo de documento - Fecha de publicación	- Instituciones que sustentan el trabajo - Ubicación del conflicto(cuenca, lago)
Situación de acción (conflicto)	8	- Descripción del conflicto - Tipología del conflicto - Afectación sobre los actores - Afectación sobre los recursos	- Causas del conflicto - Consecuencias de la afectación - Alternativas de manejo y solución - Movilización
Sistema y unidades de recursos	3	- Sector o recurso natural afectado - Características del recurso afectado	- Servicios ecosistémicos afectados
Actores	9	- Actores: locales organizados, privados, de gobierno (nacional, departamental y municipal), organizaciones no gubernamentales y sociedad civil	- Atributos socioeconómicos - Dependencia de los recursos naturales
Gobernanza	5	- Organizaciones locales presentes - Derechos de propiedad - Reglas locales	- Sanciones locales - Relaciones de poder
Condiciones exógenas	2	- Contexto político - Patrones ambientales	

Fuente: McGinnis y Ostrom (2014, p. 5), adaptado por los autores del presente texto.

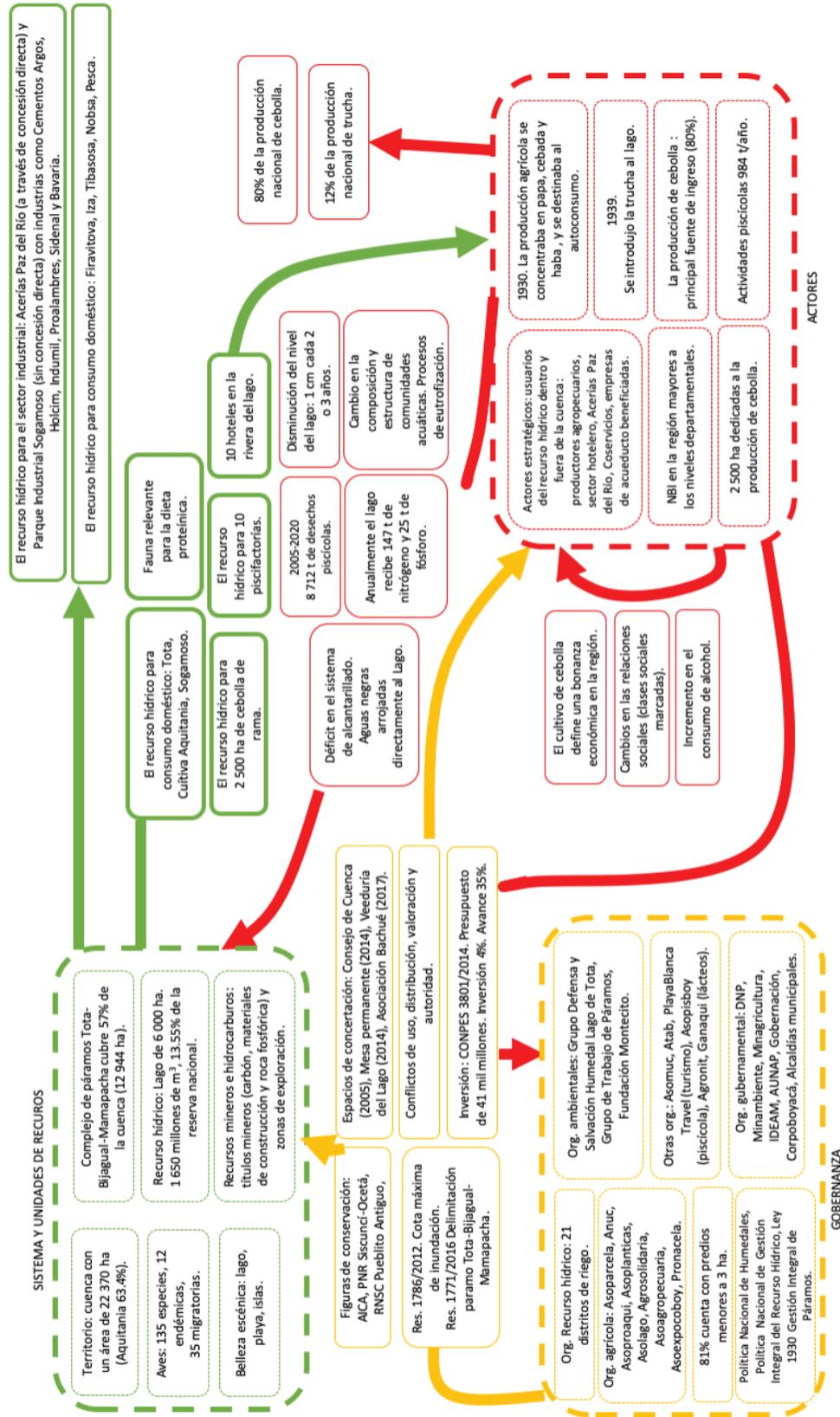
Resultados

Caracterización general de los SSE en el lago de Tota

La configuración de los SSE en el lago de Tota se realizó a partir de la revisión de cincuenta fuentes de información secundaria (reportes técnicos, tesis, libros y artículos científicos). Se resume en la figura 3.

La consolidación de la relación entre la sociedad y la naturaleza a partir del marco de sistemas socioecológicos permite contar con un panorama general e integral de la cuenca del lago de Tota. La definición previa de las variables favorece la descripción detallada de los diferentes componentes del sistema. En el territorio estudiado, el sistema y unidades de recurso pone en evidencia que en la cuenca hay diferentes atributos y recursos importantes más allá del hídrico, cuya relevancia asociada con la regulación y la provisión se reconoce

Figura 3. Configuración de los SSE del lago de Tota



Fuente: elaboración propia.

regional, nacional e incluso de forma internacional. Estos atributos se vinculan con el ecosistema de páramo (57% de la cuenca), las especies de aves endémicas y migratorias, los recursos mineros e hidrocarburos y los recursos culturales relacionados con la belleza escénica (Gutiérrez y Hoyos, 2018; Núñez, Ville, Verdugo, Sopó y Martínez, 2014; Red Adelco, 2016). Sin embargo, la mayor cantidad de información disponible enfatiza el recurso hídrico y la infraestructura desarrollada para su aprovechamiento dentro y fuera de la cuenca.

En cuanto al componente de los actores, se resaltan de manera estratégica los beneficiarios locales y externos del recurso hídrico: productores y organizaciones de productores (sobre todo de trucha y cebolla), el sector hotelero, nueve empresas municipales de acueducto, entre ellas Coservicios, S. A., prestadora del servicio de acueducto en Sogamoso, uno de los municipios más desarrollados de la región, y Acerías Paz del Río, la segunda empresa siderúrgica más grande de Colombia (Jiménez-Jiménez, 2016).

Entre las actividades económicas destacan la relevancia local y nacional del cultivo de cebolla, las ventajas climáticas de la zona para su establecimiento y el papel que desempeña en la generación de ingresos locales. Además, la piscicultura es otro medio de vida importante. Estas dos actividades productivas fueron introducidas en 1930 y 1940, respectivamente (Angarita, 1998; Raymond, 1990; Torres-Barrera y Grandas-Rincón, 2017), en la búsqueda de nuevos y más rentables medios de vida en la región.

En la sección de gobernanza, hay evidencia de que múltiples actores gubernamentales nacionales, departamentales y municipales despliegan acciones en el territorio. Así mismo, se constata la existencia de desarrollo institucional, en comparación con el nivel organizativo de la década de 1990 (Raymond, 1990). Nuevas organizaciones se han fortalecido en torno a la producción agropecuaria, piscícola y turística, y lo mismo sucede con la distribución del recurso hídrico y la conservación de los recursos naturales.

La tenencia de la tierra denota la importancia del minifundio (81% de los propietarios posee menos de tres hectáreas) y la limitante que ésta impone en el diseño de estrategias en la región relacionadas con la definición de las áreas de conservación y las estrategias de manejo de recursos. Las reglas constitucionales presentes en la zona destacan la urgencia de fortalecer las acciones de conservación: en la cuenca hay un conjunto de políticas que reglamentan el uso y la protección de los recursos, como la política de humedales, la gestión integral del recurso hídrico, la delimitación del páramo de Tota-Bijagual-Mamapacha y la cota máxima de inundación del lago, las cuales no necesariamente son conocidas e implementadas en la zona.

En las interacciones del sistema, son patentes los usos de los recursos naturales enfocados sobre todo en el aprovechamiento del agua para la provisión de su consumo en nueve municipios de Boyacá, en el desarrollo industrial en la región (Acerías Paz del Río e industrias sin concesión directa en los parques industriales de Sogamoso), en el cultivo de cerca del 80% de la cebolla de rama producida en el país (400 toneladas por día [t/día]), en la producción del 12% de la trucha a escala nacional (984 toneladas por año [t/año]) y en el creciente desarrollo turístico en la región (DNP, 2014; Red Adelco, 2016; Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (AGRONET), 2017).

Estas interacciones han desencadenado cambios significativos en el sistema y unidades de recursos bastante documentados (Aranguren-Riaño, Shurin, Pedroza-Ramos, Muñoz-López, López y Cely, 2018; Barrera, 2003; Barrera, Espinoza y Álvarez, 2019; DNP, 2014; Moncaleaño-Niño y Calvachi-Zambrano, 2009; PUJ, 2005; Red Adelco, 2016; Torres-Barrera y Grandas-Rincón, 2017; Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos [UDESAs], 2015; Wealth Accounting and Valuation of Ecosystems Services [WAVES], 2016), que denotan los límites del sistema y que están asociados con la pérdida de la cantidad y la calidad del agua, los fuertes procesos de escasez en verano, la contaminación y la eutrofización, ocasionados por los desechos piscícolas, la fertilización con gallinaza cruda en los cultivos de cebolla y la descarga directa de aguas negras al lago, entre otros.

En términos socioeconómicos, la sostenibilidad del sistema no se ha analizado en profundidad. Aunque hay evidencia de que la llegada del cultivo de cebolla marcó un momento de cambio favorable en la economía familiar de la región, también se evidencia que su llegada ha promovido la diferenciación de clases sociales y el incremento del consumo de alcohol en la zona (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, 2020; Montenegro, 2015; PUJ, 2005; Raymond, 1990).

En la búsqueda de equilibrar las acciones de conservación y de producción, en la gobernanza se han promovido espacios de deliberación, como el Consejo de Cuenca (2005), la Mesa Permanente del Lago de Tota (2014) y la Veeduría del Lago de Tota (2014), espacios que, aunque están vigentes, en la práctica no son funcionales.

En las actividades de inversión, destaca el proceso de planeación, estructura e implementación del documento CONPES 3801 formulado en 2014, cuyo reporte del plan de acción y seguimiento resalta un nivel de avance de 35% (DNP, 2019).

Como resultado de las diversas interacciones del sistema, en la situación de acción se identifican ocho conflictos socioecológicos, agrupados en cuatro tipos: uso de los recursos, distribución del recurso hídrico, valores asociados con los recursos y la autoridad en su gestión. Estos conflictos se describen en la siguiente sección.

Por último, en las condiciones exógenas sobresale la importancia de los patrones climáticos que en el lago de Tota son relevantes para la producción de cebolla de rama (Chaparro y Peñalosa, 2012) y el rol que desempeñan los mercados, en especial Corabastos en Bogotá, que concentra la mayor producción de la zona y exige una producción diaria de 400 t con características de calidad asociadas con el grosor del tallo y con la presencia de hojas sin amarillamiento, lo que implica un uso más intensivo de fertilizantes, pesticidas y de gallinaza (Chaparro y Peñalosa, 2012).

Caracterización de los conflictos socioecológicos en el lago de Tota

Se identificaron 26 fuentes de información, publicadas durante el periodo 2011-2020, que ponen el énfasis en conflictos socioecológicos: un reporte técnico, dos artículos científicos, seis tesis (cuatro de pregrado y tres de maestría) y 16

notas de prensa (12 en periódicos nacionales y cuatro en locales). En ningún caso se asignan tipologías a los conflictos registrados; simplemente se señalan algunas de sus características y se mencionan problemas generales, como tensiones ambientales, institucionales, conflictos ambientales o sociales.

En la totalidad de los documentos no se señalan con claridad las causas de los conflictos. Sin embargo, se establecen tres elementos frecuentes: el binomio contaminación y actividad productiva, ya sea asociada con el cultivo de cebolla, cría de trucha o turismo (ocho menciones), la inadecuada gestión ambiental del territorio (seis menciones) y las inadecuadas prácticas agropecuarias (cinco menciones).

En términos generales, en la totalidad de las fuentes de información se mencionan las consecuencias ambientales de los conflictos (problemática ambiental) bajo los rubros de contaminación, eutrofización, erosión, sedimentación, pérdida de calidad del recurso hídrico y de diversidad biológica, mientras que la afectación social sólo se pone de manifiesto en 31% de las fuentes de información, poniendo el énfasis en la reducción del acceso al agua y en los ingresos. Esto revela la imperceptibilidad del impacto social que tienen la contaminación y los procesos de degradación que afronta el lago de Tota.

De acuerdo con la tipología presentada en la metodología, los ocho conflictos se organizaron en cuatro tipos: a) tres conflictos de uso, b) dos conflictos de distribución, c) un conflicto de valores y d) dos conflictos de autoridad. Los conflictos por contaminación no se consideraron por separado, pues este tipo estuvo vinculado a las demás categorías.

Conflictos de uso

En los conflictos de uso del agua se describen tres tipos: a) uso interno, b) uso externo y c) uso del suelo.

El conflicto de uso interno del recurso hídrico se relaciona con la demanda creciente de agua para consumo humano en contraposición con las necesidades del sector productivo en el lago de Tota (actividades agrícolas, piscícolas, turísticas), acompañado de la contaminación del recurso debida a estas actividades y a la falta de tratamiento de las aguas servidas que llegan al lago. Los actores en contraposición son los productores del lago de Tota, las organizaciones ambientales civiles y gubernamentales y los acueductos municipales de Aquitania, Tota y Cuítiva. Las causas de este conflicto se vinculan al uso intensivo de agroquímicos y a la falta de control y de gestión integral del territorio por parte del Estado durante el siglo XX.

El conflicto de uso externo del recurso hídrico se relaciona con la demanda y la satisfacción de necesidades externas a la cuenca. Las actividades productivas de la cuenca están en contraposición con el uso de agua del sector industrial externo y con el consumo poblacional de los actores externos a la cuenca. Los actores enfrentados son las autoridades municipales y los grandes beneficiarios externos a la cuenca, como Acerías Paz del Río y Coservicios. Las causas se relacionan con los elevados volúmenes de agua que utilizan ambas

empresas y con la reducida inversión que estas instituciones hacen en favor de la protección de la cuenca.

El conflicto de uso del suelo se conecta a los cambios que ha sufrido éste debido a la construcción de infraestructura hotelera cerca del lago. Los actores involucrados son los proyectos hoteleros, las autoridades municipales, los pobladores locales, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ) (autoridad ambiental regional), la Fiscalía General de la Nación (entidad de orden nacional que garantiza el acceso efectivo a la justicia) y la Procuraduría General de la Nación (entidad de orden nacional que vela por el cumplimiento de las disposiciones constitucionales y legales). Las causas descritas en las fuentes de información se asocian con irregularidades en el otorgamiento de permisos y licencias para realizar las obras. Este primer grupo de conflictos se centra en los servicios ecosistémicos, como la provisión y la regulación hídrica, y en los servicios culturales asociados con la belleza escénica del lago. En estos conflictos se reconocen los diferentes actores privados, públicos, locales y externos que intervienen, así como la importancia de la cebolla como símbolo de identidad y el agua como eje que sustenta todas las actividades económicas realizadas en la zona.

Conflictos de distribución

En los conflictos de distribución destacan dos: a) la distribución interna y b) la externa.

El primero describe la inequidad en el servicio de agua entre los pobladores y los sectores de la cuenca. Está acompañado de la contaminación del recurso a causa de las actividades productivas y se ha acrecentado con las recientes reducciones de cantidad y calidad del recurso disponible. Los actores involucrados son los productores y los pobladores instalados cerca del lago, en contraposición con los pobladores en otras zonas que no cuentan con el recurso; también los campesinos que se ubican en diferentes partes de la cuenca afectan o desabastecen los acueductos municipales.

El conflicto de distribución externa tiene que ver con el otorgamiento de concesiones a externos mediante un proceso de planeación autoritaria, a través del cual no se generan beneficios para la cuenca. Los actores involucrados son los productores de cebolla (sistemas de riego) y las autoridades municipales, en contraposición con la autoridad ambiental y los grandes beneficiarios del recurso (Acerías Paz del Río y Coservicios).

En la revisión de los conflictos de distribución, se evidencia el énfasis en el servicio ecosistémico de provisión hídrica y se desataca que el páramo y el recurso hídrico tienen representaciones simbólicas que influyen en las estrategias de vida.

Conflicto de valores

En este conflicto resaltan dos procesos diferentes de apropiación y valoración de los recursos naturales: uno orientado a la protección del lago de Tota y los

ecosistemas aledaños y otro orientado a la producción (cebolla, piscicultura y turismo). Los actores involucrados son los productores de la zona (cebolla, piscicultura y turismo), en contraposición con el sector ambiental presente, la autoridad ambiental competente y los acueductos municipales. Las causas identificadas se asocian con la ausencia de gestión del recurso hídrico en la zona y con los permanentes procesos de contaminación que enfrenta el lago.

En esta categoría de conflictos se rescatan, además de los servicios ecosistémicos hidrológicos, los servicios culturales y los valores de conservación relacionados con ellos; de nuevo se hace notar la importancia del recurso hídrico como sustento de la economía en la región.

Conflicto de autoridad

En esta categoría se resaltan dos conflictos: a) delimitación y zonificación y b) debilidad institucional.

La delimitación y la zonificación se asocian a la delimitación de la cota máxima de inundación del lago, al uso del suelo permitido en esta zona y a los procesos de zonificación del páramo de Tota-Bijagual-Mamapacha. El incremento de los niveles del lago ha ocasionado pérdidas a los productores. Entre los antecedentes están las obras que construyó Acerías Paz del Río en 1960 para desviar aguas del río Olarte y controlar el descenso. Después la apertura de las compuertas (1964) inundó extensas zonas agropecuarias cuyos dueños recibieron una indemnización por un valor equivalente al precio de 4 000 t de papas. Por otra parte, en 2004 el lago se desbordó otra vez, lo cual causó pérdidas estimadas en 10 500 t de papa.

En 2012, mediante la Resolución 1786 del 29 de junio de 2012, CORPOBOYACÁ declaró la cota máxima de inundación del lago en 3 015.65 msnm, lo cual provocó inconformidad en la región. Los actores involucrados son los productores de las riberas del lago, en contraposición con la autoridad ambiental nacional y regional.

La debilidad institucional se relaciona con la ausencia de una institucionalidad ambiental fuerte que propenda por el manejo integral de los recursos en la zona. Las fuentes de información señalan que la cuenca tiene recursos degradados, contaminados y un conjunto de sistemas productivos de alto impacto ambiental que se usan de manera irracional. Entre las causas de su estado actual, sobresalen el incumplimiento de la normatividad ambiental vigente, la ausencia de acciones ante el uso irracional del recurso, el establecimiento irregular de piscifactorías, la exploración de hidrocarburos y los abusos de agricultores, piscicultores y empresarios.

Entre los actores involucrados en este conflicto, están los usuarios, que son los beneficiarios de los servicios ecosistémicos que provee la cuenca. Sin embargo, se han presentado confrontaciones entre las organizaciones ambientales no gubernamentales y CORPOBOYACÁ y el Ministerio de Ambiente, que es la autoridad ambiental nacional.

Discusión

La información existente sobre el lago de Tota es abundante. Gran parte de los estudios se ha enfocado en presentar y analizar la problemática ambiental que afronta el lago (Aranguren-Riaño et al., 2018; Barrera, Espinoza y Álvarez, 2019; Martínez, Aldama y Guerrero, 2015; Mojica y Guerrero, 2013). Por eso, en la búsqueda de orientar alternativas de manejo que permitan equilibrar los objetivos de conservación y de producción en la zona, es relevante analizar de manera integral las relaciones socioambientales.

Los cuatro grupos de conflictos que se detectaron cuentan con grandes similitudes: todos enfatizan el sector hídrico y los atributos de calidad y cantidad del agua. Los productores de cebolla y los piscicultores son los actores locales más recurrentes en los conflictos. Las organizaciones locales, como Asoparcera (agrícola) y Defensa y Salvación del Lago de Tota (ambientales), son las que más propenden a la conservación del ambiente. Los actores privados Acerías Paz del Río y Coservicios siempre están presentes como usuarios externos del recurso, al igual que las organizaciones no gubernamentales Fundación Montecito y Mocolato, que desempeñan un papel fundamental en el reconocimiento regional de los conflictos del territorio. Entre los actores gubernamentales, se ubican con frecuencia el Ministerio de Ambiente, la Gobernación de Boyacá (entidad encargada de administrar los recursos a escala regional), CORPOBOYACÁ y las alcaldías municipales.

Los cuatro tipos de conflictos involucran en sus descripciones la relevancia de la producción de cebolla, de la piscicultura y del turismo en los medios de vida en la región, así como la importancia del recurso hídrico como sustento de la economía. En cuanto a la gobernanza, todos los grupos de conflictos incluyen la presencia del minifundio. Además, hay un claro vacío en la definición de reglas y de sanciones locales, aunque en el marco de los distritos de riego existe un avance en los procesos de concertación local. En las relaciones de poder, los cuatro grupos de conflictos destacan algún tipo de desigualdad, a veces ejercida por las alcaldías municipales, CORPOBOYACÁ o los grupos de empresarios y productores con poder en el municipio de Aquitania.

En las variables de situación de acción, todos los conflictos incluyen en las consecuencias la reducción del agua, y la movilización de los actores siempre hace notar el Premio Internacional Globo Gris recibido en 2012.

Entre las alternativas para el manejo de los conflictos, se destacan la importancia de continuar la implementación, el financiamiento oportuno y el seguimiento del CONPES 3801, el fortalecimiento de la gobernanza policéntrica del sistema socioecológico a través de espacios de deliberación, de concertación incluyentes y permanentes, y el seguimiento y fortalecimiento de los modelos de gestión del recurso en los distritos de riego.

La similitud entre los grupos hace notar las interacciones entre ellos, las cuales conforman un entramado de conflictos, con décadas de existencia, que involucra una amplia diversidad de actores.

De acuerdo con los componentes del marco de sistemas socioecológicos, el diseño de alternativas de manejo de los conflictos requiere:

- 1) Conocimiento individual y colectivo de los recursos naturales existentes (ecosistemas, fauna silvestre, recursos mineros e hidrocarburos, recurso hídrico, belleza escénica) y de sus limitaciones, lo que ha avanzado y está bien documentado, en especial para el agua.
- 2) Participación de los actores internos y externos que se benefician del recurso hídrico en los procesos de planeación, implementación y financiamiento de las acciones a realizar. Acerías Paz del Río, Coservicios y demás empresas de servicios públicos de los municipios beneficiarios, productores y empresarios deben estar presentes.
- 3) Fortalecimiento del sistema de gobernanza a diferentes niveles, iniciando por las organizaciones locales ambientales y productivas. Es importante que se tome conciencia de la diversidad de valores sobre los recursos naturales y el impacto socioeconómico y ambiental de los medios de vida en la cuenca; así mismo se debe tomar en cuenta el fortalecimiento institucional de las autoridades locales y regionales para que el diseño de instrumentos de conservación, más allá de instrumentos coercitivos, pueda aportar nuevas alternativas incluyentes para la gestión del recurso.

Este recorrido descriptivo de los sistemas socioecológicos y los conflictos socioambientales en el lago de Tota tiene un espejo cercano a 200 kilómetros de distancia, la laguna de Fúquene (Cundinamarca). Ésta es la segunda laguna más grande de Colombia (3 260 ha) a altitud elevada (2 650 msnm). Al igual que el lago de Tota, cuenta con información de calidad que reconoce los atributos y la importancia del ecosistema: servicios de regulación hídrica y provisión de agua para consumo humano y riego agropecuario (cerca de 180 000 habitantes rurales y urbanos), peces para consumo, fibras vegetales para la elaboración de artesanías y hábitat de especies de fauna y flora endémicas y de más o menos 45 especies de aves migratorias (Valderrama, Pinilla-Vargas, Andrade y Valderrama-Escallón, 2018). Además de estos atributos del sistema y unidades de recursos, se destaca que la actividad pecuaria y la industria láctea son los principales medios de vida.

Esta disyuntiva entre atributos ambientales y económicos ha generado en la laguna de Fúquene la implementación prolongada de prácticas insostenibles y de políticas públicas inapropiadas que, aunque pretenden perseguir objetivos de manejo integrado y conservación de la biodiversidad, reflejan acciones que priorizan los servicios de irrigación del lago ante los demás servicios ecosistémicos (Andrade, Franco y Delgado, 2012; Franco, Delgado y Andrade, 2013; Valderrama et al., 2018). Esta cuenca, al igual que la del lago de Tota, ha sufrido fuertes procesos de deforestación y de transformación que reflejan cambios en la estructura y la función del ecosistema. Por ejemplo, la pérdida de 50% de la capacidad de almacenamiento y la reducción de 76% de la superficie de la laguna. Los análisis fisicoquímicos del agua evidencian reducida calidad, estados críticos de eutrofización, reducción del oxígeno disuelto en el agua y elevados niveles de fósforo y nitrógeno (Andrade, Franco y Delgado, 2012; Valderrama et al., 2018).

Al analizar la laguna de Fúquene como un sistema socioecológico, Andrade, Franco y Delgado (2012) subrayan que los conflictos socioambientales dan testimonio, al igual que en el lago de Tota, de la diversidad de visiones sobre ellos, incluidos las de los actores ubicados en las partes alta y baja, de los productores ganaderos y de las instituciones gubernamentales presentes. Por último, los autores concluyen que Fúquene presenta una *patología* en la que la priorización de un servicio ecosistémico ha llevado al sistema al colapso.

El análisis de la configuración actual de los sistemas y conflictos socioecológicos en el lago de Tota muestran los límites del sistema, la necesidad de un cambio profundo y estructural en las dinámicas socioambientales y económicas de la región. En concordancia con Leroy, Gutiérrez, Antoine y Angélie-Descamps (2018), se espera que el estudio de los conflictos, omnipresentes en el lago de Tota, permita aceptar el rol central de los recursos naturales y se convierta en el motor coordinador entre los actores y un factor para innovar el diseño de las estrategias que se orientan a la transformación del territorio hacia la sostenibilidad

Conclusiones

El análisis de la configuración de los sistemas socioecológicos ofrece un panorama integral y actual del lago de Tota. Se destacan los esfuerzos recientes orientados a describir los recursos disponibles y su estado de conservación, y dirigidos a identificar a los actores presentes y el diseño de estrategias de gobernanza, entre los que se incluyen los procesos de planeación en el territorio, la inversión de recursos, la implementación de normatividad ambiental y la promoción de espacios de deliberación. Sin embargo, en las interacciones del sistema prevalece un entramado de ocho conflictos históricos en torno al uso y distribución del recurso hídrico, la valoración de los servicios ecosistémicos y el ejercicio de la autoridad en el territorio.

El análisis de la relación entre la sociedad y la naturaleza en el lago de Tota demuestra la necesidad de admitir la diversidad de los servicios ecosistémicos, más allá del recurso hídrico; la diversidad de los actores, presentes y ausentes, en los procesos de planeación; y los conflictos socioambientales, aceptando la pluralidad de posiciones, las causas y las consecuencias ambientales, culturales y socioeconómicas.

El reconocimiento del contexto territorial del lago de Tota, acompañado de una voluntad política e institucional clara y orientada al diseño y a la implementación de acciones de largo alcance, fortalecerían el tejido social, la protección de los recursos naturales y la transformación real del territorio hacia la sostenibilidad.

El presente documento constituye un esfuerzo para consolidar de forma integral la información existente sobre la relación entre la sociedad y la naturaleza en la cuenca del lago de Tota. Se recomienda que futuras investigaciones consideren este estudio como punto de partida para el desarrollo de estrategias de manejo de conflictos, sustentadas en la realidad compleja del territorio.

Agradecimientos

Al proyecto Propuesta para la Reconversión Tecnológica del Cultivo de Cebolla Larga en la Cuenca del Lago de Tota, Departamento de Boyacá realizado por AGROSAVIA en el marco del Convenio de Financiación CCO 1020 02, suscrito entre la Agencia Francesa de Desarrollo y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Convenio 008 suscrito entre Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y AGROSAVIA. Al equipo de campo e investigadores y al Comité Técnico y de Supervisión del Proyecto, por las discusiones y aportes para la consolidación del artículo. A Víctor Camilo Pulido Blanco por la colaboración en la búsqueda y consolidación de información sobre conflictos socioecológicos en la cuenca.

Referencias

- Anderies, J., Janssen, M., y Ostrom, E. (2004). A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, 9(1), 18. doi: <https://doi.org/10.5751/ES-00610-090118>
- Andrade, G., Franco, L., y Delgado, J. (2012). Socio-ecological barriers to adaptive management of lake Fuquene, Colombia. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics* 7(3), 251-260. doi: <https://doi.org/10.2495/DNE-V7-N3-251-260>
- Angarita, A. (1998). *Distribución, incidencia y severidad de las principales enfermedades de cebolla de rama (Allium fisiolosum L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá)* (tesis de Maestría en Ciencias). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Aranguren-Riaño, N., Shurin, J., Pedroza-Ramos, A., Muñoz-López, C., López, R., y Cely, O. (2018). Sources of nutrients behind recent eutrophication of lago de Tota, a high mountain Andean lake. *Aquatic Science*, 80(39). doi: <https://doi.org/10.1007/s00027-018-0588-x>
- Barli, O., Zeki, E., Fehmi, M., y Gedik, T. (2006). Analytical approach for analyzing and providing solutions for the conflicts among forest stakeholders across Turkey. *Forest Policy and Economics*, (9), 219-236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.07.009>
- Barrera, L. (2003). Fertilización de la cebolla larga en los alrededores del lago de Tota en Boyacá. *Corpoica*, 64-68.
- Barrera, A., Espinoza, A., y Álvarez, J. (2019). Contaminación en el lago de Tota, Colombia: toxicidad aguda en *Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae) e *Hydra attenuata* (Hydroida: Hydridae). *Biología Tropical*, 67(1), 11-23. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33573>
- Basto, S. (2017). El conflicto socioambiental del páramo Santurbán. Un análisis bioético con enfoque de ecología política. *Revista Colombiana de Bioética*, 12(1), 8-24.

- Berg, S. (2007). Conflict resolution: benchmarking water utility performance. *Public Administration and Development*, 27(1), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1002/pad.437>
- Bermúdez-Urdaneta, M., y Avci, D. (2015). Environmental struggles cultivating democracy in the steep terrains of Colombian Highlands. *Development*, 58(1), 13-20. doi: <https://doi.org/10.1057/dev.2015.20>
- Borrero, J. (1963). El lago de Tota. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 23(58), 1-15.
- Chaparro, D., y Peñalosa, M. (2012). Un camino al desarrollo territorial: la especialización en la producción de cebolla de rama “*Allium fistulosum*” en el municipio de Aquitania-Boyacá. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 8(14), 69-81. doi: <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v8i14.1232>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. (2020). Taller virtual. Capacitación a Capacitadores, realizada del 21-23 de mayo de 2020, en el marco del Plan de Vinculación Participativo (PVP) de Cebolla de Rama. Convenio CCO 1020 02 suscrito entre la Agencia Francesa de Desarrollo y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2014). Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3801. Manejo ambiental integral de la cuenca del lago de Tota. Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). Plan de Acción y Seguimiento (PAS) CONPES 3801. Recuperado de <https://sisconpes.dnp.gov.co/ReportesSisCONPES/Reportes/ReportePAS?numeroConpes=3801>
- Dubois, C., y Zografos, C. (2012). Conflicts at sea between artisanal and industrial fishers: inter-sectoral interactions and dispute resolution in Senegal. *Marine Policy*, (36), 1211-1220. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.03.007>
- Franco, L., Delgado, J., y Andrade, G. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Cuadernos de Geografía*, 22(2), 69-85. doi: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37018>
- Gunderson, L., y Holling, S. (2003). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington: Island Press.
- Gutiérrez, A., y Hoyos, C. (2018). *Diagnóstico y recomendaciones para la revitalización del turismo de forma sostenible en las veredas de Hatolaguna y Daitó, lago de Tota* (tesis de Maestría en Administración de Empresas). Universidad EAN. Bogotá.
- Haftendorn, H. (2010). Water and international conflict. *Third World Quarterly*, 21(1), 51-68. doi: <https://doi.org/10.1080/01436590013224>
- Holland, J. (2006). Studying Complex Adaptive Systems. *Journal of Systems Science and Complexity*, 19(1), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1007/s11424-006-0001-z>
- Janssen, M., y Ostrom, E. (2006). Governing social-ecological systems. En L. Tesfatsion y J. Kenneth (eds.), *Handbook of Computational Economics*, Vol. 2 (pp. 1465-1502). Ames, Iowa: Elsevier/North-Holland.

- Jiménez-Jiménez, L. (2016). *Análisis de la gobernanza y la participación social en la gestión de los recursos naturales de la microcuenca del lago de tota – departamento de Boyacá* (tesis de maestría). Universidad Javeriana. Bogotá.
- Leroy, D., Gutiérrez, A., Antoine, J., y Angélique-Descamps, A. (2018). Gouvernance territoriale de l'environnement et conflits d'usage. Le cas du bassin versant du lac de Tota (Boyacá, Andes colombiennes). *ECHOGEO*, 43. doi: <https://doi.org/10.4000/echogeo.15238>
- Martínez-Alier, J. (2004). Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, (1), 21-30. Recuperado de <http://journals.openedition.org/polis/5359>
- Martínez, M., Aldana, M., y Guerrero, J. (2015). Modelación matemática del transporte de oxadixyl en suelos de cultivo de cebolla. *Ambiente & Agua*, 10(2), 327-337. doi: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1565>
- McGinnis, M., y Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2), 30. doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06387-190230>
- Mojica, A., y Guerrero, J. (2013). Evaluación del movimiento de plaguicidas hacia la cuenca del lago de Tota, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 42(2), 29-38. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcol-quim/article/view/45887>
- Moncaleaño-Niño, A., y Calvachi-Zambrano, B. (2009). Uso de la fauna silvestre del lago de Tota. Peces, herpetos, aves y mamíferos. *Ambiente y Desarrollo*, 13(25), 81-99.
- Montenegro, I. (2015). *Caracterización socioeconómica y cultural del Complejo de Páramos Tota-Bijagual-Mamapacha en jurisdicción de CORPOBOYACÁ con énfasis en caracterización de actores, análisis de redes y de servicios ecosistémicos*. Bogotá: Humboldt y Fundación Erigaie.
- Nilo, S. (2019). Conflictos de La Cocha: actores, normas y coaliciones sociales al sur de Colombia. *Sustentabilidad(es)*, 10(19), 93-123.
- Núñez, L., Ville, J., Verdugo, N., Sopó, G., y Martínez, O. (2014). *Informe de batimetría del lago de Tota*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pichler, M. (2016). What's democracy got to do with it? A political ecology perspective on socio-ecological justice. En M. Pichler et al. (eds.), *Fairness and Justice in Natural Resource Politics* (pp. 34-52). Londres: Routledge.
- Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). (2005). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Lago de Tota (POMCA). CORPOBOYACÁ, Colombia.
- Prieto, A. (2017). *Conflictos socioambientales en los páramos de la Sabana de Bogotá*. Bogotá: Asociación Ambiente y Sociedad. Recuperado de https://www.ambienteysociedad.org.co/wp-content/uploads/2017/07/Publicacion_conflictos_socioambientales_paramos_Sabana_Bogota_Julio_2017.pdf
- Raymond, P. (1990). *El lago de Tota ahogado en cebolla. Estudio socioeconómico de la cuenca cebollera del lago de Tota*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

- Red Adelco. (2016). Documento ejecutivo. Convenio 771 de 2016 suscrito entre la Gobernación de Boyacá y la Red Adelco. Colombia.
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (AGRO-NET). (2017). Producción nacional por producto. Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalProducto.aspx>
- Rodríguez-Robayo, K., Ávila-Foucat, S., Perevochtchikova, M., y Mora, G. de la. (2019). Incidence of local context variables in the outcomes of Payments for Ecosystem Services (PES). Evidence of San Antonio del Barrio, Oaxaca, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, (22), 2839-2860. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00321-8>
- Rodríguez-Robayo, K., Méndez-López, E., Juárez-Téllez, L., y Peralta-Blanco, R. (2020). Configuración de los sistemas socio-ecológicos en zonas metropolitanas. La experiencia en Mérida, Yucatán, México. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 22(1), 97-126. doi: <https://doi.org/10.36677/qret.v22i1.13137>
- Ruiz, R. (2017). *Prevención, resolución y/o transformación de conflictos en torno al agua: avances para una política pública integral y efectiva en México* (tesis de doctorado). Centro de Investigación y Docencia Económicas A. C. Ciudad de México.
- Torres-Barrera, N., y Grandas-Rincón, I. (2017). Estimación de los desperdicios generados por la producción de trucha arcoíris en el lago de Tota, Colombia. *Gestión y Sostenibilidad Ambiental*, 18(2), 247-255. doi: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:631
- Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos (UDES), y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2015). *Efecto de variabilidad climática de un ciclo anual sobre el flujo de nutrientes (C, N y P) fuentes y biocaptación en el lago de Tota*. Colombia: UPTC y CORPOBOYACÁ.
- Valderrama, M., Pinilla-Vargas, M., Andrade, G., y Valderrama-Escallón, E. (2018). Lake Fuquene (Colombia). En Finlayson, C., Milton, G., Prentice, R., Davidson, N. (eds), *The Wetland Book* (pp. 773-783). Dordrecht: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4001-3_282
- Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services (WAVES). (2016). *Contabilidad ambiental y económica para el agua: caso piloto para la cuenca del lago del Tota*. Tunja: CORPOBOYACÁ.
- Zhang, Y., Hu, Y., Bo, Z., Li, Y., Zhang, X., y Xie, Y. (2020). Conflict between nature reserves and surrounding communities in China: an empirical study based on a social and ecological system framework. *Global Ecology and Conservation*, 21(e00804). doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00804>