



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en el Río Bogotá

Carolina Tobón Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía
Bogotá, Colombia
2023

Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en el Río Bogotá

Carolina Tobón Ramírez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Doctora en Geografía

Directora:
PhD Nohra León Rodríguez

Línea de Investigación:
Dimensión Biogeofísica y Socioeconómica del Cambio Ambiental Global
Grupo de Investigación:
Desarrollo Territorial Sostenible

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía
Bogotá, Colombia
2023

Dedico esta tesis:

*Al río Funzha - Bogotá y a todo su territorio que, a pesar de
todo, resisten...*

A mi familia, mi mayor y más amoroso apoyo.

A Diego, mi cordada incondicional de vida.

Declaración de obra original

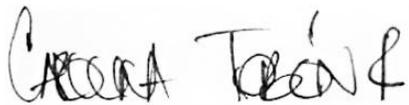
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Carolina Tobón Ramírez

Fecha 09/04/2023

Agradecimientos

En primera instancia quiero agradecer a mi padre, Gabriel Tobón Quintero, profesor investigador de la Universidad Javeriana, “entendido filósofo político y cientista social”, eterno defensor de las causas justas, investigador de los conflictos, asesor de procesos campesinos, afrodescendientes e indígenas, comunidades vulnerables y oprimidas, ejemplo de cómo la academia debe estar al servicio de la sociedad, cómo se debe a ella. Conversando con el profe Gabriel, como lo llaman amorosamente sus estudiantes, elegí el programa de Doctorado de Geografía de la Universidad Nacional en la Sede Bogotá, su emoción y orgullo no se escondieron cuando le planteé esta posibilidad.

Emocionado me habló de sus encuentros con geógrafos brasileños y argentinos con quienes ha compartido en sus grupos de trabajo y de inmediato mencionó referencias clave en el estudio de la geografía y del territorio en Latinoamérica. Sin duda era una muy buena opción, empecé a leer más sobre Geografía, ¿qué es esta disciplina?, a enamorarme de ella, a sentirme muy a gusto con el enfoque interdisciplinar, en mi zona de confort académico, donde mi mente volaba entre el ambientalismo que ya tenía sembrado en el corazón y la geografía que parecía ser el universo de ideas donde encontraría la respuesta a muchas de mis inquietudes.

En San Antero, Córdoba, un día de enero de 2016, conversamos sobre mis ideas del proyecto de investigación doctoral con el que me presentaría a la Universidad. Yo le hablaba de metabolismo social y él me hablaba del territorio, del modelo económico mundial, de los territorios que el capitalismo había configurado, de las formas de ocupación y defensa de la tierra, de la resistencia de las comunidades desde una mirada antropológica, sociológica, política, geográfica y crítica. Por ahí debía explorar, vincular el territorio en los estudios de metabolismo social. Con esta idea llegué al departamento de Geografía, a conversar con la profesora Nohra León, que no dudó por un momento en apoyar esta idea y en orientarme en la estructuración de una propuesta de investigación cada vez más sólida desde la geografía, asimismo, en la ejecución de la investigación y en la escritura, revisión y corrección de este documento final. Mis más profundos agradecimientos también para ella.

Agradezco también a mi madre que ha sido siempre una LUZ en mi camino, a mi hermano, un gran ejemplo de constancia, disciplina, entrega y pasión por el conocimiento. A toda mi familia, que siempre me ha apoyado, me ha dado ánimo y me ha invitado a pensar positivo y a salir adelante con cada reto que me propongo. A Diego, mi compañero de vida, por su apoyo incondicional y su aguante durante estos años de doctorado. A mis compañeros y compañeras de postgrado en Geografía y de los Seminarios de Doctorado que hemos realizado en los últimos años, las discusiones que allí se han dado han sido realmente muy enriquecedoras y productivas. En particular, un gran agradecimiento a Steven Mons, porque este proceso doctoral no hubiera sido lo mismo sin un compañero y amigo como él. A John Fredy Camacho por su apoyo en el trabajo cartográfico y espacial, a Verónica Matallana por su trabajo de consulta de archivo y a Carolina Cortés Guzmán por el diseño de algunos esquemas e ilustraciones.

A los profesores y profesoras del departamento de Geografía, de quienes aprendí sobre teoría y metodología, sus clases y conversaciones me ayudaron a enamorarme cada vez más de esta disciplina y sus recomendaciones aportaron enormemente a la estructura y al desarrollo de la investigación. En particular, a las profesoras Isabel Duque, Susana Barrera, Beatriz Alzate y a los profesores Daniel Pabón, Juan Manuel Díaz y Luis Carlos Pérez. A la Dirección Académica de la Universidad y al Departamento de Geografía por permitirme ser Asistente Docente de la carrera de Geografía desde 2017-1S hasta 2021-1S, gracias por la confianza y el apoyo.

A mis colegas de la maestría en Medio Ambiente y Desarrollo y a todo el equipo del Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) (estudiantes, profesores y administrativos) con quienes desde hace más de diez años hemos creado lazos y reflexionado sobre las problemáticas ambientales y la profunda injusticia social que aqueja a esta sociedad. Al Centro de Investigaciones para el Desarrollo de la Universidad de Bonn (ZEF), que me ha acogido desde 2021 y que ha apoyado mi proceso en lo académico y financiero desde el 2018, especial agradecimiento a Emilia Schmidt y a las profesoras Eva Youkhana y Dennis Avilés. Al profesor Héctor García, colega y gran maestro, con quien hemos tenido interesantes y nutridas discusiones desde que nos conocimos en la maestría, que aportó mucho como jurado de la propuesta inicial de esta investigación y que ha seguido a mi lado en este proceso. A la profesora Stefania Gallini y a la línea de Historia Ambiental, en particular a Omar Ruiz y a Camilo León.

Un sincero y profundo agradecimiento a las comunidades locales (juntas de acción comunal, acueductos veredales, asociaciones de productores, productores independientes, habitantes) de Villapinzón, Chocontá y Suesca, quienes intercambiaron su conocimiento y aportaron a este trabajo desde su experiencia de habitar los territorios, a las alcaldías de estos municipios por abrirme las puertas a través

del acceso a la información y al trabajo en campo. Al grupo local de Manos a la Cuenca, una iniciativa que llevo en el corazón. A los amigos expertos en diferentes temas que han apoyado esta investigación y han compartido su conocimiento, Leyla Cárdenas, Diana Romero, Wilfer Huertas, Diego Restrepo, Tania Santos y el gran profesor y ahora “compañero de lucha”, Sergio Gaviria, por su aporte crítico y geoambiental y por traer a esta tesis el espíritu del profesor Thomas Van der Hammen. Al río, a los bosques, a la cuenca, a todos los seres que la habitan. “A la madre naturaleza ... por darnos la posibilidad” (Rengifo, 2016).

¡Gracias, gracias, gracias

Resumen

Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en el Río Bogotá

Esta investigación propone un modelo de interpretación de la sustentabilidad de un territorio que articula la perspectiva territorial de la geografía y el metabolismo social como enfoque proveniente de los estudios ambientales, que se ha concebido como el intercambio de materia, energía e información en la relación naturaleza-sociedad. El trabajo entrega una propuesta teórica y metodológica de Metabolismo Territorial, como modelo de análisis integral de sustentabilidad que se estructura a través de cuatro categorías de análisis: el ciclo de la información sobre agua y energía, las coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial y los principales flujos de energía. El diseño metodológico fue mixto, con enfoque sistémico, basado en el pluralismo metodológico y se realizó triangulación de la información cualitativa y cuantitativa en función de las categorías mencionadas.

Este modelo de interpretación de sustentabilidad surgió del análisis realizado en un área de la cuenca alta del río Bogotá, comprendida por los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, escenario que se caracterizó desde sus dinámicas socioecológicas-territoriales en perspectiva histórica y, también, desde los factores que direccionaron las principales transformaciones socioecológicas y configuraciones territoriales desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. La aplicación del modelo de interpretación propuesto ofreció evidencia de una potencial crisis de sustentabilidad territorial en el río Bogotá, expresada en las cuatro categorías analizadas.

Esta crisis potencial resulta de unas condiciones precarias del sistema socioecológico-territorial de enfrentar perturbaciones y adaptarse a los fuertes cambios impulsados por condiciones internas y externas a diferentes escalas, entre ellas el cambio climático global y sus expresiones a nivel regional y local. Es necesario y urgente transformar los procesos metabólicos en el territorio y encontrar colectivamente trayectorias de sustentabilidad, esto es, repensar la relación naturaleza-sociedad, las formas de apropiación y de transformación, circulación, consumo y excreción no solo de agua y de energía, sino también de información.

Palabras clave: Metabolismo social, Sustentabilidad, Territorio, Metabolismo Territorial, Río Bogotá, Geografía Ambiental.

Abstract

Social Metabolism, Sustainability and Territory in the Bogota River

This research proposes a sustainability interpretation model that articulates the territorial perspective of geography with social metabolism, which is understood as the material and energetic exchange between nature and society. This work contributes to the development of a theoretical and methodological proposal for Territorial Metabolism as an integral model to interpret and analyze sustainability structured around four categories of analysis: information cycle about water and energy, land cover, hydrosocial cycle, and energy flows. The methodological design was mixed, with a systemic approach, and the triangulation of qualitative and quantitative information was applied in terms of these categories.

This model emerged from the analysis made in a specific area of the upper watershed of the Bogota River that contains the municipalities of Villapinzón, Chocontá and Suesca. This scenery was characterized by socioecological-territorial dynamics from a historical perspective, the main socioecological transformations, and the territorial configurations since the second half of the twentieth century until now. The application of the interpretation model offered evidence of a potential territorial sustainability crisis in the Bogota River as expressed in the four analysed categories.

This potential crisis results from the precarious conditions of the socioecological-territorial system to face disturbances and difficulties adapting to strong transformations driven by internal and external forces to different scales, among them, the global climatic change, and its expressions on the regional and local level. It is necessary and urgent to transform the metabolic processes in the territory and to collectively find sustainability paths. This implies a reconfiguration of nature-society relation, the forms of appropriation, transformation, circulation, consumption, and excretion not only of water and energy but also of information.

Keywords: Social Metabolism, Sustainability, Territorial Metabolism, Bogota River, Environmental Geography.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
Lista de Figuras.....	XV
Lista de Tablas.....	XVI
Lista de Mapas.....	XVI
Lista de Abreviaturas.....	XVII
Introducción.....	1
1. Metabolismo, Sustentabilidad y Territorio: Caminos Teóricos hacia el Metabolismo Territorial.....	9
1.1 La Geografía ¿Una Ciencia Fragmentada o una Ciencia Integral?.....	10
1.1.1 Los Debates en la Geografía.....	10
1.1.2 La Perspectiva Sistémica en Geografía.....	12
1.2 Geografía Ambiental, una Perspectiva Integral.....	20
1.2.1 Ambiente y Naturaleza en la Geografía.....	20
1.2.2 La Geografía Ambiental, ¿Un Enfoque Emergente?.....	24
1.3 Territorio y Sustentabilidad desde la Integralidad de la Geografía.....	27
1.3.1 Perspectivas sobre el Territorio.....	28
1.3.2 Debates sobre Sustentabilidad.....	30
1.4 Metabolismo social y Geografía. Una Propuesta de Metabolismo Territorial.....	37
1.4.1 Metabolismo y Geografía.....	38
1.4.2 El Metabolismo Territorial como Propuesta desde la Geografía.....	43
1.5 Consideraciones Finales de los Caminos Teóricos del Metabolismo Territorial.....	45
2. Metabolismo Territorial. Elementos para la Construcción de la Propuesta Metodológica.....	47
2.1 Consideraciones Generales del Enfoque Metodológico.....	47
2.2 El Análisis de la Información en la Construcción del Metabolismo de un Territorio.....	51
2.3 Las Coberturas de la Tierra y su Transformación, Elementos de Integración.....	53
2.4 El Ciclo Hidrosocial en el Metabolismo Territorial.....	55
2.4.1 H ₂ O, la Materialidad del Agua: Balance Hídrico, Usos y Calidad.....	58
2.4.2 Relaciones Sociales, Poder, Discursos y Lenguajes del Agua.....	60
2.4.3 Las Tecnologías en el Ciclo Hidrosocial.....	62
2.5 Flujos de Energía en el Metabolismo Territorial.....	63
2.5.1 Formas de Energía y Procesos de Transformación.....	65
2.5.2 Una Aproximación a la Energía como Flujo Social.....	69
3. Una mirada Socioecológica - Territorial al Río Bogotá.....	73
3.1 Elementos para la Caracterización del Sistema Socioecológico-Territorial (SSET).....	74
3.2 La Base Natural del SSET.....	80
3.2.1 Dinámica Histórico-Geológica, Geomorfológica y de Suelos.....	81
3.2.2 Dinámica Climática.....	87
3.2.3 Dinámica Ecosistémica.....	90
3.3 La Base Social: Actores, Instituciones y Economía.....	97
3.3.1 De los Primeros Pobladores a la Primera Mitad del Siglo XX.....	97
3.3.2 Segunda Mitad del XX hasta la Actualidad.....	106
3.4 Transformaciones socioecológicas.....	129

3.5	Configuraciones Territoriales.....	146
4.	Metabolismo Territorial en la Cuenca Alta del Río Bogotá: Villapinzón, Suesca y Chocontá	153
4.1	El Ciclo de la Información en la Construcción del Metabolismo Territorial en la CARB	154
4.1.1	Los Flujos de Información Sobre Agua y Energía en el SSET	155
4.1.2	El Ciclo de Información sobre Agua y Energía: Actores Sociales e Institucionales de la CARB	166
4.2	Las Coberturas de la Tierra y su Transformación, Elementos de Integración.....	171
4.2.1	Una mirada a las Coberturas de la Tierra.1958-2020.	172
4.2.2	Cambios Relevantes en los Períodos de Tiempo.....	180
4.2.3	Consideraciones Finales del Análisis Multitemporal de Coberturas en el Metabolismo Territorial	184
4.3	El Ciclo Hidrosocial en el SSET.....	186
4.3.1	La Materialidad del Agua en el Ciclo Hidrosocial.....	187
4.3.2	Poder Social: Relaciones Sociales, Discursos y Lenguajes del Agua.....	199
4.3.3	Las Tecnologías del Agua en el Ciclo Hidrosocial de la CARB	205
4.4	Flujos de Energía	211
4.4.1	Formas de Energía y Procesos de Transformación.....	212
4.4.2	La Energía como Flujo Social.....	233
4.5	Modelo Conceptual General de Metabolismo Territorial	237
4.5.1	Categorías de Análisis de Sustentabilidad basadas en el Metabolismo Territorial.....	240
5.	Metabolismo Territorial y Sustentabilidad.	243
5.1	Procesos Generales de Metabolismo Territorial y el Ciclo de Información	243
5.2	Coberturas de la Tierra, Ciclo Hidrosocial y Flujos de Energía en clave de Sustentabilidad	250
5.3	Consideraciones finales sobre escenarios de futuro	253
6.	Conclusiones y Recomendaciones.....	257
6.1	Conclusiones.....	257
6.2	Caminos Futuros de Investigación en Geografía.....	262
6.3	Sugerencias para la Sustentabilidad del SSET	266
	Referencias.....	269
A.	Anexo Ciclo de la Información.....	290
B.	Anexo Información cualitativa.....	298
C.	Anexo Procedimientos cuantitativos.....	312
D.	Anexo Guía Cartográfica y Matrices de Cambio	322
E.	Anexos al Modelo Conceptual General de Metabolismo Territorial	327

Lista de Figuras

Figura 1-1:	<i>Esquema Conceptual del Metabolismo Territorial</i>	45
Figura 2-1:	<i>Esquema General del Diseño Metodológico</i>	50
Figura 2-2:	<i>Etapas del Ciclo de la Información</i>	52
Figura 2-3:	<i>Esquema del Ciclo Hidrosocial Propuesto para la Investigación</i>	57
Figura 2-4:	<i>Flujos Energéticos en Ecosistema de Bosque</i>	67
Figura 3-1:	<i>Esquema de la Interacción y Coevolución de los SSET</i>	80
Figura 3-2:	<i>Zonas de Ecosistemas Potenciales en Relación con la Altitud</i>	93
Figura 3-3:	<i>Población del SSET y cada Municipio que lo conforma 1964-2018</i>	108
Figura 3-4:	<i>Población de cada Municipio que conforma el SSET 1964-2018</i>	108
Figura 3-5:	<i>Mapa de Actores-Instituciones en el SSET - Segunda Mitad Siglo XX</i>	111
Figura 3-6:	<i>Mapa de Actores-Instituciones en el SSET – Actualidad</i>	111
Figura 3-7:	<i>Área de Cultivos por Municipio en 1960</i>	121
Figura 3-8:	<i>Rendimiento por Unidad de Área en la Producción Agrícola en 1960</i>	121
Figura 3-9:	<i>Número de Animales por Tipo de Ganado en 1960</i>	122
Figura 3-10:	<i>Área de Cultivos por Municipio en 2014</i>	124
Figura 3-11:	<i>Rendimiento por Unidad de Área en la Producción Agrícola en 2014</i>	124
Figura 3-12:	<i>Número de Animales por Municipio Censo Agropecuario 2014</i>	125
Figura 3-13:	<i>Área Cultivada en Flores en el Municipio de Suesca</i>	127
Figura 3-14:	<i>Marco Temporal de Análisis para las Transformaciones Socioecológicas</i>	130
Figura 4-1:	<i>Diagrama de Sistemas para el Cultivo de Papa</i>	214
Figura 4-2:	<i>Diagrama de Sistemas para Ganadería de Leche</i>	215
Figura 4-3:	<i>Diagrama de Sistemas para la Floricultura</i>	215
Figura 4-4:	<i>Productividad Primaria Neta Agrícola (t/año) y Energía Bruta (GJ/año) por Cultivo y Municipio en 1960 y 2014</i>	217
Figura 4-5:	<i>Extracción y Uso de Biomasa en el SSET en 1960 y 2014</i>	220
Figura 4-6:	<i>Contenidos Energéticos de los Cultivos de Flores en Suesca entre 1970 y 2014</i>	224
Figura 4-7:	<i>Consumo Facturado de Energía Eléctrica Residencial 2004-2019</i>	228
Figura 4-8:	<i>Consumos de Energía Eléctrica Residencial por Sector en cada Municipio 2004-2019</i>	229
Figura 4-9:	<i>Consumos de Energía Eléctrica No Residencial (2004-2019)</i>	231
Figura 4-10:	<i>Consumos de Energía Eléctrica No Residencial por Categoría en cada Municipio (2009-2019)</i> ..	232
Figura 4-11:	<i>Modelo Conceptual General de Metabolismo Territorial</i>	239
Figura 5-1:	<i>Esquema de recuperación ambiental basado en la EEP propuesta por Van der Hammen</i>	255

Lista de Tablas

Tabla 3-1:	<i>Área Total de los Municipios y Área en Cuenca</i>	77
Tabla 3-2:	<i>Área Predial y su Distribución por Tamaño. Municipios de Suesca y Chocontá</i>	118
Tabla 4-1:	<i>Resultados de la encuesta sobre el nivel de conciencia sobre agua y energía (Tasa de participación)</i> .	167
Tabla 4-2:	<i>Respuestas en relación al Nivel de Conocimiento sobre Agua y Energía (Tasa de participación)</i> ...	167
Tabla 4-3:	<i>Respuestas sobre Formación de Redes alrededor del Agua y la Energía (Tasa de participación)</i>	168
Tabla 4-4:	<i>Respuestas en relación a las Fuentes de Información sobre Agua y Energía (Tasa de participación)</i>	168
Tabla 4-5:	<i>Respuestas sobre la Comunicación entre Actores e Instituciones acerca de Agua y Energía (Tasa de participación)</i>	169
Tabla 4-6:	<i>Resultados sobre el Proceso de Toma de Decisiones relacionado al Agua y a la Energía (Tasa de participación)</i>	170
Tabla 4-7:	<i>Porcentajes de Área de estudio por Tipo de Macroclase en los Cuatro Momentos de Análisis</i>	178
Tabla 4-8:	<i>Demanda de Agua Aproximada por Uso en el SSET – Década del 60</i>	193
Tabla 4-9:	<i>Demanda de Agua Aproximada por Uso en el SSET – Período Actual</i>	193
Tabla 4-10:	<i>Distribución Porcentual de PPN y Energía Bruta de PPN de los Cultivos en el SSET</i>	218
Tabla 4-11:	<i>Distribución Porcentual de PPN y Energía Bruta para cada Categoría</i>	219
Tabla 4-12:	<i>Contenidos Energéticos de Insumos y Mecanización en 1960 y 2014 del Cultivo de Papa</i>	223
Tabla 4-13:	<i>Contenidos Energéticos de los Cultivos de Flores en Suesca y Chocontá en 2014</i>	224
Tabla 4-14:	<i>Energía Asociada al Trabajo Humano (GJ/año) en el Cultivo de Papa en 1960 y 2014 en el SSET</i>	226
Tabla 4-15:	<i>Categorías de Análisis de Sustentabilidad basadas en Metabolismo Territorial</i>	241

Lista de Mapas

Mapa 3-1:	<i>Ubicación del SSET de estudio</i>	77
Mapa 3-2:	<i>Geomorfología (a) y Geología (b) del SSET de estudio (Cuenca Alta del Río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca)</i>	85
Mapa 3-3:	<i>Aproximación a la Hidrogeología y Texturas de Suelo en el SSET</i>	86
Mapa 3-4:	<i>Ecosistemas y áreas protegidas en el SSET de estudio (Cuenca Alta del Río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca)</i>	96
Mapa 4-1:	<i>Coberturas de la Tierra para el año 1958</i>	174

Mapa 4-2:	<i>Coberturas de la Tierra para el año 1987</i>	175
Mapa 4-3:	<i>Coberturas de la Tierra para el año 2010</i>	177
Mapa 4-4:	<i>Coberturas de la Tierra para el año 2020</i>	179
Mapa 4-5:	<i>Oferta Natural de Agua en el SSET entre 1960 y 2018</i>	189

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Término
AHPPN	Apropiación Humana de la Productividad Primaria Neta
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
CARB	Cuenca Alta Río Bogotá
CI	Conservación Internacional
CLC	Corine Land Cover
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EEP	Estructura Ecológica principal
HIMAT	Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras
IAvH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
ICA	Índice de Calidad de Agua
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IDEMA	Instituto de Mercadeo Agropecuario
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INAT	Instituto Nacional de Adecuación de Tierras
INCODER	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
INCORA	Instituto Colombiano de la Reforma Agraria
IST	Índice de Sustentabilidad Territorial
JAC	Juntas de Acción Comunal
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
PIB	Producto Interno Bruto
PPN	Productividad Primaria Neta
PSMV	Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
POMCA	Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica
PTAP	Plantas de Tratamiento de Agua Potable
PTAR	Plantas de Tratamiento de Agua Residual
PUEAA	Planes de Ahorro y Uso Eficiente de Agua
RFPP	Reserva Forestal Productora Protectora

XVIII Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en el Río Bogotá

RUNAP	Registro Único de Áreas Protegidas
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SSE	Sistema Socioecológico
TAR	Teoría del Actor-Red
TSE	Transiciones Socioecológicas
UPA	Unidades De Producción Agropecuaria

Introducción

La motivación principal de esta investigación es la vida, la sustentabilidad de la vida, humana y no humana, actual y futura, la coexistencia de todos los organismos vivos y culturas. La vida es compleja y maravillosa y no podría existir sin el agua. Esta última es uno de los elementos más complejos de la naturaleza, gracias a sus alcances naturales y sociales, y a su extraordinaria propiedad de ser fuente esencial de la vida y de todas las actividades humanas. En un planeta de aparente abundancia hídrica, se reporta que el 2,5% es agua dulce y menos de un 1% de este pequeño porcentaje está disponible para ser utilizada para las actividades humanas, domésticas y productivas (United States Geological Survey (USGS), 2019). El porcentaje restante (97,5%), es agua salada, imposible de utilizar sin una previa y costosa transformación. Esta paradójica escasez de agua dulce en medio de océanos de agua salada pone en riesgo la vida, la pervivencia de los pueblos y sus culturas, el bienestar de los ecosistemas y de la población, y las actividades económicas (Jalife-Rahme, 2015).

El agua también es uno de los tejidos esenciales que une a una sociedad con su entorno natural. El control por el acceso, el uso y manejo de las fuentes de agua (superficiales y subterráneas) ha sido causa de muchas de las disputas territoriales que se viven en Colombia y en otras partes del mundo, en donde nacen y fluyen las aguas, y, con ellas, la vida: “no siempre la carencia de agua estimula los conflictos; también su superabundancia” (Jalife-Rahme, 2015, p. 4). Este es el caso de Colombia, donde, a pesar de tener una gran disponibilidad hídrica, esta se encuentra seriamente afectada por el uso excesivo e ineficiente por parte de distintas actividades. Están desde aquellos usuarios que contaminan, otros que se apropian de manera violenta o fraudulenta de territorios rurales en donde nace el agua, el estado que consolida e impone modelos económicos extractivos en estos territorios y, finalmente, entre otros, quienes despojan y concentran la tierra, causando una problemática que profundiza las desigualdades sociales, expresadas en altos índices de concentración, aumento de la pobreza rural y sus bienes asociados, entre ellos, uno estratégico: el agua.

Esta investigación surge de una preocupación por la sustentabilidad de la vida, de los territorios ricos en agua y de ver cómo esta sustentabilidad está amenazada por el inadecuado uso del suelo, los bosques,

las fuentes y cursos de agua, por los altos niveles de contaminación y por el drástico cambio de las coberturas vegetales originales. Lo anterior, ocasionado, en parte, por un modelo económico caracterizado por la explotación ilimitada y no controlada de los bienes naturales, en el que las actividades económicas han desplazado pobladores locales y actividades tradicionales, y han transformado drásticamente los paisajes y los territorios, sus coberturas, sus elementos y relaciones fundamentales con el argumento del crecimiento económico y la prosperidad. En este modelo, las decisiones sobre los territorios se orientan más a intereses particulares que a intereses colectivos que propendan por el cuidado de la casa común.

Dentro de esta preocupación por la vida y la sustentabilidad de los territorios, en relación con el agua, también, se encuentra una inquietud por la relación entre ésta y la energía, pues esta última también es esencial para la vida. Sin nuestra fuente principal de energía, el sol, tampoco podría existir la vida, gracias a él es posible que el agua circule por el planeta, se precipite en forma de lluvia, se evapore, se condense en forma de nubes, se infiltre en los suelos y se almacene en acuíferos, escurra por los cauces de los ríos y quebradas o simplemente permanezca en las altas montañas y latitudes en forma de hielo y nieve. Así las cosas, no solo el agua es vida, la relación agua-energía es vida. En este sentido, la preocupación por la sustentabilidad de la vida se puede leer como una preocupación por la manera en que, a través del tiempo, los humanos hemos intercambiado agua, materia, energía e información entre nosotros y con nuestros entornos naturales.

Uno de los enfoques teórico-metodológicos que ha estudiado el intercambio de materia, energía e información, en la relación naturaleza-sociedad en los estudios ambientales, se conoce como *metabolismo social*. Este enfoque, junto con la sustentabilidad y el territorio, conforman las categorías centrales de esta investigación, alrededor de las cuales se construye la base teórica y la propuesta metodológica, y se realiza una contribución en ambos sentidos a los estudios geográficos y ambientales. Se parte de la hipótesis de que el metabolismo social y la teoría geográfica ofrecen elementos de orden teórico y metodológico, coherentes con las problemáticas ambientales actuales relacionadas con la sustentabilidad. A través de estos elementos, se propone un modelo que permita interpretar y analizar de manera integral la sustentabilidad, a través de la articulación del ciclo del agua y los flujos de energía e información en diferentes escalas de tiempo y espacio, y en un contexto social determinado.

La sustentabilidad ha sido un concepto controversial desde que emergió a partir de la propuesta de desarrollo sostenible del Informe Brundtland Nuestro Futuro Común en 1987 (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987). En este informe, el desarrollo sostenible se define como “el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la

habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987, p. 16). Las críticas centrales a esta definición están relacionadas con la ambigüedad, falta de precisión e imposibilidad de ofrecer vías concretas para medir “la sostenibilidad del desarrollo” o para construir sociedades sostenibles. Adicionalmente, la noción de desarrollo, atada a la sostenibilidad dentro de esta definición, trae implícito que lo que necesita ser sostenible es el desarrollo, entendido únicamente como crecimiento económico ilimitado.

De acuerdo con Toledo y Ortiz-Espejel (2014), la sostenibilidad y el desarrollo sostenible han sido utilizados como “fórmulas mágicas” para superar la crítica situación ambiental del planeta. Además, estos términos se han multiplicado sin un consenso real acerca de su contenido, los principios teóricos y conceptuales que los sustentan y los métodos para su implementación (Toledo y Ortiz-Espejel, 2014). Es una idea que ha carecido de un apropiado marco teórico que organice de manera coherente la información proveniente de diferentes disciplinas y áreas del conocimiento (González de Molina y Toledo, 2014).

En contraste con esta definición problemática de sostenibilidad, esta investigación presenta una disertación sobre el término en la que se discute la diferencia entre los términos sostenibilidad y sustentabilidad y se propone una conceptualización basada en la propuesta del “Manifiesto por la vida: una ética para la sustentabilidad” y la perspectiva sistémica desarrollada por Capra y Luisi (2014). En esta última, se define la sustentabilidad como la red de la vida de la que depende nuestra supervivencia a largo plazo, un “proceso dinámico de coevolución en el cual los sistemas sociales y económicos, sus estructuras, sus instituciones no interfieran con la habilidad inherente que tiene la naturaleza de sostener la vida” (traducción propia de Capra y Luisi, 2014, p. 353). De acuerdo con los autores, el punto crítico en esta definición es precisamente la comprensión del proceso de la vida al cual Capra (2015) llama *metabolismo* y lo define como “el flujo de materia y energía a través de una red de reacciones químicas, las cuales permiten a un organismo vivo continuamente generarse, repararse y perpetuarse en el tiempo” (Capra, 2015, p. 2).

El metabolismo es un concepto que surgió y se desarrolló en la teoría celular y la fisiología animal y vegetal a mediados del siglo XIX, gracias a las investigaciones del alemán Theodor Schwann y el holandés Jacob Moleschott. Este concepto, junto a otros avances de las ciencias naturales de la época, como la química orgánica de Justus von Liebig y la publicación de *El Origen de las Especies* de Charles Darwin, influenciaron a Karl Marx para proponer como analogía el metabolismo social, entendido como la representación de la apropiación humana de la naturaleza a través del trabajo (usando la palabra alemana *Stoffwechsel*, que significa literalmente “metabolismo” o “cambio material”). El metabolismo social

representa la unión entre la naturaleza y la sociedad, y busca romper la histórica dicotomía de esta relación (Foster, 2000). No solo es un proceso orgánico y biológico, sino también dialéctico e histórico, por medio del cual es posible comprender la producción de los paisajes rurales y urbanos (Malo, 2018).

En la evolución del concepto, el metabolismo social ha sido definido como un marco de análisis para analizar la interacción entre naturaleza y sociedad, en términos del intercambio de agua, materia, energía e información en un contexto temporal y espacial (Fischer-Kowalski, 1998; González de Molina y Toledo, 2014; Toledo, 2008; Toledo, 2013). Esta analogía ha sido usada para comprender la materialidad de los sistemas socioeconómicos y, también, como una forma de analizar la sustentabilidad (Fischer-Kowalski y Haberl, 2002, 2007). Es así como González de Molina y Toledo (2014) han señalado que este marco de análisis es un fuerte candidato para satisfacer la necesidad de tener un instrumento robusto y coherente para el estudio de la sustentabilidad.

A pesar de las bondades del enfoque del metabolismo social para el análisis integral de la sustentabilidad, los mismos autores han señalado que, en las últimas décadas, los estudios de metabolismo se han concentrado más en la cuantificación de los flujos físicos que en la exploración de la dimensión social e inmaterial en la perspectiva metabólica, aquello que no es susceptible de ser medido y cuantificado. Se ha conducido como “una nueva forma de contabilidad ambiental” (González de Molina y Toledo, 2014, p. 74). En este sentido, esta tesis pretende hacer una contribución desde la teoría geográfica y, particularmente, desde la perspectiva del territorio, al aportar en la comprensión de la dimensión inmaterial de la perspectiva metabólica.

La conceptualización del territorio tampoco ha estado exenta de debates entre diversas disciplinas como la geografía, la ciencia política, el derecho, la arquitectura, el urbanismo, la antropología, la sociología, entre otras (Altschuler, 2013; Capel, 2016). Antes de la década del 60 del siglo XX, se definía desde la etología en relación al comportamiento de los animales y la defensa de sus espacios (Barreteau *et al.*, 2016; Elden, 2010). Después de los años 70, el concepto se asoció, por un lado, a las divisiones político-administrativas y a las fronteras, y, por otro, se comenzó a estudiar como un producto histórico y social de las relaciones naturaleza-sociedad (Altschuler, 2013).

En consonancia con esta última concepción, en esta investigación, el territorio es relacional, una red producto de las relaciones naturaleza-sociedad, y de la interacción constante de flujos y ciclos, de redes de circulación y comunicación (Deleuze y Guattari, 1985; Gottman, 1975, 2005; Raffestin, 1980; Saquet, 2015). El territorio no es solo un producto material de flujos, sistemas y redes, sino que también refleja

la inmaterialidad en términos de identidad, sentido de pertenencia, relaciones de poder, apropiación y transformación de un espacio geográfico.

En el contexto de estas categorías centrales y su relación, el problema de investigación que aborda este trabajo es la sustentabilidad de las relaciones naturaleza-sociedad y el paradigma sobre el cual se analizan estas relaciones. Este paradigma “problema” ha estado orientado por el proyecto de modernidad, con una profunda herencia cartesiana, en el sentido de la fragmentación, la dualidad (cuerpo/alma) y la separación sujeto-objeto. La sociedad producto de este proyecto se desarrolló en función de la separación, el dominio y el control de la naturaleza, lo que ha constituido una de las causas profundas de los problemas ambientales actuales y de la crisis civilizatoria en la que nos encontramos hoy como humanidad.

Este paradigma se sustenta en un pensamiento mecanicista, que entiende al humano como una máquina, igual que al planeta. En contraposición con lo anterior, el paradigma sistémico plantea que el planeta es un sistema, los humanos somos sistemas, nuestro cuerpo funciona gracias a los sistemas que se interconectan entre sí y permiten las funciones vitales, y los ecosistemas que nos soportan son sistemas, sin los cuales tampoco existiría la vida. No es posible dar respuesta a problemas sistémicos, como los problemas geográficos y ambientales, desde una perspectiva mecanicista y fragmentada.

En el contexto de la geografía, la fragmentación también ha influenciado el proyecto geográfico a través de la historia y cada vez es más común la separación de las ramas física y humana de la disciplina. A pesar de ser una ciencia interdisciplinar desde sus orígenes, sus dimensiones continúan enfrentando esta falta de integración. Es por esto que se espera contribuir, desde este trabajo, a una perspectiva integral construida desde la mirada ambiental de la geografía, que permita articular lo físico y lo humano en el estudio de la sustentabilidad territorial. En este sentido, la pregunta de investigación que orienta este trabajo es: **¿cómo analizar la sustentabilidad de un territorio de una manera integral, articulando el metabolismo social (en función del agua, la energía y la información) con las transformaciones históricas de un territorio?**

El escenario de análisis para responder esta pregunta es la cuenca alta del río Bogotá, específicamente los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca. Este río es uno de los ríos más contaminados de Colombia y posiblemente del continente y se ha convertido en símbolo del problema ambiental de la contaminación del agua. Este problema no solamente se relaciona con descargas puntuales de aguas residuales industriales y municipales sin tratamiento o con tratamientos deficientes a lo largo prácticamente de todo el cauce del río, sino que está profundamente relacionado con la deforestación y

con los usos inadecuados del suelo, el agua y los bosques en el recorrido de toda su cuenca, fenómenos que a la vez reflejan a una sociedad desconectada del río y de todos los demás ecosistemas que conforman su cuenca.

Esta problemática se ha podido evidenciar a través de varios escenarios en los que ha participado la autora de esta investigación, desde hace 15 años en procesos relacionados con la contaminación del río y apoyando a comunidades de curtidores en Villapinzón y Chocontá. Posteriormente, ha participado como habitante de la cuenca alta del río en el municipio de Suesca y ha sido miembro de grupos locales, como la veeduría ciudadana Nuestro Río Bogotá y la iniciativa Manos a la Cuenca, un proceso de construcción colectiva de conocimiento alrededor del agua y del bosque para la gestión integral del territorio que ha sido financiado, en parte, por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Para responder la pregunta de investigación en el escenario de análisis propuesto, esta tesis formula como objetivo general: proponer un modelo de interpretación de la sustentabilidad territorial a partir del análisis del metabolismo social en tres municipios de la cuenca alta del río Bogotá: Villapinzón, Chocontá y Suesca, articulado con las transformaciones históricas del territorio, desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. Para lograr este propósito central, los objetivos específicos establecidos son:

- i) Caracterizar el territorio definido desde la perspectiva de los sistemas socioecológicos y del territorio.
- ii) Determinar los factores direccionadores de las transformaciones históricas del territorio de estudio en función de los ciclos de agua, flujos de energía y de información.
- iii) Analizar las configuraciones territoriales producidas por los sistemas productivos más representativos a partir de la segunda mitad del siglo XX.
- iv) Definir las bases para la integración de los ciclos de agua, flujos de energía y de información que permita interpretar la sustentabilidad del territorio y sus posibles trayectorias hacia escenarios más sustentables.

Este documento presenta el desarrollo de estos objetivos de investigación en seis capítulos. El primero constituye la base teórica sobre la cual se construye una propuesta de metabolismo territorial, como enfoque que integra la perspectiva metabólica en la mirada sistémica de la geografía ambiental; en este capítulo, se discute alrededor de algunos de los principales debates en el pensamiento geográfico, y de la perspectiva sistémica en la rama física y humana de la disciplina; posteriormente, presenta la mirada ambiental de la geografía, que sustenta la construcción teórica, y discute alrededor de los conceptos territorio y sustentabilidad; finalmente, introduce la propuesta de metabolismo territorial como enfoque

teórico, que tiende puentes entre el metabolismo social y la geografía para el análisis de la sustentabilidad, y define las categorías que se integran en este modelo de análisis.

El segundo capítulo presenta la propuesta metodológica que se estructuró en función de la construcción teórica y discute, en primera medida, algunas consideraciones generales de los métodos mixtos. Luego, detalla el estudio de las categorías de análisis sobre las que se construye el enfoque del metabolismo territorial: el ciclo de la información, las coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial y los flujos de energía. El tercer capítulo entrega una mirada socioecológica-territorial de la cuenca alta del río Bogotá en los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, como escenario de análisis, suministrando una caracterización de este sistema socioecológico territorial (SSET) definido para el estudio. Esta caracterización se realiza a través de la explicación de las dinámicas que configuran la base natural y la base social, el análisis de los principales factores direccionadores de transformaciones socioecológicas y las principales configuraciones territoriales desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

El cuarto capítulo presenta la aplicación del modelo de análisis de metabolismo territorial al SSET caracterizado, en función de las categorías propuestas en el segundo capítulo: el ciclo de la información, las coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial y los flujos de energía. Para finalizar este capítulo, se propone el modelo conceptual general de metabolismo territorial y propone las bases para la articulación de estas categorías en diferentes niveles de análisis y su integración con los procesos generales de metabolismo: apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción. Además, se proponen nuevas categorías que podrían abrir futuros caminos de investigación para la construcción colectiva de un índice de sustentabilidad territorial.

El quinto capítulo realiza un análisis de los principales resultados del capítulo anterior en clave de sustentabilidad. Una primera sección, discute alrededor de los procesos generales de metabolismo y los vincula con el ciclo de la información y una segunda sección examina la situación alrededor de las coberturas de la tierra, el agua y la energía, con miras a pensar en trayectorias de futuro más sustentables, justas y resilientes para el SSET.

El sexto y último capítulo entrega las conclusiones de este estudio en función de las categorías centrales, los objetivos propuestos y las contribuciones teóricas y metodológicas que se derivan de este trabajo. También, se incluyen algunas recomendaciones para estudios futuros y nuevas líneas de investigación en geografía que pueden contribuir a superar las limitaciones que encuentra esta propuesta.

Finalmente, se presentan algunas sugerencias para los municipios que conforman el SSET de la cuenca alta del río Bogotá en los municipios de Villapinzón, Suesca y Chocontá, que pueden aportar en la superación de los escenarios de insustentabilidad que se evidenciaron en este estudio y apoyar una gestión integral en los territorios, en pro de la construcción colectiva de escenarios de sustentabilidad, basados en la perspectiva del metabolismo territorial.

1. METABOLISMO, SUSTENTABILIDAD Y TERRITORIO: CAMINOS TEÓRICOS HACIA EL METABOLISMO TERRITORIAL

La presente investigación articula el enfoque del metabolismo social con la teoría geográfica, tomando como punto de partida la perspectiva integradora del metabolismo que es compatible con la geografía en cuanto relaciona los elementos e interacciones físicas y humanas, que son de interés y objeto de estudio de esta disciplina y, además de ser compatibles, son enfoques complementarios. Un elemento central de esta compatibilidad es la perspectiva sistémica, que ha sido relevante en las dos corrientes de la ciencia geográfica, física y humana, especialmente, desde la segunda mitad del siglo XX, y también ha sido una de las bases conceptuales del metabolismo social. Entre estas dos corrientes de pensamiento, esta investigación encuentra en la geografía ambiental los elementos para integrar lo físico y lo humano a través de la perspectiva metabólica para el estudio de la sustentabilidad. Esta mirada metabólica, construida desde la geografía ambiental con un enfoque territorial, contribuye a cerrar la brecha histórica escindida entre las corrientes física y humana en la geografía.

Para construir este camino teórico, la primera sección de este capítulo aborda, desde una perspectiva histórica, algunos de los debates sobre el objeto de estudio de la geografía y su integralidad, y discute alrededor de la perspectiva sistémica en las ramas física y humana. La segunda sección discute sobre la geografía ambiental, las nociones de ambiente y naturaleza que han aportado al debate ambiental en la disciplina geográfica y presenta una perspectiva crítica de esta corriente de pensamiento. En el tercer acápite, se plantean algunas de las discusiones más relevantes en el ámbito geográfico sobre los conceptos de territorio y sustentabilidad, presentando en ambos casos las perspectivas que asume la presente investigación sobre estas polémicas categorías. Finalmente, la cuarta sección consigna los argumentos sobre los cuales se sustenta la compatibilidad y complementariedad del metabolismo y la geografía, y propone la perspectiva del metabolismo territorial.

1.1 La Geografía ¿Una Ciencia Fragmentada o una Ciencia Integral?

La geografía se considera una de las disciplinas más antiguas, inspirada por el descubrimiento de nuevos territorios, los viajes y la exploración. Desde sus comienzos, y en cada contexto histórico, ha tenido diferentes motivaciones de estudio y ha sido marcada por los debates propios de la ciencia, especialmente, en lo que concierne a la separación de las ramas del conocimiento y a la relación naturaleza-sociedad. Este punto transita, bajo una perspectiva histórica, por algunos de los debates en los cuales ha estado inmersa la teoría geográfica y por las propuestas que han surgido desde la mirada sistémica en la geografía física y humana desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

1.1.1 Los Debates en la Geografía

En los antecedentes de la geografía como disciplina académica oficial, aún no se concebían las corrientes física y humana; se propuso, entonces, en el siglo XVII, una geografía general, encargada del estudio de la Tierra como un todo, y una especial, que estudiaba regiones concretas. Esta propuesta hecha por Bernhard Varenius constituía un esfuerzo por relacionar la disciplina geográfica con los avances científicos realizados para entonces por Francis Bacon y René Descartes desde una mirada empírica y racionalista (Cresswell, 2013; Unwin, 1995). La herencia de estos dos últimos es quizá la herencia más importante para comprender la separación de las ciencias en general y las corrientes de la geografía en particular, y entender el proceso de *superespecialización* de cada una de estas ramas que ha aportado a su fragmentación.

Si bien se puede considerar que algunos antecedentes teóricos de la geografía surgieron de la obra de Emmanuel Kant, *Physische Geographie* (Geografía Física), el surgimiento de la geografía moderna se atribuye a Alexander von Humboldt y Carl Ritter a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX (Cresswell, 2013; Unwin, 1995). Cada uno de ellos desde un enfoque diferente, Humboldt desde lo ecológico y Ritter desde lo histórico y regional, se ocuparon de la unidad de la naturaleza y deseaban desarrollar la geografía como una ciencia integradora; ambos consideraban que “el mundo era más que la suma de sus partes” (Cresswell, 2013, p. 49). Esta idea también se ha atribuido a Aristóteles y es quizá la premisa clave del pensamiento holístico y sistémico de acuerdo con el físico Fritjof Capra.

Tanto Humboldt como Ritter mantenían la creencia de que el mundo humano era inseparable de la naturaleza (Cresswell, 2013), lo cual es comprensible desde la perspectiva ecológica de Humboldt. Sin

embargo, llama la atención la mirada de Ritter, quien tuvo una fuerte influencia teológica que lo hacía enfocarse en la dimensión humana/social sin considerar al humano separado de la naturaleza. Esta idea de integración y no separación se contraponía a los fundamentos de la herencia de Bacon y Descartes, quienes por el contrario promovían la visión de fragmentación, de separación sujeto-objeto, humano-naturaleza y de una relación de dominación y control.

Posteriormente, en el siglo XIX, la geografía comienza un proceso de institucionalización. Continuaba siendo la ciencia de la exploración y, aunque estaba vinculada a los diferentes imperios del mundo occidental, la formación de sociedades geográficas contribuyó al surgimiento de diferentes escuelas y debates sobre el objeto de estudio y el quehacer de la disciplina (Unwin, 1995). A pesar de que, en sus orígenes, la geografía podría considerarse una disciplina integral donde interactuaban elementos físicos y humanos, la herencia cartesiana influyó fuertemente en la geografía como ciencia y justificó la separación que habría de hacerse en el corazón de la disciplina entre una geografía física y una humana.

La herencia cartesiana constituía la base del período moderno en el pensamiento occidental, de dominación sobre la naturaleza, separación y oposición. Linton (2009) señala que no es posible caracterizar al pensamiento occidental como un todo y que más bien su principal característica es “un sentido de la capacidad para la emancipación humana a través de la dominación de la naturaleza” (p. 9) para la fragmentación y separación. Esta visión de la modernidad responde a una ontología en la que se percibe como cierta una única realidad, externa, susceptible de ser observada, medida y controlada a través de esa medición, convirtiéndose en una verdad absoluta. Esta ontología genera una ruptura entre el observador (sujeto) y lo observado (objeto), y entre los humanos que observan y la naturaleza que es observada.

Esta profunda ruptura con la naturaleza desde el mismo pensamiento humano constituyó un paradigma en la ciencia por varios siglos, por lo menos, durante el siglo XVII y XVIII en el continente europeo, pues a Suramérica llegaría tal vez uno o dos siglos después. Este paradigma del pensamiento occidental, mecanicista y reduccionista por naturaleza fue el que influyó la fragmentación de la geografía y la especialización en cada una de sus ramas, la física y la humana. En contraposición a esta escisión, Barrows (1923) realizó una propuesta de geografía como una ecología humana en la que señaló que el surgimiento de la geografía científica moderna se daba a la luz de una geografía eminentemente física a la que con los años se le reclamaría una humanización. De esta manera, definió la geografía como una ciencia de la ecología humana en la que se buscaría comprender las relaciones existentes entre los ambientes naturales y la distribución y actividades humanas (Barrows, 1923).

El siglo XX trajo consigo una variedad de miradas y debates en la geografía o diferentes “lentes”, como lo llama Cresswell (2013), para analizar los fenómenos geográficos desde diferentes puntos de partida. Tensiones entre lo que “debería ser” el objeto de estudio de la geografía, entre lo general (nomotético) y lo particular (ideográfico), y lo “duro” y lo “blando”, como la diferenciación que se haría entre las ciencias naturales o exactas y las humanas o sociales, que, incluso en la actualidad, se mantiene en muchos debates. En la teoría geográfica, desde comienzos del siglo XX, los debates se movilizaron de una ciencia regional a una geografía cuantitativa, como ciencia espacial donde primaba la cuantificación y la modelación, y que criticaba la mirada regional por considerar que solo se reducía a una mera descripción. Posteriormente, a la corriente cuantitativa se contrapuso una perspectiva humanística que reclamaba la combinación con las emociones y los significados de esos espacios y lugares que los cuantitativos veían más como *áreas físicas* o *puntos en el espacio*, pero sin conexión con la percepción y emocionalidad humanas.

Los contextos sociopolíticos e históricos que se vivían en la segunda mitad del siglo XX, después de la segunda guerra mundial, dejaron al descubierto muchas de las contradicciones del modelo de desarrollo hegemónico a nivel global. Estos contextos de desigualdad e injusticia social, de conflicto social y de impactos ambientales motivaron el surgimiento de corrientes críticas y radicales que proponían ir más allá de lo cuantitativo y lo humanístico, reclamando una geografía que propusiera transformaciones a las complejas situaciones sociales, políticas y ambientales a nivel global. Posteriormente, al final del siglo XX, se integraron al debate geográfico las perspectivas feministas y postmodernistas y casi que, de manera paralela, las corrientes posestructuralistas que dieron entrada a miradas que buscaban reintegrar las perspectivas físicas y humanas en el pensamiento geográfico, como las corrientes relacionales, la geografía híbrida y la teoría del actor-red (TAR) (Cresswell, 2013). Estas nuevas miradas traían consigo nuevas formas de entender la realidad y, buscaban integrar de diversas maneras aquellas perspectivas que estaban separadas y que parecían irreconciliables.

1.1.2 La Perspectiva Sistémica en Geografía

En medio de los debates de las corrientes de la teoría geográfica, en la segunda mitad del siglo XX, surgió un nuevo enfoque que buscaba contraponerse al pensamiento moderno reclamando una perspectiva integradora que evolucionó en un nuevo paradigma unificador para las ciencias, entre estas la geografía. Se trata de la perspectiva sistémica, que influyó en esta disciplina gracias al trabajo de la teoría general de los sistemas (TGS), propuesta por Ludwig von Bertalanffy (1951), no solo en las diferentes ramas de la geografía física, sino también en la geografía humana.

Un aspecto esencial de la TGS es la adopción de un enfoque organicista por encima de una visión mecanicista del mundo que se caracterizaba por la especialización, la fragmentación y la creencia de que el todo puede ser reducido a la explicación de los componentes aislados. Hasta los años ochenta, el enfoque sistémico en geografía había preferido una visión más estática de los sistemas y no una que incluyera la dinámica de los procesos históricos y las relaciones de autodeterminación entre la función, la estructura y la auto-creación, aspectos que podrían ser más apropiados para la investigación geográfica (Haigh, 1985). A pesar de esto, se habían realizado intentos por reconocer las relaciones entre los elementos naturales y sistemas vivos como objeto de estudio, y por conocer la totalidad a través de las relaciones y no desde las partes (Tricart, 1979), entrando en consonancia con la idea de que “el todo es más que la suma de las partes”, idea que, como se mencionó anteriormente, proviene de Aristóteles e hizo parte del pensamiento de los precursores Humboldt y Ritter y es una de las premisas del pensamiento sistémico en la actualidad.

Desde la escuela inglesa de la geografía física, Chisholm (1967) hizo énfasis en la importancia de las relaciones y los procesos como unidad de estudio geográfica. Este enfoque ofrecía un medio de unificación a través de la definición de principios que son relevantes tanto para la geografía física como para la humana; sin embargo, reconoció dificultades por considerar que aún el concepto de *sistema* era vago y su definición podía ser arbitraria. Chorley (1962) y Stoddart (1967) también reconocían las ventajas del enfoque sistémico en la medida que permitía ampliar el alcance de la mirada geográfica al pensar en relaciones y no en objetos aislados, y definía el objeto de estudio en función de esas conexiones y procesos. El enfoque de sistemas se convirtió en una forma efectiva de organizar y entender la información sobre fenómenos geográficos desde una perspectiva más organicista que reduccionista (Chorley y Kennedy, 1971).

Si bien este enfoque relacional y organicista empezaba a tomar relevancia en la geografía, en los sesenta y setenta apenas se introducía en los estudios geográficos y se reconocían las potencialidades que ofrecía para superar la “oposición tradicional” entre geografía física y humana (Bertrand, 1993), para cerrar la brecha escindida entre ellas que, como se destacó en la sección anterior, fue la tensión central del pensamiento geográfico en el siglo XX. A pesar del reconocimiento de estas potencialidades, la perspectiva sistémica aún no lograba generar una integración dentro de las corrientes físicas y humanas de la geografía, mucho menos entre ellas; la herencia de la fragmentación estaba fuertemente consolidada y la perspectiva física continuaba centrándose principalmente en la cuantificación y la modelación, y, de acuerdo con Bertrand (1993), la geografía humana no lograba una organización.

Haigh (1985) identificó cuatro tradiciones de enfoque sistémico en geografía y reconoció que una de las tradiciones “más primitivas” era explícitamente reduccionista, pues dividía la geografía física en componentes que, si bien se relacionaban en un comienzo, realmente se estudiaban como partes separadas (clima, biota, agua, suelo, etc.). Quizá la biogeografía tenía una perspectiva más organicista por tener una conexión más directa con la perspectiva ecológica, aunque, en general, para esta época era todavía difícil encontrar realmente instaurada la mirada organicista en geografía, en cualquiera de sus ámbitos. Al respecto de la relación entre geografía y ecología, Sochava (1971) reconocía la relación entre estas ciencias para el estudio de la relación humano-naturaleza; sin embargo, se contraponía a la propuesta de Barrows de la geografía como ecología humana, referenciada en el numeral anterior, por considerar que, si bien era uno de los aspectos claves, no abarcaba la totalidad del objeto de estudio.

Los fuertes debates en geografía se han generado precisamente alrededor del objeto de estudio y frente a este aspecto el enfoque sistémico, especialmente en geografía física, ofreció una salida conceptual y metodológica que surgió en la Unión Soviética y se consolidó entre la escuela francesa y soviética en los sesenta y setenta, el geosistema (Bertrand, 1993; Sochava, 1978). Se propuso como objeto de estudio de la geografía física, como un concepto naturalista, cuantitativo en principio, pero con desarrollos cualitativos en donde interactúan no solo las capas de la tierra ya trabajadas de manera separada en la geografía (litosfera, hidrosfera, atmósfera, biosfera), sino también el impacto antrópico, lo que dio paso al análisis de aspectos dinámicos y evolutivos (Bertrand, 1993). Vogt (1979), por su parte, lo definió como el resultado de la interacción de flujos entre los componentes de un medio natural con características de totalidad, estado estacionario, estabilidad y sobre el que pueden preverse cambios después de enfrentarse a una intervención de fuerzas externas.

Bertrand y Tricart (1968) lo utilizaron como unidad de análisis del paisaje en el que interactuaban el potencial ecológico, la explotación biológica y la acción antrópica, y lo señalaban como una buena base para los estudios de ordenamiento territorial, porque incluía la escala humana. De esta manera, este concepto abrió la puerta para la conexión del medio natural con los sistemas socioeconómicos y culturales. No obstante, aunque suscitó interés entre las ciencias sociales y la rama humana de la geografía, se encontraron dificultades para su uso directamente en un marco social. En la búsqueda de adecuar esta unidad de análisis a diferentes marcos sociales, se llegó a usar el término *agrosistema*, como un geosistema artificializado y manejado para una producción específica, incluso se llegó a estrechar su relación con el paisaje, un concepto que tenía una fuerte carga sociocultural (Bertrand, 1993). Este autor afirmó que “un paisaje es una lectura sociocultural de un geosistema y que puede haber tantas interpretaciones del geosistema como sociedades o categorías sociales haya” (p. 79).

Este desarrollo conceptual y metodológico contribuyó a superar la oposición entre las corrientes de la geografía y darle contenido al enfoque relacional, sobre todo, por abrir la geografía física a otras disciplinas, desde un concepto unificador, especialmente a la geografía humana. Por supuesto que esto no fue fácil en ese entonces, aún en la actualidad no lo es; sin embargo, la vinculación del concepto de *geosistema* con el de *paisaje* marcó una pauta importante para la integración teórica, conceptual y metodológica entre la rama física y humana en geografía. Por otra parte, es preciso reconocer los aportes que ha otorgado el enfoque sistémico a la geografía, los cuales han permitido construir puentes dentro de la disciplina y hacia otras ciencias. En este sentido, es también necesario reconocer la visión sistémica de espacio como totalidad, con la que magistralmente Milton Santos (1996) se refirió a esta categoría geográfica a finales del siglo XX, en total contraposición a la visión de espacio como contenedor, propio de la geografía cuantitativa de mitad de siglo.

La visión sistémica de Santos reforzó la riqueza de los elementos que confluyen en el espacio geográfico, en el geosistema, incluyendo lo natural, lo social e histórico, y evidenciando la dinámica de todas estas interacciones, la dinámica inherente de los flujos en los sistemas y entre ellos. Santos (1996) definió el espacio geográfico, como un sistema, en función de sus relaciones, como:

Un híbrido que participa igualmente de lo social y de lo físico, como una totalidad en la que se interrelacionan los hombres, las organizaciones, el medio natural, una totalidad que es un sistema, indisoluble y contradictorio en el que acontece la historia, un sistema de objetos y un sistema de acciones que están interrelacionadas y que se forma de flujos y de fijos, de cosas fijas y de flujos que provienen de esas cosas fijas. Todo ese conjunto es el espacio. (p. 75)

La idea de flujos de entrada y salida ha sido esencial en la definición de los sistemas y, para considerar qué entra y qué sale, es necesario introducir una característica esencial del enfoque sistémico, los límites o fronteras que, si bien pueden ser difusos, ayudan a delimitar la unidad de análisis. Estas nociones de entrada y salida fueron la base de la clasificación de los sistemas en termodinámica, cuyos desarrollos teóricos y metodológicos comenzaron a mitad del siglo XIX. Esta tuvo gran influencia en la TGS y, por supuesto, también en la perspectiva sistémica de la geografía. Dicha clasificación de los sistemas incluye a los sistemas abiertos, cerrados y aislados: en los primeros, los flujos de materia y energía se intercambian con el entorno; en los segundos, hay intercambio de energía con el entorno, pero no de materia y en los sistemas aislados no hay intercambio ni de materia ni de energía con los alrededores.

Frente a esta definición, Chorley (1962) consideraba que los sistemas geográficos (en su trabajo, principalmente, los sistemas geomorfológicos) son sistemas abiertos y que era peligroso que se analizaran

como sistemas cerrados, considerando que esta aproximación podría conducir a una homogeneidad en el análisis de los elementos y su organización en el espacio. Por su parte, Chisholm (1967) consideraba que esta clasificación no tenía sentido para la geografía, puesto que los sistemas geográficos, como resultado de la interacción de procesos físicos y humanos, únicamente pueden ser sistemas abiertos. Estas nociones de fronteras e intercambios de flujos de materia y energía entre los sistemas y sus entornos no solo fueron importantes para la geografía física, sino también para la perspectiva sistémica de la geografía humana.

En este sentido, Brunet (1979) hizo referencia a los sistemas culturales y socio-económicos como sistemas abiertos a fuerzas impulsoras externas y destacó las retroalimentaciones en un sistema y entre sistemas como una característica clave, que además están mediadas por el cambio constante. De hecho, se refirió a muchas otras características de los sistemas, entre ellas las formas diversas de energía, fotosíntesis, minerales del suelo, trabajo e información, y señaló que la estabilidad de un sistema estaba dada por las retroalimentaciones y estas solo es posible pensarlas en un escenario de fronteras definidas y flujos de entrada y salida identificados. Brunet, además, equiparaba los daños ocasionados por un sistema cultural a la entropía (grado de desorden) y destacaba que podrían ser corregidos por la siguiente cultura en el entendido de que el sistema cultural entraría en un equilibrio dinámico con las fuerzas del trabajo (que son energía), a través de reajustes constantes (o procesos de autoorganización).

La geografía de la segunda mitad del siglo XX, desde el enfoque sistémico de sus corrientes física y humana, tomó como referencia principios de la termodinámica, como la clasificación de sistemas, los flujos energéticos, las características de estado estable y su relación con la entropía. Estos mismos elementos se venían desarrollando en esa misma época como parte de las ciencias ambientales o híbridas como la economía ecológica, quienes también recurrieron a preceptos de la termodinámica para estudiar el sistema económico (Georgescu-Roegen, 1971). La mirada sistémica permeó diversas ciencias, en especial las interdisciplinarias, y planteó retos a los enfoques clásicos, por un lado, a la geografía, y, por otro, a la economía y a muchas otras ciencias, consolidando de esta manera un verdadero cambio de paradigma, una transición hacia lo holístico y relacional. Esta investigación se enmarca en este nuevo paradigma.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, los flujos de materia y energía empezaron a tener mucha importancia en la perspectiva sistémica de la teoría geográfica. Gregory (2000) reconoció que, en particular, el estudio de la energía fue un aspecto fundamental para unir las diferentes ramas de la geografía en el enfoque sistémico, pues este flujo estaba presente en todos los ámbitos de la geografía física y además es relevante en la relación con la sociedad, ya que requiere entradas energéticas en

cualquiera de sus formas de organización (autoorganización). Estudios más recientes dejan ver que la energía continúa siendo un objeto de estudio central en la geografía y en la ciencia social (Bouzarovski *et al.*, 2017; Calvert, 2016; Cederlöf, 2021; Frantál *et al.*, 2014; Rohse *et al.*, 2020; Shove y Walker, 2014) y que puede ser un elemento clave para fortalecer la integración entre la geografía física y humana al reflejar una dimensión de la relación naturaleza-sociedad, en otras palabras una de las maneras en que la sociedad metaboliza¹ la naturaleza a través de diversas formas de apropiación, intercambio y transformación.

Respecto a las formas de organización de la sociedad, Brunet (2001) desarrolló una explicación de los fundamentos de la vida social y la producción del espacio geográfico en la que relaciona cuatro procesos o acciones básicas (apropiación, explotación, habitación, intercambio) gobernadas por una quinta que se refiere a las formas de gestión desde lo cultural, político, económico y social (p. 23). En esta forma de comprensión establece una serie de relaciones entre estos procesos o acciones, por ejemplo, la circulación de bienes entre la explotación y el intercambio. La definición de estas acciones o procesos y las relaciones que los conectan tiene una similitud interesante con los procesos generales de metabolismo social propuestos por González de Molina y Toledo (2014), que son la apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción. Si bien Brunet no llega a cuantificar dichas relaciones en su trabajo, el enfoque sistémico apoya su comprensión y abre la posibilidad de complementarlo desde los flujos de materia y energía que conectan estas acciones o procesos.

Gracias a las ideas desarrolladas por Brunet (1979, 2001) es posible comprender la importancia del enfoque sistémico en geografía para vincular diferentes escalas, lo macro y lo micro, para comprender y resolver la contradicción entre lo general y lo particular, lo nomotético y lo idiográfico, para vincular lo global y lo local, ideas que se habían contrapuesto a partir de la herencia del pensamiento de Bacon y Descartes, como se mencionó en la sección anterior. Este enfoque sistémico se opone al reduccionismo obligando a pensar en la complejidad y se opone al determinismo, porque la naturaleza no determina las condiciones, sino que coevoluciona con ella a través de las relaciones intrínsecas con la sociedad (Brunet, 1979, p. 406). Además, realiza un aporte significativo en cuanto a la resolución de la contradicción dialéctica entre lo social y lo natural (Tricart, 1979) y, en lugar de esta oposición, ofrece una interfase de unión y complemento.

¹ La idea de metabolismo social, como se mencionó en la introducción y se ampliará más adelante, se refiere a una forma de entender la interacción entre naturaleza y sociedad en términos del intercambio de agua, materia, energía e información en un contexto temporal y espacial.

En la línea de los aportes de Brunet y Tricart acerca de la conexión de la perspectiva sistémica con el método dialéctico, Di Meo (1991, 1999) consideró que un producto de esa relación sería un método de geografía dialéctica enmarcado en un análisis sistémico. Precisamente en esa dialéctica, se disuelve la contradicción y separación entre sujeto-objeto y sociedad-naturaleza que ha sido la herencia del pensamiento de la modernidad. En ese mismo ámbito de la geografía social francesa de finales del siglo XX, se consideraron los flujos entre los elementos de cada sistema, específicamente en sistemas sociales y económicos, mano de obra, servicios, salarios, inversiones y apoyos políticos como una forma de analizar la territorialización de las relaciones sociales (Di Méo, 1991). Sin embargo, se consideró también que, si bien el enfoque sistémico podía ofrecer una lectura diferente de las relaciones socio-espaciales, no podía explicar la naturaleza de las relaciones entre la materialidad de los seres humanos y sus representaciones mentales. En ese sentido, podría ser utilizado como ruta conceptual y metodológica, pero no como teoría social (Di Méo, 1991, p. 112).

La geografía física de comienzos del siglo XX retoma algunas de las críticas y discusiones claves de la perspectiva sistémica en esta corriente de la ciencia geográfica. Von Elverfeldt y Glade (2011) y Von Elverfeldt (2012) señalan que, a pesar de la amplia aceptación del enfoque sistémico en geografía y a pesar de que los modelos empíricos han tomado fuerza en estas décadas, se han dejado de lado los cuestionamientos y los análisis sobre la fundamentación teórica y los conceptos básicos sobre los cuales se ha desarrollado esta perspectiva. Este análisis es de especial interés en el entendido de que la perspectiva sistémica en geografía se propuso y se quiso consolidar como un enfoque integrador, pero, para superar las barreras del reduccionismo, debe cuestionar sus métodos, quizá reorientarlos y adaptarlos a los contextos específicos de cada momento histórico. Así como la geografía se ha considerado como una ciencia dinámica por su capacidad de renovarse continuamente, el enfoque sistémico en la geografía así mismo debe hacerlo, de lo contrario caería en el reduccionismo que en algún momento criticó.

Malanson (2014) afirma que la historia de la perspectiva sistémica en la geografía no ha sido fácil y que, a pesar de que constituyó el corazón de la geografía física por unas décadas, nunca ha podido realmente unificar las ramas que la conforman. La visión de los ecosistemas propuesta por Stoddart (1967) está vigente y es importante en la época actual; sin embargo, el método nunca ha sido completamente desarrollado en geografía (Malanson, 2014). En ese sentido, el análisis de las interacciones naturaleza-sociedad es parte fundamental de la disciplina geográfica y de esta forma el análisis de ecosistemas (como una especie de sistema general) “es una vía, entre otras, para conectar de alguna manera a los geógrafos con la geografía” (Malanson, 2014, p. 257) y para abordar aspectos que pueden ser controversiales, pero

útiles, para la disciplina geográfica como lo son los diferentes niveles de complejidad en sistemas complejos como el humano.

A pesar de las dificultades históricas y los retos actuales en cuanto al abordaje sistémico en geografía, el análisis de sistemas continúa siendo un marco de trabajo apropiado en el estudio de esta (Malanson *et al.*, 2014; Rana, 2014). Este enfoque no solo provee un marco analítico, sino que además ha constituido desde sus orígenes una línea de pensamiento científico capaz de romper con las barreras en la investigación interdisciplinaria. No obstante, como se ha mencionado, es necesario que la perspectiva sistémica continúe en el debate para repensar sus fundamentos teóricos y sus métodos a la vez que la sociedad misma y sus procesos van evolucionando y se van complejizando.

En el marco de ese debate, el análisis de los sistemas ha evolucionado hacia la comprensión de la complejidad de los mismos y un mayor entendimiento de características como la autoorganización, la resiliencia, la capacidad de adaptación y la vulnerabilidad. En esos términos, las ciencias naturales y las sociales, y, en el ámbito geográfico, las corrientes física y humana han aportado desde su conocimiento para reconocer esta complejidad y han evolucionado hacia el estudio de los sistemas socioecológicos (SSE) como unidades de análisis, producto de interrelaciones históricas de los sistemas sociales y ecológicos en el marco de un complejo sistema político e institucional.

El sistema socioecológico (SSE) ha sido definido desde las ciencias naturales, especialmente, desde la ecología aplicada y los estudios de la resiliencia (Berkes, 2017; Berkes *et al.*, 2003; Holling, 2001) como un sistema complejo, autoorganizado y con una serie de procesos críticos que crean y mantienen esta autoorganización. Se caracterizan, además, por la inestabilidad, las condiciones alejadas del equilibrio, la irreversibilidad, los altos niveles de incertidumbre, las interacciones entre procesos y elementos a diferentes escalas y las retroalimentaciones tanto positivas como negativas, dependiendo de las fuerzas externas y los niveles de perturbación, características que comparte con el concepto de *geosistema* desarrollado por la geografía sistémica de la segunda mitad del siglo XX.

En la ciencia geográfica, además del estudio de los SSE desde la corriente física, la geografía humana, particularmente la geografía crítica y la ecología política también han abordado el concepto de SSE desde una de sus características más importantes, como lo es la resiliencia (Cretney, 2014; Turner, 2014). Adicionalmente, la necesidad de una integración de las ramas de la disciplina geográfica, como se ha mencionado, ha promovido también la aceptación de conceptos que potencialmente aportarían en esta hibridación. Whatmore (2002), Castree (2002, 2004) y Swyngedouw (2004, 2010) señalan la profunda equivocación que subyace en la idea de separación de la sociedad y la naturaleza y, así mismo, las ciencias

y los conceptos que se encargan de estudiarlas, a la vez que promueven un enfoque socioecológico para el estudio de la relación naturaleza-sociedad.

Barreteau *et al.* (2016) han planteado también una propuesta integral, pues señalan que el enfoque de SSE podría complementarse con el estudio del territorio para abordar la relación naturaleza-sociedad. Los autores señalan que estas dos tradiciones académicas, una proveniente de la ecología y otra de la geografía social, tienen similitudes con respecto a la perspectiva sistémica y con la cual abordan la relación naturaleza sociedad y diferencias en cuanto a la forma de comprender el espacio y la sociedad, pero, a pesar de ello, la combinación de estas categorías podría mejorar la comprensión de los sistemas, su definición, su evolución y la gestión de su resiliencia (Barreteau *et al.*, 2016). Este tipo de integraciones conceptuales contribuye al debate sobre la fragmentación y aporta a la dialéctica que se mencionó en párrafos anteriores, que hace parte de la perspectiva sistémica, en la que, más allá de plantear opuestos que se repelen, se buscan alianzas que propendan por una comprensión más integral.

1.2 Geografía Ambiental, una Perspectiva Integral

La presente sección se estructura sobre algunos elementos que se deben tener en cuenta para construir una propuesta de geografía ambiental desde una perspectiva integral. Estos son: las nociones de ambiente y naturaleza en la geografía, la geografía ambiental como campo de estudio y la mirada crítica como una propuesta no solo de interpretación, sino de transformación.

1.2.1 Ambiente y Naturaleza en la Geografía

La noción de *ambiente* en geografía ha estado presente desde los inicios de la misma ciencia. Sin embargo, su análisis se ha abordado de diferentes maneras. George Perkins Marsh ya dejaba ver sus preocupaciones frente a la modificación de la naturaleza por la acción humana comenzando la segunda mitad del siglo XIX (1864). A finales del siglo XIX, la perspectiva ecológica de Reclus se contrapuso al determinismo ambiental de Ratzel, subrayando los riesgos de “la degradación de las potencialidades naturales” por la actividad humana (Giblin, 1986). La antropogeografía de Ratzel tenía un fin específico que se relacionaba con la segregación racial por parte de los nacional-socialistas, su expansión territorial y la defensa de un *lebensraum* o espacio vital, que justificaba dicha expansión y sus consecuencias; ese determinismo ambiental degeneró en una especie de racismo científico en el que se usaban las características ambientales y los efectos sobre el desarrollo humano para reafirmar la superioridad de los países del norte sobre los habitantes de sur global (Urban y Rhoads, 2003, p. 224).

En esta perspectiva, la naturaleza es entendida como el entorno biogeofísico separado del ser humano, como algo externo que determina nuestra condición, que debe ser dominado y controlado bajo la superioridad humana. Si bien es cierto que Ratzel criticaba a las ciencias sociales por considerar que para ellas el ser humano estaba en el aire, pues no contemplaban su relación con el entorno, hizo un énfasis excesivo en la naturaleza como único determinante de las relaciones sociales y aquello susceptible de ser controlado y dominado. Parece así una mirada unidireccional donde la naturaleza modifica a la sociedad, pero esta última no la modifica. Por su parte, la geografía anarquista de Reclus reflejaba una relación diferente con la naturaleza, una sensibilidad ecológica en la que la libertad humana a la que hacía referencia en sus trabajos contemplaba el reconocimiento de las leyes de la naturaleza para adaptar la existencia humana a sus condiciones (Giblin, 1986). En este sentido, la relación que plantea Reclus es la de un ser humano integrado con la naturaleza, que debe conocer sus leyes para poder vivir en armonía con ellas.

Tanto para Reclus como para Kropotkin, otro destacado geógrafo de la corriente anarquista; la geografía era fundamental para la comprensión de la distribución de los recursos naturales, el uso equitativo de los mismos para todas las comunidades y la importancia de la acción colectiva (Unwin, 1995). La geografía propuesta por estos autores tuvo una inspiración eminentemente crítica que serviría como base de la posterior corriente radical. Además de esa inspiración, esta perspectiva geográfica se podría considerar de inspiración ambiental en el sentido integral y coevolutivo de lo ambiental, cómo la relación entre naturaleza-sociedad o ecosistema-cultura (Ángel, 1996) en la que la sociedad hace parte de la naturaleza y está integrada con ella, no la domina ni la controla, no está separada de ella. En este mismo sentido, el ambiente no puede ser entendido como un “mero entorno de la totalidad-sujeto, sino como un componente más de su historia y una inherencia de su complejidad” (Samaja, 2003, p. 119). Esta investigación se inscribe justamente en estas visiones integrales, coevolutivas y de transformación mutua de ambiente y naturaleza.

Así como se muestra en los párrafos anteriores, y teniendo en cuenta que el objeto central de estudio es la sustentabilidad de la relación naturaleza-sociedad, la visión de naturaleza que se aborde en el análisis geográfico es esencial. Urban y Rhoads (2003) plantean la concepción de naturaleza como un elemento central del análisis de la división histórica entre geografía física y humana en un escenario en que se habla de una geografía como ciencia interdisciplinaria y holística, pero en la que los geógrafos físicos no quieren trabajar con los geógrafos humanos y viceversa (Urban y Rhoads, 2003). Ninguna de estas ramas ha entrado realmente en la interfase de la relación entre lo social y lo natural, y continúa disfrutando de la

comodidad del conocimiento especializado y fragmentado, sus lenguajes, sus epistemologías y sus métodos.

Desde este análisis, Urban y Rhoads (2003) señalan que la geografía contemporánea está profundamente marcada por la tradición del dualismo cartesiano y la separación que esta tradición plantea entre la naturaleza y la sociedad. A pesar de la idea de integración que caracteriza a la geografía, ambas ramas se han desarrollado aumentando sus grados de especialización y, cada vez más, “el golfo” que las separa (p. 223). En este sentido, la geografía física se ha suscrito a la concepción de naturaleza que proviene de las ciencias naturales y su objeto de interés es el mundo biogeofísico. Los humanos son considerados únicamente a través de los efectos de sus actividades sobre ese mundo biogeofísico, pero no a través de las motivaciones, percepciones, sentidos de vida o las identidades que hay detrás de estos efectos. Los geógrafos humanos, por su parte, heredaron la perspectiva dualista considerando el espacio biogeofísico irrelevante para la comprensión de las cuestiones sociales (Urban y Rhoads, 2003).

Estos mismos autores proponen que los geógrafos físicos y humanos deberían embarcarse en una nueva era de colaboración para descubrir y comprender la complejidad de la interacción sociedad-naturaleza, para retar la herencia dualista y trascender las limitaciones intelectuales que se han creado en la ciencia geográfica (2003, p. 225). Los autores, además, proponen las cuestiones ambientales como un campo prominente en el que los geógrafos pueden resolver esta dicotomía y reivindicar a la geografía no como una ciencia fragmentada, sino como una ciencia holística e integral.

Dentro de la corriente radical marxista de la geografía, David Harvey (1996) abordó la cuestión de la naturaleza en su trabajo sobre Justicia, Naturaleza y la Geografía de la diferencia, sosteniendo, entre otros argumentos, que las condiciones espaciales y ecológicas son constituidas por y desde los procesos socioecológicos y político-económicos en un espacio geográfico determinado. Adicionalmente, Harvey (1996) sostenía que la comprensión de la dialéctica podría aumentar la comprensión de los procesos socioecológicos y sus transformaciones sin abandonar los conocimientos adquiridos por otros métodos y abordó en este trabajo la cuestión ambiental, planteando la disolución de la ruptura sociedad-naturaleza como una manera para entender la forma particular en la que los organismos de cualquier especie se organizan en diferentes posibilidades y de maneras dinámicas e interactivas (p. 192).

Adicionalmente, planteaba la necesidad de ver al ser humano integrado en la naturaleza a través de una dialéctica que propone como método del materialismo histórico-geográfico con el que busca también disolver el escenario de los opuestos y favorecer esa integración (Harvey, 1996). El trabajo de Harvey aporta otro elemento importante para comprender la cuestión ambiental en geografía, en este caso, desde

la perspectiva radical, ya que no solo retoma la concepción de naturaleza en la teoría Marxista a través de la presentación de la variedad de trabajos que han abordado este tema, sino que pretende explicar algunas de las leyes ecológicas, las cuales son fundamentales para comprender el papel del ser humano y la sociedad en la naturaleza. Entre ellas señala la importancia de la conexión entre los diferentes elementos de los sistemas y de la transformación, pero no destrucción de la energía como parte de una de las leyes de la termodinámica (Harvey, 1996, p. 195). Lo anterior es importante en el sentido en que se observa que, para abordar la cuestión ambiental en geografía, también se debe recurrir a otras ciencias para entender las complejas interacciones entre lo ecológico y lo social, atendiendo su carácter interdisciplinar.

Con respecto a la herencia Marxista y la cuestión de naturaleza y ambiente en la geografía, Harvey (2001) se refirió al sistema población-recursos analizando la perspectiva marxista en contraposición a las perspectivas ricardiana y malthusiana. Al respecto, se señala que la mayor diferencia entre estas perspectivas es la cuestión del método y una visión relacional de este sistema población-recursos, no una visión absoluta. Según Harvey (2001), los recursos no pueden definirse en relación con el modo de producción que intenta utilizarlos, la producción es la que genera un determinado metabolismo, una forma de apropiación y transformación de la naturaleza y se considera como una estructura que precede a cualquier otra estructura de la sociedad (como la política, el conocimiento, la ideología, entre otras superestructuras). Marx y posteriormente Harvey centraron su análisis en las fuerzas de producción y en las relaciones sociales de producción, y, a pesar de que la cuestión productiva es fundamental para entender las relaciones sociales, dejan de lado otras cuestiones que hacen parte del ser social; las motivaciones, las percepciones, las cuestiones simbólicas e inmateriales que también hacen parte de las relaciones de la sociedad con su entorno natural, son elementos esenciales de su metabolismo social.

Al respecto de la relación de la sociedad con la naturaleza, Schmidt (1977) señala que para Marx esta era una relación compleja: por un lado se considera al ser humano como parte de la naturaleza gracias a una serie de relaciones metabólicas interconectadas que implican una interacción sensorial constante con el entorno natural y, por otro, el ser humano es, además, un ser social capaz de organizarse de diversas formas, que pueden autorregularse y transformarse a sí mismas. De esta manera, Harvey indica que “la sociedad crea su propia historia al transformarse y en ese proceso también transforma su relación con la naturaleza” (2001, p. 66). El concepto de *metabolismo* se trae de nuevo a la geografía a través de Harvey y se continúa desarrollando con mucha más fuerza en el trabajo de Swyngedouw (2010). En 2015, durante una conferencia en la Universidad Nacional, Harvey destacó la perspectiva metabólica como una forma de integrar las corrientes física y humana de la geografía a través de una mirada ambiental.

La geografía radical derivada de las ideas marxistas abordó la cuestión ambiental de manera crítica y, a pesar de que su énfasis era netamente humano, sustituyó la noción de *dominio y control* sobre la naturaleza que prevalecía en la geografía cuantitativa por una de producción de naturaleza, de manera que a una visión dualista dominante le proponía una visión dialéctica que buscaba integrar la naturaleza y la sociedad (Montañez, 2009). En esta misma línea, Swyngedouw (2010) consideraba problemática la distinción tradicional entre sociedad y naturaleza, entre naturaleza y cultura, y señalaba que la naturaleza y la sociedad se constituyen como redes de procesos interconectados que son a la vez humanos y naturales, reales y ficticios, mecánicos y orgánicos (Swyngedouw, 2010, p. 11).

El autor argumenta que la sociedad, como organismo vivo, necesita metabolizar la naturaleza y de esta manera la sociedad y la naturaleza se modifican mutuamente, de forma coevolutiva, de una manera propia de la perspectiva sistémica. Además, señala que este proceso de “transformación metabólica” de la naturaleza, visto como un cambio ambiental, es a la vez un proceso histórico y social (Swyngedouw, 2010, p. 11), un proceso socioecológico de coevolución. La producción de naturaleza, para Swyngedouw, es un proceso contradictorio en sí mismo, porque involucra una “destrucción creativa” en la relación naturaleza-sociedad y es un proceso de transformación socioecológica que implica una doble vía en la que aquello que transforma es a la vez transformado por la relación.

De acuerdo con los planteamientos discutidos en párrafos anteriores, es preciso enfatizar que el concepto de *naturaleza* que se propone para este trabajo se enmarca en esta visión coevolutiva y de transformación mutua y bidireccional. No se trata de una naturaleza externa ni estática y no es un escenario físico y pasivo, es un sistema complejo y dinámico cuyos elementos y relaciones se van transformando a la vez que ocasionan una transformación.

1.2.2 La Geografía Ambiental, ¿Un Enfoque Emergente?

A pesar de la fragmentación interna que se ha evidenciado en la historia del pensamiento geográfico entre la rama física y la humana, y del debate sobre su objeto de estudio, es claro que la geografía es la ciencia que se ocupa de la interacción entre la sociedad y la naturaleza y, si el ambiente, entendido como totalidad, también se refiere a las relaciones entre lo natural y lo social, ¿qué sentido tendría hablar de geografía ambiental? ¿Se estaría abordando entonces una redundancia?

Marston (2006, como se citó en Castree *et al.*, 2009) se refirió a la geografía como “la ciencia ambiental original e integradora” por el potencial de la disciplina de ser puente entre las diferentes clases de

especialistas para la comprensión de las relaciones sociedad-naturaleza y Skole (2004) habló de la geografía como una ciencia interdisciplinaria preeminentemente ambiental. La geografía ambiental como subdisciplina de la geografía surge para buscar un espacio común que permitiera la integración de las ramas física y humana de la disciplina (Cooke, 1992) en un contexto histórico en el que los problemas ambientales a nivel global se hacían más evidentes.

De hecho, Cooke (1992) señala tres campos que los geógrafos están en capacidad de abordar para entrar en el terreno común, estos campos están relacionados netamente con lo ambiental: 1. Explorar las bases para la formulación de políticas ambientales, 2. El contexto institucional en el estudio de los asuntos ambientales como interacción entre lo físico y lo humano y 3. El cambio histórico ambiental. A pesar de que ninguno de estos elementos ha sido ajeno a la geografía (lo político, institucional e histórico de la relación sociedad-naturaleza) y ha constituido parte del corpus teórico de la geografía, se hace necesario repensar cada uno de ellos en el escenario de unos nuevos problemas sociales y nuevos contextos históricos y políticos.

En la búsqueda de un campo común para los geógrafos físicos y humanos, Castree (2004) argumenta que así lo ambiental se presente como un enfoque integrador en la disciplina geográfica, durante el siglo XX los geógrafos físicos continuaron estudiando el ambiente desde sus propios lenguajes disciplinarios, así como los geógrafos humanos se valieron de teorías que provenían desde el marxismo hasta el posestructuralismo para explicar lo ambiental (Castree, 2004, p. 79). A pesar de utilizar lenguajes diferentes, la geografía como ciencia ha hecho grandes contribuciones en los estudios ambientales y, a pesar de los retos que enfrenta la integración de sus corrientes, continúa realizando esta contribución.

Antecedentes importantes en el trabajo de integración de las ramas de la geografía son los trabajos sobre geografías relacionales y sobre geografías híbridas. En esta última corriente, en particular, se destacó el trabajo de Sarah Whatmore (2002) sobre el que cabría preguntarse, al igual que con el término geografía ambiental, si la geografía no es híbrida por naturaleza. Si desde la geografía la sociedad es inherente a la naturaleza, está hibridada a ella, ¿no sería redundante hablar de una geografía híbrida? Sin duda la división histórica, aún vigente al interior de la geografía, justifica todos los intentos y desarrollos por buscar un campo común, a pesar de que parezcan redundantes.

De acuerdo con Castree *et al.* (2009, p. 6), la geografía ambiental, en una definición abierta, es cualquier forma de indagación geográfica que considera formalmente algún elemento de la sociedad o de la naturaleza con respecto al otro. Los autores indican que esta definición abre un panorama más amplio de conocimiento y práctica compartida “cuya riqueza y potencial solo comienza a ser aparente una vez

se abandona la visión antigua de una geografía ambiental simétrica” (Castree *et al.*, 2009, p. 6). La característica de simetría a la que se refieren ellos hace referencia a la búsqueda de un equilibrio entre el estudio de lo físico y lo humano al hablar de lo ambiental. Sin embargo, los autores señalan que esta “geografía ambiental simétrica” no es precisamente la que se ha estudiado hasta el momento y que constituye una visión muy estrecha de lo que sería la geografía ambiental.

Es un verdadero reto pretender cerrar la brecha entre las dos ramas de la geografía, más aun teniendo en cuenta que dentro de la misma perspectiva ambiental la investigación geográfica permanece fragmentada (Castree, 2004); no obstante, los esfuerzos continúan desde diferentes miradas y los debates continúan en las diferentes escuelas geográficas a nivel mundial. La escuela francesa de geografía, por ejemplo, continúa dando el debate sobre la necesidad de ver la geografía física y ambiental no como enemigas, sino como “incorporadas en un fructífero continuo científico” (André, 2017, p. 136). La propuesta de esta autora está encaminada a brindar las herramientas para una versión inclusiva de la geografía ambiental que ofrezca un espacio abierto para los geógrafos humanos y físicos, para colaborar en superar la barrera de la división interna que ha creado sobre la geografía.

Desde la mirada latinoamericana, Bocco y Urquijo consideran que la geografía ambiental, más que un campo disciplinario, es una mirada diferente “novedosa, pertinente y necesaria de la ciencia geográfica” (2013, p. 76) y la proponen como aquella perspectiva que permitiría cerrar la brecha entre la geografía física y la humana (Bocco *et al.*, 2011; Bocco y Urquijo, 2013). Adicionalmente, los autores destacan la necesidad de nuevas posturas críticas que contribuyan a comprender la interdisciplinariedad ambiental y señalan que la geografía ambiental no debe perder la unidad geográfica, a pesar de revisar posturas físicas y humanas, discutir las bases teóricas y conceptuales, desarrollar nuevos métodos y relacionarse así con otras disciplinas que trabajan lo ambiental.

En este mismo sentido, sobre la necesidad que señalan los autores de nuevas posturas críticas, es esencial destacar la influencia del trabajo del geógrafo brasileiro Carlos Walter Porto-Gonçalves en la mirada ambiental de la geografía desde una perspectiva crítica, quien ha sido catalogado como uno de los máximos exponentes de la geografía ambiental (Leff como se citó en Porto-Gonçalves, 2004) y como quien “desarrolló la idea de una geografía ambiental” (Vanhulst y Zaccai, 2016, p. 74). Desde la visión de Porto-Gonçalves, el dominio de la naturaleza en los años sesenta no era cuestión de debate, sino una solución al desarrollo; es a partir de ese momento que la cuestión ambiental cobra mayor importancia (Porto-Gonçalves, 2004, p. 22).

La visión del autor es radicalmente crítica frente a la propuesta de desarrollo, la cual equipara a dominio de la naturaleza, pues “ser desarrollado” implica ser urbano e industrial, estar separado de la naturaleza y es sobre esta base que desarrolla sus ideas de lo ambiental (Porto-Gonçalves, 2004). En esta obra, el autor destaca la fuerte influencia de la visión sistémica de Milton Santos en su pensamiento, que fue señalada en párrafos anteriores y además la visión de ambiente como totalidad indisociable de la naturaleza. Indica que “el ambiente es el lugar de convivencia de lo que es diverso, donde naturaleza y cultura son una totalidad compleja y contradictoriamente estructurada” (Porto-Gonçalves, 2004, p. 44). Además de la crítica radical al modelo de desarrollo en el que prevalece el crecimiento económico ilimitado y la idea de progreso, de globalización del mundo capitalista y de dominación, control sobre la naturaleza y separación de ella, el trabajo de Porto-Gonçalves expone la perspectiva de género integrándola como uno de los factores claves, cuando se quiere abordar una perspectiva realmente integral. El autor enfatiza, a lo largo de su análisis el desafío ambiental, la relación de hombres y mujeres con la naturaleza como agentes de apropiación y transformación.

Al tener en cuenta que la cuestión ambiental ha permeado la geografía, entre otras, a través de la crítica a la idea de fragmentación y separación que proviene del pensamiento moderno occidental, a la excesiva cuantificación de herencia positivista, por un lado, y, por otro, al énfasis en la cuestión humana sin realmente abordar la interfase en la cual se encuentran lo natural y lo social, se considera, en el ámbito de esta investigación, que la geografía ambiental en la que se enmarca este trabajo necesariamente se debe contener una mirada crítica que busque no solo interpretar y comprender los problemas ambientales específicos de un territorio, sino promover la transformación en una suerte de mezcla de teoría geográfica y acción política (Blomley, 2008).

1.3 Territorio y Sustentabilidad desde la Integralidad de la Geografía

Las categorías *territorio* y *sustentabilidad* representan una gran complejidad, puesto que han protagonizado intensos debates desde sus orígenes en diversas ramas del conocimiento. Por lo anterior, para llegar a una propuesta de metabolismo territorial para la sustentabilidad, es necesario discutir en primera medida algunas perspectivas sobre el territorio, posteriormente se plantearán algunos de los debates más sobresalientes sobre la sustentabilidad para finalmente dar la entrada a la relación entre metabolismo social y geografía que permite proponer un modelo de análisis para la sustentabilidad.

1.3.1 Perspectivas sobre el Territorio

La categoría de *territorio* es una de las categorías por excelencia en la teoría geográfica. Sin embargo, también ha sido abordada por otras disciplinas como la ciencia política, la arquitectura y el urbanismo, las ciencias sociales, entre otras (Capel, 2016). Esta variedad de disciplinas y de enfoques que estudian el territorio ha generado controversias continuamente sobre el uso del término y, así, se hace indispensable sentar una posición sobre lo que esta categoría significa en esta investigación.

El territorio como categoría de la geografía ha sido un contenedor físico de elementos, una división político administrativa y también un producto histórico de las relaciones sociales con la naturaleza que, a diferencia de la noción de *espacio*, pone de relieve las formas de apropiación de esos espacios y las relaciones de poder. La evolución en el concepto es un reflejo de la continua dualidad sobre la que se ha desarrollado el conocimiento científico, específicamente el geográfico, como se ha mostrado en las secciones anteriores.

Para finales del siglo XIX y la primera mitad del XX, el concepto de *territorio* no tuvo mucha relevancia en la geografía, probablemente porque se trataba de la época de la geografía como ciencia espacial y el concepto central este; sin embargo, era usado en ocasiones como sinónimo de espacio o como unidad político administrativa. Entre los años 1920 y 1960, el concepto de territorio estaba relacionado con la etología, haciendo referencia a la defensa que los animales realizan de su espacio de vida (Barreteau *et al.*, 2016; Elden, 2010). Para entonces, no había un trasfondo crítico en el concepto y se usaba únicamente en relación a la territorialidad de los animales con los espacios que habitaban.

Raffestin (1980) consideraba que el espacio y el territorio no son equivalentes y que para entenderlos es fundamental aceptar que el espacio es anterior al territorio y que resulta definiéndose en relación con él. El territorio es un espacio modificado por el trabajo que revela relaciones de dominación y poder (Raffestin, 1980). La conceptualización de Raffestin denota una visión más crítica, que surge en una época en que surgieron contraposiciones al excesivo acento de la geografía sobre el espacio, como área contenedora, como área susceptible de ser referenciada espacialmente a través de coordenadas, una época en que las corrientes críticas y radicales empiezan a tener protagonismo en la teoría geográfica y a reclamar un enfoque propositivo y transformador.

De acuerdo con Saquet (2015) y Capel (2016), el concepto de territorio surgió a partir de las décadas sesenta y setenta del siglo XX en un contexto de insatisfacción, en medio de un conflicto social inherente

a la organización del trabajo y a la reorganización del territorio en función de la producción (Raffestin y Butler, 2012). Este contexto hace que surja como una categoría crítica en la que son latentes las relaciones de poder y a través de la cual se busca evidenciar las desigualdades sociales, socioespaciales y los procesos de apropiación y transformación. Sin embargo, no solo las geografías crítica y radical utilizaron el concepto, pues en la geografía social se definió como un mediador espacial de toda la vida social (Di Méo, 1999), como un “espacio poderosamente apropiado y vivido por los actores que lo producen, lo representan y lo desean” (Di Méo, 2014, p. 120).

Entre las visiones que representan Raffestin y Di Méo pueden encontrarse similitudes y diferencias en el sentido en que ambas miradas conceptualizan el territorio a partir del concepto de espacio, como algo más allá de este mismo, con ciertas relaciones que le aportan algo. Desde la visión de Raffestin, tal vez la mirada es más hacia lo político y las relaciones de poder sobre estos espacios, no solamente como los “producen, representan y desean”, sino como los “apropian” y cómo de esas relaciones de apropiación emergen desigualdades o injusticias. La geografía social de Di Méo se concentra en la vivencia del espacio, en las representaciones sobre él, en los deseos de los seres humanos sobre esos espacios, pero no da tanta relevancia como Raffestin a las relaciones de poder.

En medio de la ambigüedad de la disciplina geográfica, el territorio emergió como un concepto contradictorio y ambivalente, como un primer instrumento colectivo de la interacción de la sociedad con la naturaleza desde la perspectiva material e inmaterial, “... es el instrumento por medio del cual los hombres, las comunidades, las sociedades toman posesión del mundo y también lo transforman y destruyen poco a poco, si no se previenen de ello” (Raffestin, como se citó en Saquet, 2015, p. 8). En este sentido, las relaciones de apropiación y transformación de los espacios geográficos son de vital importancia para el estudio del territorio y, así mismo, la premisa del autor deja entrever una idea de sustentabilidad al mencionar la “destrucción del mundo”, si no hay una conciencia del sentido de posesión y transformación.

El territorio en su carácter relacional es complejo, multiescalar y se conforma a través de flujos y redes de circulación y comunicación (Deleuze y Guattari, 1985; Gottman, 1975, 2005; Raffestin, 1980; Saquet, 2015), pero no solo es un producto material de flujos y redes, el territorio también refleja la inmaterialidad en cuanto identidad, sentido de pertenencia y apropiación de un espacio. Es la base donde se desarrolla el trabajo, se dan intercambios materiales y además espirituales, es espacio usado y apropiado por un sistema social (Cavalcante, 2008; M. Santos, 2000, 2001). En las ideas de los autores, entra a jugar un papel importante, “el trabajo” como actividad humana, como medio de transformación

a través del cual la sociedad transforma la naturaleza, la metaboliza como lo habría dicho Marx (Foster, 2000).

En el caso particular de Milton Santos, vale la pena destacar la evolución que la categoría de territorio tuvo en su carrera. El trabajo de Moraes (2015) muestra que, en los primeros productos científicos, incluso en su tesis doctoral, la referencia al concepto de territorio era mínima; sin embargo, en los trabajos posteriores a la década del noventa, esta categoría adquirió un significado importante en el que no solo es el resultado de un conjunto de sistemas naturales y de acciones creadas por sistemas humanos. Es una construcción social, un producto de las relaciones de la sociedad con la naturaleza, donde el hombre realiza su historia plenamente a partir de las manifestaciones de su existencia (M. Santos, 2002, p. 9); existe un territorio como espacio de gobernanza y dentro de él territorios diversos, espacios de vida, individual o comunitaria, producto de las relaciones con el entorno y entre los diferentes miembros del grupo social (Fernandes, 2008).

El territorio, en el desarrollo de esta investigación, se orienta hacia la categoría en un sentido más amplio, que trasciende la idea de un área a la cual se imponen unos límites fijos por las divisiones político-administrativas. El territorio es comprendido como el producto de la interacción de sistemas vivos, complejos, naturales y sociales, configurado por relaciones de poder y por formas diversas de apropiación, de transformación y de circulación. Una red de interconexiones con límites difusos en las que circulan flujos materiales e inmateriales que son vitales para que la red perdure en el tiempo, como el agua, la energía y la información. Para que estos flujos circulen, deben ser apropiados, pero ese proceso no se hace sobre elementos aislados, sino que estos hacen parte de un sistema que finalmente es el que es sujeto de apropiación y transformación, e incluso esos elementos a la vez son sistemas.

1.3.2 Debates sobre Sustentabilidad

Así como la categoría de territorio ha estado inmersa históricamente en un continuo debate, principalmente, dentro de la geografía, las ciencias sociales y políticas, la sustentabilidad ha sido también una categoría polémica y no solo en el ámbito académico sino también a nivel político y social. Dentro de la esfera académica, el debate sobre la sustentabilidad ha sido central en los estudios ambientales; sin embargo, también ha sido parte de las discusiones de la teoría geográfica (física y humana), especialmente, en las últimas décadas. El abordaje de un concepto tan ambiguo y polémico implica poner en discusión algunas definiciones sobre el término y algunas de las principales críticas, para, de esta

manera, construir una definición propia desde la investigación que se articula con los paradigmas y teorías discutidos en numerales anteriores.

Para entrar en la discusión de las definiciones de sustentabilidad, es necesario volver la mirada a las diferencias que se encuentran con el término *sostenibilidad*, especialmente, porque en la literatura existente en español sobre estos términos o sobre el desarrollo sostenible/sustentable, en la mayoría de las ocasiones, se utilizan indistintamente sin hacer aclaraciones sobre una diferencia. Incluso en algunos ámbitos académicos, el debate se considera estéril, es decir, no es necesaria una diferenciación, puesto que al traducir el término a otros idiomas solo hay una forma de referirse a él; en inglés *Sustainability*, en francés *Durabilité*, en italiano *Sostenibilità* y en portugués *Sustentabilidade*. Sin embargo, esta investigación considera importante aclarar las razones por las cuales se trabaja alrededor de la sustentabilidad y no de la sostenibilidad.

A pesar del uso indistinto de los términos en la literatura en español, se ha encontrado que, especialmente en Latinoamérica, a raíz de la consolidación del pensamiento ambiental latinoamericano, se han diferenciado los términos *sustentable* y *sostenible* con el fin de alejarse de las posiciones hegemónicas de organismos internacionales, como las Naciones Unidas y los gobiernos de países industrializados (Rivera-Hernández *et al.*, 2017). Se ha optado por el uso del término *sustentabilidad* en lugar de sostenibilidad por considerar que esta surgió a partir del concepto de *desarrollo sostenible*, propuesto en el documento Nuestro Futuro Común, conocido como Informe Brundtland (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987). En este no se puso en discusión el término *desarrollo*, entendido como crecimiento económico ilimitado y considerado como una de las causas estructurales de la crisis ecológica actual (Manifiesto por la Vida. Por una ética para la Sustentabilidad, 2002; Rivera-Hernández *et al.*, 2017).

Rivera-Hernández *et al.* (2017) y Cortés-Mura y Peña-Reyes (2014) ponen en discusión la diferenciación de los términos y parten del análisis de la etimología y las definiciones de los conceptos. De acuerdo con los autores, gramaticalmente, los términos pueden considerarse sinónimos y, por lo tanto, su uso podría ser indistinto, como es evidente en la literatura y en los diversos ámbitos sociales y políticos. Sin embargo, los autores también señalan que, a nivel del significado que se ha otorgado a los términos en las diferentes regiones y al uso del mismo especialmente en el contexto de organizaciones latinoamericanas (principalmente de Argentina, México y Chile), se puede notar el uso distinto de los términos sustentabilidad y sostenibilidad después de la presentación del informe Brundtland y la realización de la Cumbre de Río de Janeiro en 1992.

Breilh (2010) también plantea la necesidad de diferenciar estos términos en el sentido en que “el paradigma de la sostenibilidad se liga imperceptiblemente con la idea de mantener el modelo social imperante, pero ajustando ciertos parámetros 'desajustados' para permitir la continuidad” (p.96). No se trata solamente de un modelo social imperante, sino de uno económico que privilegia el crecimiento ilimitado y desconoce la conexión con lo natural. En palabras del autor, “el paradigma de la sustentabilidad se inclina hacia la búsqueda de cambios profundos sociales y filosóficos, no solo para un desarrollo sustentable, sino para la creación de sociedades sustentables” (Breilh, 2010, p. 97). La *sustentabilidad* es un concepto multidimensional que busca potenciar unas condiciones para que los sistemas socioecológicos puedan sostener una vida digna (Breilh, 2010).

En esta misma línea, son esenciales tres de los planteamientos del Manifiesto por la vida. Por una ética para la sustentabilidad, elaborado en 2002 por los participantes del Simposio sobre Ética y Desarrollo Sustentable para la elaboración del concepto de sustentabilidad y publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estos planteamientos se relacionan fundamentalmente con el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza, la definición de una nueva visión y comprensión del mundo, y la necesidad de cambiar las concepciones dominantes de racionalidad económica y tecnológica que legitiman la dominación, la insustentabilidad ecológica y la inequidad social (Rivera-Hernández *et al.*, 2017).

En palabras del Manifiesto por la vida. Por una ética para la sustentabilidad (2002):

El concepto de sustentabilidad se funda en el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza, así como la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio. El concepto de sustentabilidad promueve una nueva alianza naturaleza-cultura fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y la tecnología, y construyendo una nueva cultura política fundada en una ética de la sustentabilidad, en valores, creencias, sentimientos y saberes que renuevan los sentidos existenciales, los mundos de vida y las formas de habitar el planeta Tierra. (p. 2)

Es necesario destacar la participación del geógrafo brasileiro Carlos Walter Porto-Gonçalves en la construcción de este concepto, quien, junto con el mexicano Enrique Leff, consolidaron una alianza recíproca de gran importancia en lo que Vanhulst y Zaccai (2016) han identificado como el “período post- Brundtland” dentro del análisis discursivo del concepto *Sustainability* en Latinoamérica. Como se mencionó anteriormente estos autores destacan a Porto-Gonçalves como el precursor de la geografía ambiental (Vanhulst y Zaccai, 2016, p. 74).

Esta investigación encuentra consonancia con la visión de sustentabilidad planteada por los autores del Manifiesto por la vida, precisamente, por considerar que el concepto de sustentabilidad se construye en función de la relación de la naturaleza con la sociedad y no de la sociedad, la naturaleza y la economía como factores aislados, y mucho menos de la economía como dimensión predominante. Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que la sociedad, la naturaleza y la economía, desde la perspectiva sistémica, son sistemas abiertos, acoplados y complejos que se interrelacionan continuamente y, como sistemas, aunque difusos, tienen unos límites. También es de vital importancia para este análisis la reorientación de la ciencia y la tecnología como plataformas de adaptación de la cultura y como formas en las que la sociedad metaboliza la naturaleza, para construir colectivamente trayectorias más sustentables donde se renueven las formas de habitar, apropiar los espacios y configurar los territorios.

La propuesta de Aguilar (2017) sobre el concepto de sustentabilidad también se encuentra en correspondencia con esta perspectiva sistémica, resaltando la necesidad de problematizar la relación naturaleza-sociedad y destacando, a su vez, que la sustentabilidad no debe ser vista como una meta, sino como una relación. Así mismo, basándose en las propiedades de los sistemas complejos desde la termodinámica, propone que no se deben tratar los sistemas sociales, ecológicos y económicos como si estuvieran aislados, sino que, por el contrario, es necesario enfocarse en la conexión. El enfoque termodinámico de esta visión retoma los conceptos de transferencia de materia y energía, y características como la irreversibilidad de los procesos, propias de los sistemas complejos adaptativos (Aguilar, 2017).

Adicionalmente, el autor realiza dos críticas fundamentales en lo que se refiere a los aspectos culturales de la relación sociedad-naturaleza y al enfoque netamente ecológico en muchas interpretaciones sobre sustentabilidad. En cuanto al tema cultural, resalta la importancia de tener presente la diferencia entre las visiones occidentales del mundo y otras formas de ver la relación de la naturaleza y la sociedad, que se pueden encontrar en las tradiciones orientales y en las comunidades indígenas o pueblos originarios. En cuanto a lo que el autor considera un excesivo enfoque en lo ecológico en muchas propuestas, hace énfasis en que el concepto de sustentabilidad se desarrolla en un contexto donde también interactúan cuestiones económicas, sociales y políticas (Aguilar, 2017).

Estas críticas proponen una visión equilibrada para las interpretaciones y análisis que se hacen sobre la sustentabilidad, teniendo en cuenta la necesidad de abordar la integralidad en cuanto se incorporan las dinámicas culturales que son esenciales para la configuración de los territorios, así como el equilibrio dinámico que debe existir en un análisis de sustentabilidad, al considerar las interacciones

socioecológicas. Si bien la base natural y material de la existencia humana está en los sistemas ecológicos, la sustentabilidad se debe interpretar a la luz de las dinámicas históricas, políticas, culturales, económicas e institucionales de los sistemas sociales para comprender verdaderamente la interacción.

Además del paradigma sobre el cual se construyen los conceptos, es esencial analizar el trasfondo ideológico que aleja la sustentabilidad de la sostenibilidad que ha sido mencionado en párrafos anteriores. En el caso del concepto de sostenibilidad, este no emerge de una discusión sobre qué es lo que se busca sostener y, al identificar el desarrollo con el crecimiento económico, se entiende que finalmente lo que se busca sostener en el tiempo es el modelo de desarrollo hegemónico que surgió después de la segunda guerra mundial, a partir del discurso de Harry Truman en 1949 (Escobar, 2007), un crecimiento entendido como “agregados monetarios homogéneos de producción y sus derivados” (Naredo, 2004, p. 12).

Este concepto ha sido catalogado como ambiguo, vacío de contenido, que, a pesar de hablar de un mundo habitable para las futuras generaciones, no ha generado realmente un cambio en las prácticas de los gobiernos, las empresas y los ciudadanos (Brown, 2016; Casellas, 2010; González de Molina y Toledo, 2014; Naredo, 2004; Swyngedouw, 2007; Toledo, 2019). Casellas (2010), basado en las ideas de Swyngedouw (2007) considera que la concepción de sostenibilidad que derivó del informe Brundtland ha instrumentalizado el problema ambiental por la lógica de acumulación capitalista.

En este mismo sentido, Lawhon y Murphy (2012) reconocen una crítica desde la geografía al concepto de sostenibilidad no solo por su ambigüedad, imprecisión y su falta de aplicabilidad, sino porque consideran que también ha sido cooptado por formas neoliberales de capitalismo. Por su parte, desde la geografía urbana anglosajona, Davidson (2010) argumenta que el desarrollo sostenible ha operado cínicamente hablando acerca de cambio, cuando en la práctica ha permanecido operando de la misma forma.

A pesar de asociar el surgimiento del concepto de sostenibilidad con el informe Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987), estudios como los de Naredo (2004), Brown (2016), Vanhulst y Zaccai (2016) y Harlow *et al.* (2013) han presentado antecedentes del mismo en contextos como la publicación de *La Primavera Silenciosa* de Rachel Carson en los años sesenta, de los límites del crecimiento propuestos por el Club de Roma en 1972 y la propuesta de ecodesarrollo de Ignacy Sachs en la misma década, que, de hecho, no fue bien recibida por la diplomacia norteamericana. En la década de los ochenta, Brown *et al.* (1987) examinaron el concepto de sustentabilidad desde diferentes disciplinas y autores que ya para entonces sostenían que, como sociedad, nos encontrábamos

en caminos de insustentabilidad. Los autores revisaron las formas en que el concepto era definido entonces, en función del uso de recursos biológicos, forestales y de pesca, de la capacidad de carga, de agricultura, energía, sociedades, economía o desarrollo sostenibles, entre otras maneras en que se veía la sustentabilidad, e intentaron clarificar su uso en el contexto global (Brown *et al.*, 1987). Huckle (2014) hizo también una completa revisión histórica del concepto de sostenibilidad desde 1500 hasta la actualidad.

Aún con estos antecedentes, el informe Brundtland se considera un hito importante en la medida en que es a partir de su publicación que se institucionaliza el concepto de desarrollo sostenible y comienza a ser un paradigma central y hegemónico, a través del cual se orientaron las políticas ambientales en muchos países, pero que finalmente no comprometieron un cambio real. La versión hegemónica de sostenibilidad continuó atada a la lógica dominante de las instituciones y ha sido incapaz de cambiar el *statu quo* (Brown, 2016, p. 126).

Los geógrafos no han estado al margen de esta discusión y mucho menos alejados del concepto de sustentabilidad. De hecho, Lawhon y Murphy (2012) ya destacaban hace diez años que la sustentabilidad se estaba convirtiendo rápidamente en un problema central de la geografía por su capacidad de vincular las diferentes dimensiones urbanas, económicas, políticas y ecológicas. Sin embargo, también señalaban que la capacidad de proponer estrategias reales aún permanecía inalcanzable y que hacía falta continuar avanzando para cerrar la brecha entre la teoría y la práctica y avanzar en el conocimiento de dinámicas de transición hacia caminos más sustentables (Lawhon y Murphy, 2012).

En medio de toda la potencialidad de la geografía para abordar los análisis para la sustentabilidad también se encuentran interesantes diferencias entre las ramas física y humana de la geografía en la forma de abordar la relación. La perspectiva humana de la geografía, que va direccionada a una propuesta de geografía ambiental, ha sido más crítica e incluso radical (Casellas, 2010; Swyngedouw, 2007), mientras que la rama física se ha concentrado en priorizar los análisis cuantitativos sin darle trascendencia al debate sobre las cuestiones epistemológicas del concepto. Fu (2020) estudió estadísticamente la relación entre geografía y sustentabilidad en la última década partiendo de lo que él identifica como una ventaja natural de la geografía para el estudio de la sustentabilidad desde una perspectiva transdisciplinar. No obstante, se concentra más en las potencialidades de cuantificación y la influencia de los sistemas sociales, o el abordaje acerca de lo humano se reduce a la cuantificación y modelación.

Day (2017), por su parte, analiza la contribución de la geografía física al estudio de la sustentabilidad aunque tampoco pone en discusión el trasfondo del término, usado en su trabajo *sensu lato* (Day, 2017,

p. 2), señalándolo únicamente como una “ambigüedad constructiva”, sin un análisis de la definición ni las implicaciones que esto puede tener para los estudios en el tema. El estudio se concentra en una revisión y análisis bibliográfico sobre el trabajo publicado en revistas europeas y norteamericanas con contribuciones de India, China y Marruecos, y, a pesar de que destaca algunas contribuciones de la geografía física a los estudios de sustentabilidad como “la perspectiva espacial, la comprensión de las relaciones naturaleza-sociedad y la habilidad de reconocer, interpretar y proyectar el cambio ambiental y sus impactos” (Day, 2017, p. 1), se mantiene en una línea cuantitativa y, en el momento en que se considera el factor humano, se hace desde una perspectiva unidireccional.

Huckle (2011) realiza aportes a la relación geografía y sustentabilidad a través de la perspectiva de la educación geográfica, destacando la importancia de entender la sustentabilidad desde la visión de las relaciones entre sistemas biofísicos y sociales que permite su desarrollo mutuo hacia caminos más sustentables. Su propuesta reta el dualismo clásico entre sociedad y naturaleza, vincula la complejidad y critica algunas perspectivas de la geografía que se han mostrado “ciegas” al capitalismo neoliberal global y a la relación de las crisis económica y ecológica (Huckle, 2011). A partir de esta posición, destaca que los geógrafos, desde una perspectiva crítica, deben apostar por formas radicales de democracia y ciudadanía que les dé el poder y el conocimiento a las personas para comprender el desarrollo mutuo entre lo humano y lo no humano.

Establecer consensos entre la variedad de definiciones y críticas al concepto de sustentabilidad desde las diversas ciencias e incluso desde las diferentes ramas de la geografía no es una tarea fácil, aún más teniendo en cuenta que muchas definiciones como lo sustenta Brown (2016) se han construido a partir de la negación, de lo que se considera insustentable del modelo actual más que de las características de una sociedad sustentable. En este sentido, para esta investigación, se considera esencial retomar la propuesta de Capra y Luisi (2014) en su visión sistémica de la vida, quienes, partiendo de esta misma idea de que las concepciones de sustentabilidad presentadas hasta ahora no dejaban de ser “exhortaciones morales”, en el sentido de recordarnos la responsabilidad para con las futuras generaciones, no nos decían nada sobre cómo construir una sociedad sustentable.

Desde esta visión sistémica de la vida, que permea todas las ciencias, los autores proponen una definición de sustentabilidad tomando como ejemplo el funcionamiento de los ecosistemas o sistemas naturales y su habilidad inherente de sustentar la vida. En este sentido, una comunidad humana es sustentable si se piensa de manera que “sus formas de vida, su economía, sus estructuras físicas y sus tecnologías no interfieran con la habilidad inherente de la naturaleza de sustentar la vida” (Capra y Luisi, 2014, p. 353). El desarrollo de estas comunidades sustentables evoluciona sus patrones de vida en continua interacción

con otros sistemas vivos, humanos y no humanos, de manera que permanece en un cambio constante, en un proceso de coevolución continua.

De acuerdo con Capra y Luisi (2014), el primer paso para la construcción de esta sustentabilidad es comprender el proceso de la vida. Capra (2015) señala que, este proceso, en el lenguaje científico moderno, es llamado metabolismo, “el incesante flujo de materia y energía a través de una red de relaciones que permite a los organismos vivos continuamente generarse, repararse y perpetuarse a sí mismos en el tiempo” (p.243). La comprensión del metabolismo se basa según el autor en dos aspectos fundamentales: el primero, los continuos flujos de materia y energía que requieren los sistemas vivos para sostenerse, y el segundo, la red de relaciones (a ciertos niveles reacciones químicas) que une estos flujos, los apropia, los transforma, los circula y los excreta, y que forma toda la base de las estructuras, funciones y determina los comportamientos (Capra, 2015). Esta idea sistémica de sustentabilidad, que comparten los autores mencionados en párrafos anteriores, sumada a la concepción ética planteada por los autores de El Manifiesto por la Vida y a la propuesta y crítica de los exponentes de la geografía ambiental, serán la base de la perspectiva de sustentabilidad que se desarrolla en este trabajo.

1.4 Metabolismo social y Geografía. Una Propuesta de Metabolismo Territorial

El metabolismo social es un enfoque teórico y metodológico que surgió en la segunda mitad del siglo XX como una analogía biológica para el análisis de la relación sociedad-naturaleza a través de los intercambios de materia y energía, considerando la sociedad y la naturaleza como sistemas (Fischer-Kowalski, 1997, 1998; Fischer-Kowalski y Weisz, 1999). Con esto en mente y teniendo en cuenta que la relación sociedad-naturaleza es un objeto de estudio central de la geografía, esta investigación integra el enfoque metabólico y la teoría geográfica, en particular, la geografía ambiental, evidenciando la compatibilidad teórica entre estas visiones y la retroalimentación entre ellas en el sentido de los aportes de la geografía al metabolismo social y viceversa.

En esta sección, en primera medida, se desarrolla el concepto de *metabolismo social* y se discute alrededor de la estrecha relación con la geografía, resaltando la perspectiva sistémica como eje central en esta relación. En segunda instancia, se propone el metabolismo territorial como un modelo de interpretación para la sustentabilidad que integra algunas de las categorías de análisis del metabolismo social y de la geografía, especialmente, en lo referente a los estudios sobre el territorio.

1.4.1 *Metabolismo y Geografía*

El metabolismo social se ha consolidado en las últimas décadas como un poderoso enfoque (Toledo, 2013) para el análisis de la sustentabilidad de las relaciones sociedad-naturaleza, otorgando un marco teórico y metodológico robusto y coherente con la complejidad de estas relaciones y de los escenarios actuales (González de Molina y Toledo, 2014; Infante-Amate *et al.*, 2017). Sin embargo, Toledo (2013) y González de Molina y Toledo (2014) reconocen que, en algunos casos, se ha utilizado únicamente como una herramienta metodológica en la que ha quedado ausente el marco teórico y conceptual que lo sustenta y que se ha concentrado particularmente en la cuantificación física del intercambio material y energético, dejando de lado la dimensión social.

Panez-Pinto *et al.* (2018) señalan que las tendencias en los estudios desde la economía política abordan el metabolismo social sin evidenciar la dimensión biofísica de los flujos de materia y energía y, desde la economía ecológica, se enfocan en la cuantificación de flujos sin profundizar en los aspectos sociales y políticos que interactúan en las dinámicas socio-metabólicas. Al respecto de lo anterior, uno de los pilares teóricos de esta investigación es rescatar las raíces geográficas del concepto de metabolismo social para nutrir este enfoque con ayuda de la teoría geográfica, especialmente, en lo referente a los estudios del territorio y así aportar elementos para profundizar en el análisis de la dimensión social del metabolismo.

Los orígenes del uso de la analogía del metabolismo para referirse a la relación sociedad-naturaleza se remontan a Karl Marx, quien la utilizó en su obra clásica *El Capital* para definir el proceso del trabajo (Foster, 2000; Swyngedouw, 2004; Toledo, 2013). García-Palacios (2019) analiza con detalle la presencia del término *Stoffwechsel* (metabolismo – cambio material) en las obras de Marx anteriores a *El Capital* (desde los *Grundrisse* (1857-1858) hasta las *Notas sobre Adolph Wagner* (1880)) y concluye que, en estas obras anteriores, el uso del término era más bien intuitivo y que es en *El Capital* donde “la intuición de juventud que se ha ido desarrollando a lo largo de su obra queda perfilada y conceptualmente completa” (García-Palacios, 2019, p. 141).

Es, entonces, en el primer tomo de su obra clásica donde Marx hace alusión al proceso de metabolismo social en el sentido de intercambio orgánico, de cambio material, de apropiación de la naturaleza por parte de la sociedad a través del trabajo, como “un proceso entre el hombre y la naturaleza, un proceso en que el hombre media, regula y controla su metabolismo con la naturaleza” (Marx, 2010, pp. 215–216). Si bien es un concepto importante para su análisis del modo de producción capitalista, lo utilizó

como una analogía para proponer definiciones básicas para su obra, pero no lo desarrolló con mayor detalle en el resto de esta.

Al analizar las razones del uso de esta analogía orgánica por parte de Marx, se encuentran influencias importantes acerca de desarrollos conceptuales que se estaban haciendo en el siglo XIX, particularmente, en la teoría de metabolismo celular de Theodor Schwann y de la fisiología animal y vegetal de Jacob Moleschott, en cuanto al análisis del intercambio de materia y energía de un organismo con su ambiente (Fischer-Kowalski, 1998; García-Palacios, 2019; Toledo, 2013). También, habían sido importantes los avances en la química orgánica por parte de Justus von Liebig en la primera mitad del siglo XIX y, sin duda, el trabajo de Charles Darwin sobre el origen de las especies en 1859 (Swyngedouw, 2004; Toledo, 2013). La influencia de las ciencias naturales en Marx es relevante, puesto que evidencia la capacidad de integración en su pensamiento de los conocimientos provenientes de diferentes disciplinas, desde el ámbito social, económico o político, con lo proveniente desde la ciencia natural para establecer este tipo de análisis y relaciones.

Adicionalmente, estas influencias evidencian la cuestión escalar en el concepto metabólico, en cuanto no solo se aplicó para el estudio de la célula, sino que se transfirió al estudio de los tejidos, los órganos, los organismos y en los desarrollos posteriores a los intercambios materiales y energéticos en poblaciones, comunidades y ecosistemas. Al respecto, Fischer-Kowalski (1998) rescata los debates en la biología y en la ecología sobre el uso del concepto de metabolismo desde la célula hasta el ecosistema. Este punto evidencia una compatibilidad importante en lo que se refiere a la teoría geográfica, en donde las cuestiones de escala han sido históricamente relevantes, no solo en términos de espacio, sino también a nivel temporal. Por su parte, la categoría de territorio, como se mencionó en anteriores secciones de este capítulo, también tiene como característica la multiescalaridad.

A pesar de la metáfora de Marx en cuanto al metabolismo para referirse a la relación sociedad-naturaleza no es sino hasta la década del sesenta del siglo XX que esta idea toma fuerza, en particular, para el análisis de la cuestión ambiental que ya en ese momento empezaba a tornarse crítica, especialmente en los países del norte que ya llevaban varias décadas en la consolidación de la revolución industrial y el capitalismo como modelo económico. Además, en esta época, se empezaban a evidenciar los impactos sociales sobre la desigualdad, la inequidad e injusticia derivadas de la idea de desarrollo que tomó fuerza después de la Segunda Guerra Mundial, como se ha mencionado.

En este sentido, es importante abordar el concepto de fractura o ruptura metabólica, que hace referencia a una fisura generada por el modelo económico capitalista en la relación sociedad-naturaleza, en su

metabolismo. En esencia, este quiebre metabólico se refiere a la disrupción de los ciclos naturales, ciclos biogeoquímicos y de agua, flujos naturales de energía que se han dado en la naturaleza por millones de años (Walsh, 2020). La idea de desarrollo como crecimiento económico ilimitado, sustentada en este modelo capitalista, generó drásticas transformaciones en la agricultura, en la demanda de alimentos y, así, en una alta degradación de los suelos (Panez-Pinto *et al.*, 2018). Este concepto de quiebre es central en el análisis que Porto-Gonçalves (2016) realiza a la luz de las luchas por los territorios, por la tierra entendida más allá de un medio de producción, como un horizonte de sentido para la vida e incluso de las luchas por la Tierra, como geosistema, “cuyo colapso ambiental manifiesta la ruptura metabólica que la racionalidad técnico-científica está llevando a la humanidad y al planeta” (Porto-Gonçalves, 2016, p. 2).

En la historia del metabolismo social, Fischer-Kowalski (1998) señaló las contribuciones de la geografía social como antecedente fundamental en la consolidación del concepto; particularmente, hace referencia al trabajo de Thomas (1956) que compiló las discusiones y presentaciones de la conferencia realizada en 1955 titulada *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, considerada el primer panel interdisciplinario en abordar los problemas ambientales generados por el desarrollo humano (Fischer-Kowalski, 1998). Si bien la autora destaca la influencia de los aportes de esta conferencia como una raíz intelectual de lo que sería unos años más tarde el metabolismo social, también resalta el trabajo de Ernst Neef, geógrafo alemán, quien se refirió en 1969 explícitamente al metabolismo entre la sociedad y la naturaleza como un problema central de la geografía.

A pesar de estas raíces, los estudios geográficos en décadas posteriores no consolidaron una corriente de trabajo desde la perspectiva metabólica hasta la época contemporánea del siglo XXI, en la que la rama crítica de la geografía ha rescatado esta analogía. Lo anterior se evidencia en el trabajo de los geógrafos ingleses Maria Kaika y Erik Swyngedouw, quienes han estudiado la circulación de flujos de agua en las ciudades desde la ecología política (Kaika, 2005; Swyngedouw, 2004, 2010) y, en sus trabajos, han incluido explícitamente el enfoque metabólico y el concepto de metabolismo y los procesos de circulación y transformación, especialmente Swyngedouw (2009a, 2010).

En esta misma línea, los geógrafos estadounidenses Newell y Cousins (2015) analizaron específicamente los límites y potencialidades del metabolismo urbano para analizar los procesos en la ciudad. Haciendo referencia a Swyngedouw, y de acuerdo con algunas de las raíces del metabolismo señaladas en párrafos anteriores, los autores analizan la producción bibliográfica sobre el metabolismo urbano de las dos décadas anteriores y proponen el enfoque de la ecología urbana política-industrial, como una manera en

que los geógrafos pueden usar el metabolismo como metáfora para un análisis más integral del espacio urbano (Newell y Cousins, 2015).

En el contexto latinoamericano se destaca el trabajo del geógrafo brasileiro Carlos Walter Porto-Gonçalves, quien ha dado cuenta en sus investigaciones del concepto de metabolismo social como metáfora para analizar la relación sociedad-naturaleza, particularmente en lo referente a la ruptura (o fractura) metabólica, las luchas por la tierra y la reapropiación de la naturaleza (Porto-Gonçalves, 2016). Ahora bien, así como el trabajo de Swyngedouw ha estado influenciado por David Harvey, el trabajo de Porto-Gonçalves tiene una profunda influencia de Milton Santos, ambos referentes teóricos importantes sobre la categoría de territorio, influenciados, además, por el pensamiento de Karl Marx.

La teoría de metabolismo social, desde sus inicios ha recibido aportes de las ciencias naturales y sociales (Fischer-Kowalski, 1998; Fischer-Kowalski y Hüttler, 1999) y ha buscado su correspondiente articulación (Panez-Pinto *et al.*, 2018). Una idea que ha sido clave para el análisis metabólico es la comprensión de la sociedad, la economía y la naturaleza como sistemas abiertos y complejos con características propias como la autoorganización, la irreversibilidad de procesos, la resiliencia y la capacidad de adaptación. Esta idea se ha mantenido en todas las disciplinas que han abordado el metabolismo y es la clave de la compatibilidad de la teoría geográfica con el metabolismo social, es su eje central.

Como se ha discutido en el primer numeral de este capítulo, el concepto de sistema ha sido integrador, tanto en la geografía física como en la geografía humana, y se ha mantenido vigente desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. Es más, cobra aún más vigencia en la actualidad por la urgencia que los complejos escenarios actuales demandan de la geografía como una ciencia interdisciplinar y transdisciplinar. Es por esto que la geografía es llamada a hacer los aportes necesarios a los estudios de sustentabilidad, por sus características transdisciplinares, como lo plantea Fu (2020), porque la sustentabilidad requiere transdisciplinariedad y esto es una ventaja natural de la geografía (Fu, 2020).

En el discurso de Porto-Gonçalves, se recoge este elemento central del análisis de la compatibilidad teórica del metabolismo y la geografía, en cuanto se refiere al concepto del geosistema citando a Sochava, exponente de la perspectiva sistémica en la geografía soviética, mencionado en la sección 1.1.2 de este capítulo (Sochava, 1978). Porto-Gonçalves la utilizó a la luz del análisis de los monocultivos y la fractura metabólica que este modo de producción agrícola ha generado, señalando que el metabolismo de un determinado geosistema ya no depende del flujo de materia y energía que se da dentro de los límites del mismo sistema, sino de insumos externos como los fertilizantes químicos y de “mucho agua y mucha

energía, incluso para transportar lo que se produce/extrae a distancias cada vez mayores” (Porto-Gonçalves, 2016, p. 12). Esta interpretación de los procesos de industrialización de la agricultura y los impactos que estas transformaciones han tenido en las zonas rurales serán de vital importancia en la construcción de la propuesta de metabolismo territorial como modelo de interpretación para la sustentabilidad que se plantea más adelante.

La visión sistémica y la influencia de la termodinámica en la geografía es también evidente en el análisis de Porto-Gonçalves (2016) sobre la ruptura metabólica de la revolución industrial al señalar que la invención de la máquina de vapor hizo creíble el mito de que no había límites para el desarrollo económico y tecnológico, para la acumulación ilimitada de capital. Gracias a un desarrollo como este, fue posible generar cambios drásticos e irreversibles y afectar profundamente las relaciones ecológicas que soportan la vida. En este desarrollo tecnológico que marcó un antes y un después en la manera de transformar la naturaleza, no se consideró que los sistemas vivos son *autopoieticos* (concepto que proviene de los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela), es decir, que tienen la capacidad de autoorganizarse, reproducirse y mantenerse por sí mismos. Tampoco parecía que se considerara que la segunda ley de la termodinámica, sobre la producción de entropía como disipación de calor, no es reversible. La energía disipada por esas máquinas de vapor y los cambios generados en los suelos y en los ecosistemas con su uso no son reversibles y han afectado profundamente esa característica esencial de los sistemas vivos.

En el trabajo de Swyngedouw (2009a, 2010) también hay una constante alusión a la visión sistémica, de procesos y específicamente al metabolismo como proceso social e histórico de transformación, de producción de naturaleza, como proceso socioecológico. En este análisis del metabolismo, el autor argumenta la cuestión central de la coevolución, señalando que, en el proceso en que las relaciones sociales metabolizan el ambiente natural, se transforma tanto la sociedad como la naturaleza. El significado literal de la palabra metabolismo, en alemán *Stoffwechsel* denota un “cambio de materia” que a la vez implica circulación, intercambio y transformación (Swyngedouw, 2009a). Estos son precisamente algunos de los procesos generales de metabolismo social a los cuales se refieren Gonzáles de Molina y Toledo (2014) al desarrollar el concepto.

Algunos de estos procesos generales de metabolismo, especialmente de apropiación, circulación, y transformación han sido mencionados anteriormente en la conceptualización de la categoría de territorio. Es a través de ellos y de la perspectiva sistémica que se materializa la reintegración del metabolismo social a la geografía y se da la entrada a la construcción de una propuesta de metabolismo

territorial como modelo de interpretación de la sustentabilidad, contribución teórica de esta investigación.

1.4.2 El Metabolismo Territorial como Propuesta desde la Geografía.

Esta sección retoma elementos discutidos en acápites anteriores con el fin de relacionarlos y construir la concepción del metabolismo territorial como propuesta de análisis e interpretación de la sustentabilidad. Se trae, a este proceso de conceptualización, un aspecto central de la compatibilidad entre metabolismo social y geografía, que es la perspectiva sistémica que continúa siendo el eje central del trabajo y así mismo de esta contribución teórica. Además, hay características propias de esta perspectiva que, como se mostró, han hecho parte de la teoría metabólica y del discurso geográfico, especialmente en la última década. En este sentido, se trata de características como la coevolución en la relación naturaleza-sociedad, la retroalimentación, la autoorganización de los sistemas y la irreversibilidad de los procesos.

Como parte esencial de esta propuesta, se retoman también coincidencias entre algunos elementos conceptuales del metabolismo social y de las perspectivas sobre el territorio, discutidos en el numeral 1.3.1, en particular, en referencia a la posición conceptual asumida desde esta investigación. En este sentido, es esencial traer a este punto el concepto de territorio como una red producto de la interconexión entre sistemas socioecológicos. No es solo un producto material de intercambio de flujos y redes formadas de estos flujos, sino un reflejo de la inmaterialidad en cuanto a identidad, pertenencia y sentido de apropiación. Una red donde flujos como el agua, la energía y la información conectan los diversos sistemas a través de procesos metabólicos de apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción. Estos flujos que relacionan los sistemas socioecológicos-territoriales (naturaleza-sociedad) son esenciales para la sustentabilidad, pues gracias a ellos no solo se mantiene en el tiempo la capacidad de la naturaleza de sostener la vida sino de la sociedad para mantener sus relaciones de identidad y pertenencia a través de las redes de comunicación.

En la perspectiva sistémica de Capra, la red es un concepto fundamental, pues es el patrón a través del cual los sistemas se organizan; las redes para Capra y Luisi (2014) son ejemplos de patrones de organización característicos de los sistemas vivos. Así, indican: “Donde quiera que veamos vida, vemos redes y donde quiera que veamos redes vivas observamos flujos cíclicos. Esta es una parte esencial de la comprensión sistémica de la vida” (Traducción propia de Capra y Luisi, 2014, p. 359). El concepto de redes trae implícita la idea de retroalimentación; por ejemplo, visto desde el sistema social, las redes de

comunicación generan retroalimentaciones y así es que pueden autorregularse a sí mismas. Los autores señalan que una comunidad, por ejemplo, que mantiene una red activa de comunicación puede aprender de los errores que ha cometido previamente, porque las consecuencias de esos errores se habrían diseminado por toda la red y regresarían a través de un bucle de retroalimentación (Capra y Luisi, 2014, p. 96).

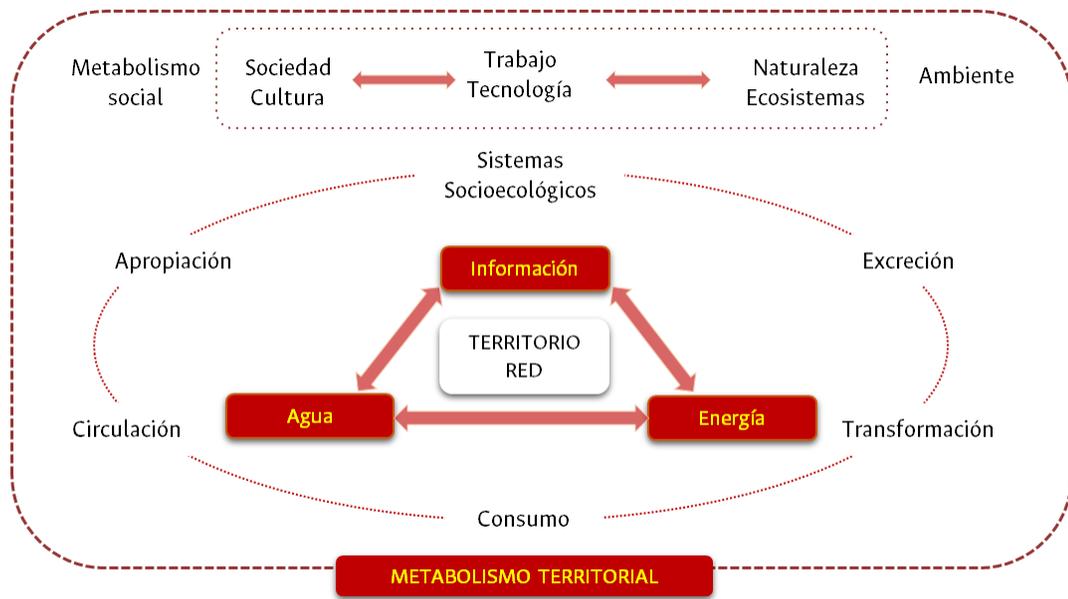
Esta idea coincide con lo planteado desde la perspectiva sistémica de la geografía de Brunet, señalada en el numeral 1.1.2, donde la estabilidad del sistema se da gracias a las retroalimentaciones y, como ejemplo, también señala que una cultura puede corregir los daños de la anterior. Incluso la mirada de Brunet hace referencia no solo a la característica de retroalimentación, sino a la entropía, concepto propio de la termodinámica que se ha asociado a una idea de “desorden”. El autor señala que esta se expresa en “los daños generados por una cultura”. Estos últimos podrían equipararse, por ejemplo, con los impactos generados por un invento como la máquina de vapor, a la que hizo referencia Porto-Gonçalves y que fue señalada en la sección 1.4.1, o con los impactos generados por un modelo de desarrollo depredador de la naturaleza que ha causado una fractura metabólica de la relación naturaleza-sociedad y cuyas retroalimentaciones se perciben en el colapso ambiental y en la crisis civilizatoria que enfrenta la humanidad en la actualidad.

Otro elemento de compatibilidad entre el metabolismo social y el desarrollo conceptual del territorio tiene que ver con el concepto de trabajo. Para Cavalcante (2008) y Santos (2000,2001), el territorio es la base donde se desarrolla el trabajo, se dan intercambios materiales y espirituales, y, desde la perspectiva metabólica el trabajo, es un proceso a través del cual el ser humano media, regula y controla su metabolismo con la naturaleza (Foster, 2000). En este sentido, el territorio es la base donde el ser humano, organizado como sistema social, metaboliza la naturaleza a través del trabajo, el territorio es la base donde se desarrolla el metabolismo y se conceptualiza el metabolismo territorial. Como base no es únicamente escenario físico, sino base material e inmaterial, es red producto de las relaciones metabólicas que se dan entre la sociedad-naturaleza, producto de la interconexión de flujos de agua, energía e información que se dan en los procesos de apropiación, circulación y transformación.

Para desarrollar este concepto de metabolismo territorial, se analizan precisamente los procesos de apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción, procesos en los que circulan flujos como el agua, la energía y la información, de manera coevolutiva, en el tiempo y en el espacio, de manera multiescalar. La Figura 1-1 esquematiza la propuesta de metabolismo territorial destacando los procesos y categorías a través de los que se estudia el metabolismo de un territorio, entendido como una red, se señala la interacción naturaleza-sociedad de donde surgen los sistemas socioecológicos y se destaca la

relación entre ambiente, metabolismo social y trabajo/tecnología. La propuesta detallada para asumir el análisis de cada uno de estos procesos y categorías se detallará en el siguiente capítulo, que corresponde a la propuesta metodológica y a los métodos sugeridos para abordar esta contribución no solo desde lo teórico y conceptual, sino desde lo metodológico tomando como categorías de análisis el agua, la energía y la información.

Figura 1-1: *Esquema Conceptual del Metabolismo Territorial.*



Nota. Elaboración propia

1.5 Consideraciones Finales de los Caminos Teóricos del Metabolismo Territorial

De acuerdo con lo que se ha discutido en este capítulo, esta investigación se inscribe en una ontología y una epistemología complejas y relacionales, inspiradas en gran medida en la visión sistémica del proceso de la vida propuesta por Fritjof Capra, proceso que puede analizarse a través del metabolismo en todas sus escalas. Esta visión sistémica parte de una relación intrínseca e indivisible entre naturaleza y sociedad, como sistemas acoplados, mutuamente interdependientes que coevolucionan en el tiempo y en el espacio.

Así las cosas, para dar respuestas a las preguntas de investigación planteadas, esta investigación se enmarca teóricamente en una corriente ambiental de la geografía como ciencia interdisciplinaria con

perspectiva histórica, que busca justamente integrar elementos teóricos y metodológicos de la disciplina geográfica con la mirada del metabolismo social. En este marco de teorías, la naturaleza no es ni ha sido escenario físico ni testigo inerte de las relaciones sociales, sino que es actor y, a la vez, sistema y red. Es protagonista, es base y asiento material e inmaterial de la sociedad, con quien coevoluciona en un contexto espacial y temporal determinado.

Este marco ontológico-epistemológico y teórico se combina con una visión crítica en el sentido en que busca, además de hacer un aporte al conocimiento científico en general y a la teoría geográfica en particular, contribuir a una verdadera, necesaria y urgente transformación en la forma en que, como sociedad, nos relacionamos con la naturaleza. Sin lugar a dudas, la sociedad actual debe transformar su relación con la naturaleza, la forma de entender y de conocer su territorio desde la complejidad que lo subyace, desde el reconocimiento de los ciclos y flujos vitales, como el ciclo hidrosocial, de la información y las formas de transformación de la energía.

En este sentido, se aporta desde la construcción de una propuesta de metabolismo territorial a partir de una geografía ambiental con perspectiva histórica, que involucra a los actores humanos y no humanos en el RE-conocimiento del territorio desde otras miradas más integrales y que, a su vez, vincula esos ciclos y flujos con las relaciones sociales históricas que han transformado los territorios a través del tiempo y que pueden conducirlos a escenarios de futuro que propendan por no interferir en la capacidad inherente de la naturaleza de sustentar la vida.

2. METABOLISMO TERRITORIAL. ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

El metabolismo territorial se presentó en el capítulo anterior como una propuesta teórica y conceptual producto de esta investigación, que evidencia la necesidad del trabajo interdisciplinario entre la geografía, como ciencia integral que estudia el territorio, y los estudios ambientales, en los que el metabolismo social se destaca como marco de análisis para la sustentabilidad. Este capítulo presenta la aproximación metodológica de esta propuesta teórica y conceptual, que se sustenta en un enfoque sistémico, integral y complejo, debido a que involucra la comprensión del territorio como un sistema-totalidad y de los componentes de este sistema, sus relaciones y las interacciones con otros sistemas más que solo de estos elementos aislados o la simple suma de las partes.

La primera sección presenta algunas consideraciones generales sobre el enfoque metodológico, el método mixto adoptado y las categorías de análisis que se definieron para la investigación; la segunda sección presenta la categoría de análisis del ciclo de la información en la construcción del metabolismo de un territorio; la tercera parte se refiere a la interpretación de coberturas de la tierra y análisis multitemporal de cambios; posteriormente, en el cuarto apartado, se explican las dinámicas del ciclo hidrosocial, y la quinta sección examina las formas de energía, sus procesos de transformación, concluyendo con el estudio de la energía como flujo social, especialmente, desde la geografía. En cada sección, se explica el proceso metodológico, las técnicas (cuantitativas y/o cualitativas) y los datos utilizados en la recolección, sistematización y análisis de información.

2.1 Consideraciones Generales del Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico de esta investigación corresponde a un enfoque sistémico que es plural en cuanto a los métodos de análisis, las técnicas utilizadas y a su respectiva integración a través de las categorías de análisis. Busca, desde el pluralismo metodológico, analizar las estructuras subyacentes a los

sistemas para entender sus contextos, los patrones de organización, autoorganización y ciclos de retroalimentación, características de sistemas complejos (Capra y Luisi, 2014), como los sistemas socioecológicos (SSE) (Berkes *et al.*, 2003; Holling, 2001). Precisamente, es la perspectiva sistémica, eje central de la base teórica definida en el capítulo anterior, a partir de la cual se define el territorio como una totalidad, una red de interconexión de SSE cuyos componentes son también sistemas (subsistemas) que interactúan entre sí y con los demás.

El territorio se considera la categoría de análisis central y, como subcategorías derivadas, se seleccionaron el agua, la energía y la información, alrededor de las cuales se analizan las relaciones de apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción, las cuales, a su vez, son procesos generales de metabolismo social que, analizadas a la luz de la categoría de territorio, sientan las bases de una perspectiva metabólica territorial. Durante el desarrollo de la investigación, emerge la cobertura de la tierra como una variable de análisis transversal para el estudio de la dinámica socioecológica-territorial del agua y de la energía.

Además, la investigación propone la integración de los conceptos de SSE y territorio para definir una unidad de análisis híbrida para el metabolismo territorial, esto es el sistema socioecológico-territorial (SSET). Esta categoría emergente se nutre de elementos de ambas categorías, el territorio es central y se define, entre otros elementos, con ayuda de la interacción de SSE, como se ha mencionado. Sin embargo, es esencial rescatar algunos de los elementos que cada categoría ofrece para la consolidación de esta categoría conceptual híbrida del SSET.

El SSE, al surgir de las ciencias naturales como la ecología y la biología, pone un énfasis mayor en el funcionamiento de los ecosistemas, de los ciclos biogeoquímicos, del agua y las formas de transformación de la energía y en cómo, a partir de estas funciones, se ofrecen beneficios a la sociedad. Por su parte, el territorio, desde su origen en la geografía, ofrece el foco en otros aspectos que pasan a menudo desapercibidos en la dimensión social del enfoque de los SSE, al develar las relaciones de poder (Raffestin, 1980), identidad y pertenencia a un espacio geográfico, un espacio vivido, habitado y apropiado que es producto de flujos de circulación y comunicación (Saquet, 2013, 2015).

El territorio como producto social e histórico entreteje materialidad e inmaterialidad (Raffestin y Butler, 2012) y es el producto de una acumulación desigual de tiempos, pasados, presentes y futuros, geológicos y humanos. En este, interactúan diversos SSE, se articulan los ciclos y flujos de estos sistemas, se expresan sus relaciones en las coberturas de la tierra y también circula la información desde el individuo hasta la sociedad, entre estos y la naturaleza, en un ciclo que interconecta la generación de conciencia, el

conocimiento, las redes, las fuentes de información, la comunicación y la toma de decisiones, un ciclo que se retroalimenta continuamente. Así, el agua, la energía y la información, como flujos físicos y sociales, se entretajan en los SSET a través de las coberturas de la tierra y están interrelacionados entre sí en diferentes niveles y escalas.

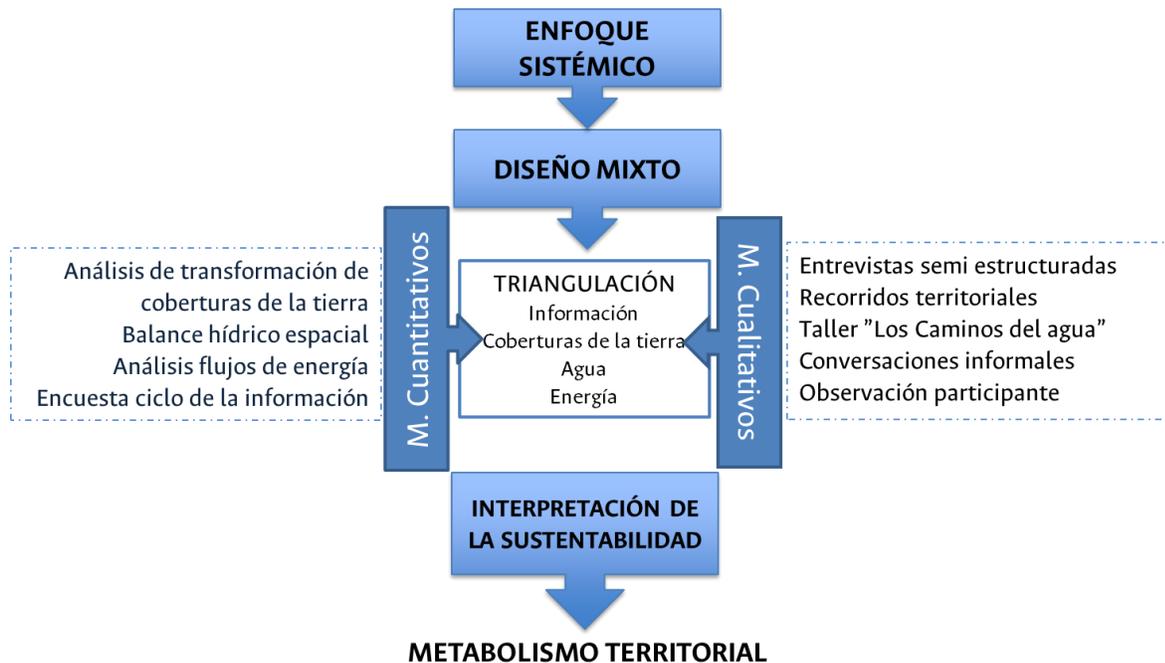
En coherencia con este enfoque metodológico y con la complejidad que subyace la problemática de estudio, la investigación aplicó un diseño de método mixto utilizando información cualitativa y cuantitativa, e integró técnicas de ambos tipos para las fases de recolección de información, sistematización y análisis. La triangulación de la información cualitativa y cuantitativa se realizó a través de las categorías de análisis agua y energía desde el diseño de los instrumentos de recolección de información y su posterior sistematización y análisis. De acuerdo con Yeager y Steiger (2013), la unión de métodos cuantitativos y cualitativos puede conducir a la innovación metodológica para una mejor comprensión de las relaciones entre fenómenos espaciales y también puede ayudar a entender las complejas relaciones entre naturaleza-sociedad.

Los métodos mixtos en geografía han estado presentes en medio de los debates históricos acerca de las diferentes perspectivas epistemológicas que han permeado esta ciencia interdisciplinaria (positivistas, humanistas, postestructuralistas, entre otras) (Elwood *et al.*, 2010). Estas, y sus diferentes métodos, se han considerado incompatibles y cada corriente ha defendido sus tipos de datos y técnicas de análisis sobre las demás. A pesar de lo anterior, paradójicamente los métodos mixtos en geografía han sido aplicados por décadas y han mostrado, a través de diversas reflexiones epistemológicas y metodológicas, que es posible la integración para construir puentes entre visiones que se creían contrarias e incompatibles (Elwood *et al.*, 2010).

Así como plantean Elwood *et al.* (2010, p. 94), el compromiso activo de la geografía con los métodos mixtos ofrece una gran oportunidad para crear formas diversas de hacer investigación que integren las diferencias metodológicas y epistemológicas de las perspectivas que se han mostrado incompatibles. Muchas de estas diversas formas creativas de hacer investigación geográfica, las cuales rompen las barreras disciplinares a nivel epistemológico y metodológico, se encuentran recogidas en la serie de artículos escrita por De Lyser y Sui (2012; 2013; 2014). En coherencia con esta visión sobre los métodos mixtos, esta investigación considera que los métodos cuantitativo y cualitativo pueden ser complementarios y no excluyentes ni incompatibles. De esta forma, el enfoque de método mixto aplicado se basa en el uso de múltiples tipos de datos, técnicas de análisis y formas de conocimiento y usa estos diversos elementos para relacionarlos unos con otros y responder a las preguntas de investigación.

La Figura 2-1 presenta el esquema general del diseño metodológico en el que se integran los métodos cualitativo y cuantitativo. Las técnicas utilizadas en cada método se diseñaron en función de las categorías de análisis; en particular, las cualitativas se aplicaron para las cuatro categorías y en el caso de las cuantitativas se aplicó una técnica por categoría. La sistematización de la información y posterior triangulación se realizó en función de las categorías, como se mencionó en párrafos anteriores.

Figura 2-1: *Esquema General del Diseño Metodológico*



Nota. Elaboración propia

El diseño metodológico no consideró subordinación de un método sobre otro, por el contrario, se trabajó de manera simultánea el método cuantitativo y el método cualitativo aplicando técnicas de ambas naturalezas. Los dos tipos de métodos se consideran esenciales para responder a los objetivos de investigación, debido a que cada uno tiene un propósito que da una visión más integral del fenómeno de estudio, desde la naturaleza descriptiva, analítica y explicativa del método cuantitativo, integrada con la naturaleza comprensiva y profunda del cualitativo a través de las categorías de análisis definidas. Ambos métodos en esta investigación fueron guiados por la perspectiva sistémica sobre la cual se basa todo el proceso investigativo.

2.2 El Análisis de la Información en la Construcción del Metabolismo de un Territorio

El ciclo de la información es uno de los elementos claves de la teoría de sistemas desarrollada por Odum (Abel, 2014) y es fundamental para el análisis de las relaciones naturaleza-sociedad, de los SSE acoplados en una red que se reconoce como un territorio. La información es un concepto utilizado en un amplio rango de perspectivas disciplinares, en la ingeniería, las ciencias matemáticas y computacionales, en las ciencias sociales y políticas, y, por supuesto, en ciencias naturales como la biología y la ecología. Se puede definir de manera general como un conjunto de datos ordenado acerca de “algo” o “alguien” que es producido, almacenado, procesado, circulado o transmitido. De acuerdo con Adami (2016, p. 1), la información es un concepto central en la vida diaria, algo útil, es aquello que “permite hacer predicciones con una mayor precisión que el azar” y tomar decisiones de cualquier naturaleza. También, se relaciona con el conocimiento obtenido de un sistema de estudio determinado, que ayuda en los procesos de toma de decisiones o en la generación de política pública.

La información, así como la energía y los materiales, fluye entre sistemas y entre componentes de los sistemas en diferentes jerarquías. Teniendo en cuenta lo anterior, en esta investigación, se aborda la información como un flujo que circula por diferentes fases o etapas más que como un conjunto aislado de datos, un flujo que entra a dicho ciclo en una etapa de generación de conciencia, continúa con la producción de conocimiento, la formación de redes, el análisis de fuentes, la comunicación y la toma de decisiones² (ver Figura 2-2) y, posteriormente, se inicia un nuevo ciclo en el que generalmente se produce mejor información. Dentro de ese proceso, se analiza la información sobre el agua y la energía que es producida por los SSET. Las relaciones que producen estos sistemas generan, a su vez, diferentes tipos de información que los mismos retroalimentan y que generan cambios internamente para adaptarse a perturbaciones y realizar sus procesos naturales de autoorganización y adaptación, característicos de los sistemas complejos como el SSET que se analiza en este estudio.

Es preciso tener presente que la autoorganización para Odum es fundamentalmente “un proceso constructivo, un proceso en el cual los sistemas desarrollan aquellas partes, procesos y relaciones que

² Este ciclo fue construido con base en la asesoría brindada por el profesor Timothy O. Randhir director The Massachusetts Center for Water Resources de la Universidad de Massachusetts, quien impartió un módulo en la asignatura de posgrado en geografía: Organización socioeconómica del espacio y efectos ambientales, durante su visita al departamento de Geografía de la Universidad Nacional -Sede Bogotá- en el año 2018.

capturan la mayoría de la energía” (Abel, 2014, p. 4). Esta energía la usan de la manera más eficiente posible en sus procesos sin reducir el flujo de energía a través del sistema, configurando así el principio esencial de la autoorganización conocido como *empoderamiento máximo* (*maximum-empower*) (Abel, 2014). Tanto Adami (2016) como Abel (2014) abordan la relación entre información y energía, entendiendo que, a pesar de estar relacionadas, no tienen el mismo significado.

Figura 2-2: *Etapas del Ciclo de la Información*



Nota. Elaboración propia

En este ciclo de la información son fundamentales los actores humanos y no humanos, puesto que son elementos constituyentes del territorio, quienes lo configuran, entre otras cosas, a través de la información. Los actores humanos se forman ideas sobre los actores no humanos, y, de una u otra forma a través, de determinados procesos biológicos en la mente, generan una conciencia sobre estos, reconocen su existencia. A través del lenguaje y los espacios de construcción social y colectiva, se producen conocimientos, saberes que se obtienen a través de la experiencia o a través de discursos científicos formales. La autoorganización de esos espacios de construcción social y colectiva, y el fortalecimiento y consolidación de la producción de conocimiento producen relaciones interna o externamente conectando a estos espacios con otros de construcción social en otros lugares de la región, la ciudad, el país o el mundo entero.

Para Maturana y Varela (como se citan en Capra y Luisi, 2014) el conocimiento es la actividad involucrada en la autogeneración y en la autopropagación de las redes vivas. Los procesos de autoorganización de sistemas ecológicos o sociales (o su interrelación, los SSE) pueden equipararse al

proceso de la vida; para estos autores, esos procesos de autoorganización son procesos cognitivos. Las relaciones de organismos vivos, plantas, animales o humanos con sus entornos son interacciones cognitivas (Capra y Luisi, 2014). Así, las interacciones que producen conocimiento crean redes, a nivel externo y a nivel interno, con actores humanos y no humanos, y a diferentes escalas y niveles de relación.

Manteniendo la misma línea de la visión sistémica, como se ha mencionado en secciones anteriores, las redes son el patrón básico de organización de los sistemas vivos (humanos y no humanos). La producción de conocimiento se basa en información que proviene de diferentes fuentes primarias y secundarias, de documentos (literarios, técnicos, científicos, etc.). Además, puede provenir de la experiencia, entendiendo que las formas de vida, de relación y de habitar los entornos son fuente de conocimiento también. Toda esta información que viene circulando, que ha sido transmitida, que ha producido conocimiento y que ha generado redes, se comunica de diversas formas entre los diferentes actores por diferentes medios, escritos, audiovisuales, orales para, finalmente, llegar a un proceso de toma de decisiones a nivel individual o social en el que también median las relaciones de poder.

Estos procesos que configuran el ciclo de la información sobre agua y energía en un territorio son analizados en esta investigación a través de la aplicación de las diferentes técnicas cualitativas presentadas en la Figura 2-1, que se detallan en el Anexo B, y una técnica cuantitativa que corresponde a una encuesta titulada “El ciclo de la información sobre el agua y la energía” que se encuentra en el Anexo A. Esta encuesta fue aplicada a diversos actores, desde actores sociales que habitan el territorio hasta actores institucionales, como funcionarios de entidades territoriales, concejos municipales, organizaciones no gubernamentales constituidas formalmente y otras instituciones no formales que hacen parte del territorio.

2.3 Las Coberturas de la Tierra y su Transformación, Elementos de Integración

Como se mencionó anteriormente, la cobertura de la tierra es una categoría transversal en la investigación y surge como categoría emergente, dada su alta relevancia en el estudio de las dinámicas del agua y de la energía en los diferentes sistemas que se analizan para este estudio. El análisis de transformación de coberturas se basa en la comparación de fotografías aéreas e imágenes satelitales de un mismo espacio geográfico en diferentes momentos en el tiempo, con el objetivo de identificar cuáles han sido las principales transformaciones de las coberturas y cuál ha sido la distribución espacial de estas transformaciones.

De esta manera, y sumado al análisis de la cartografía temática disponible, se analizó el cambio en las coberturas, la consolidación de los sistemas de producción, el proceso de degradación de ecosistemas estratégicos y, en general, el grado de intervención, apropiación y transformación humana sobre el territorio. El uso de fotografía aérea e imagen satelital dependió de la disponibilidad y la calidad de las fotografías e imágenes de satélite del área de estudio. Teniendo en cuenta esta disponibilidad de información y la temporalidad de análisis de esta investigación (desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad), se seleccionaron cuatro momentos para el análisis, a saber: 1958 (fotografía aérea disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)), 1987 (imagen Landsat resolución espacial de 30 m), 2010 (imagen Landsat 7 resolución espacial de 15 m) y 2020 (imagen Sentinel resolución espacial de 10 m)³.

Las fotografías aéreas fueron georreferenciadas, las imágenes satelitales se procesaron y compilaron en QGIS®, y se realizó la respectiva corrección atmosférica⁴. Para todos los períodos, se tomó como referencia visual el mapa de coberturas de la tierra Corine Land Cover (CLC) 2010-2012 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). De este, se extrajo el área de estudio y se identificaron las clases de coberturas para ese año. Posteriormente, se realizó una clasificación visual para 1958, 1987 y 2020, tomando como referencia el mapa anterior (2010), y se dibujó cada polígono sobre la georreferenciación de la fotografía aérea de 1958 y las imágenes de 1987 y 2020, además de que se identificaron las clases y los cambios con respecto al año 2010. Para este caso se prefirió la clasificación visual en lugar de la clasificación supervisada, debido a que no se contaba con un buen contraste entre las clases para las imágenes de trabajo (e.g. conflicto entre arbustales y herbazales en zonas de páramo) y, al usar este método, se mezclaban las firmas espectrales.

Posteriormente, se convirtieron los mapas resultantes de formato vector a formato ráster y se realizó el análisis de cambios de coberturas en el programa IDRISI® en el módulo *Land Change Modeller* entre los períodos 1958-2020, 1987-2020, 1987 a 2010, 2010-2020. De esta manera, se generaron los mapas de cambios de coberturas y se rastrearon las transiciones de clases en cada uno de los períodos. Estos mapas se acompañan de una matriz de cambios y permanencias en las que se cuantifica el área de cada clase que permanece constante, las pérdidas o ganancias y el cambio neto (ver Anexo D).

³ Imágenes descargadas del portal Earth Explorer de USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>)

⁴ El procedimiento fue realizado por John Fredy Camacho, geógrafo y especialista en análisis espacial de la Universidad Nacional de Colombia.

Los resultados de este análisis, en términos de coberturas predominantes y cambios principales, se integraron con los análisis resultantes de la representación espacial del balance hídrico y del análisis de flujos energéticos y, con ello, se analizó la influencia de las coberturas en las dimensiones socioecológicas-territoriales del agua y de la energía. También, se complementaron estos resultados con información primaria, recolectada a partir de las técnicas cualitativas presentadas en la Figura 2-1, técnicas en las que se abordaron las principales transformaciones del territorio en relación al uso del agua, la energía y el suelo.

2.4 El Ciclo Hidrosocial en el Metabolismo Territorial

El agua es uno de los elementos de mayor importancia en la naturaleza con respecto al desarrollo de la vida humana y no humana. Es necesaria para los seres humanos y para el equilibrio dinámico de la naturaleza y, además, es inherente a las relaciones sociales, políticas y de poder. Es por esta complejidad de interacciones y por su conexión holística con todos los elementos, flujos y relaciones que el agua es una de las categorías centrales de este estudio. El modelo de interpretación para la sustentabilidad territorial, producto de esta investigación, tiene como una de sus bases conceptuales la dinámica socioecológica-territorial del agua, que es posible comprender a través del ciclo hidrosocial, un marco de análisis que evidencia la integración inherente de las dinámicas socioecológicas del agua desde la perspectiva territorial, un enfoque híbrido (Swyngedouw, 2009b) y dialéctico-relacional (Linton y Budds, 2014), que busca superar la dicotomía naturaleza-sociedad, discutida en el capítulo anterior. El marco analítico del ciclo hidrosocial emergió en la geografía crítica y en la ecología política radical del agua y ha sido trabajado, entre otros autores, por Swyngedouw (2004, 2009a, 2009b, 2013), Linton (2008, 2009) y Linton y Budds (2014) desde hace casi dos décadas.

Estudiar la dinámica socioecológica territorial del agua a través del ciclo hidrosocial implica analizar no solo los procesos hidrológicos desde la idea de flujos naturales de agua sino también entenderlos como “agentes de cambio y organización social” (Linton y Budds, 2014, p. 176). Esta comprensión implica un proceso socioecológico (socio-natural) de coevolución en el que las sociedades transforman sus entornos naturales, específicamente sus entornos hidrológicos o caminos del agua (ríos, lagunas, quebradas, riachuelos, arroyos, pozos, bosques), pero estos últimos transforman a esas sociedades también. Es un proceso socio-natural híbrido en el cual “el agua y la sociedad se hacen y se rehacen mutuamente en el espacio y en el tiempo” (Traducción propia de Linton y Budds, 2014, p. 175).

El ciclo hidrosocial entreteje las relaciones sociales, culturales, económicas, institucionales, políticas, biogeofísicas y ecológicas que emergen entorno al agua, las redes sociales que se entretejen, la

información que se produce alrededor de este elemento, las decisiones que se toman sobre ella, sus procesos de transformación histórica, las tecnologías desarrolladas para manejarla y las relaciones de poder que la permean, y, como producto de estas relaciones, los territorios que se configuran en torno al agua. Este concepto se construyó sobre la base de una dialéctica hidrosocial basada en la perspectiva metabólica de Marx y su visión dialéctica del proceso de trabajo (Swyngedouw, 2004), perspectiva que fue discutida en el capítulo anterior. Al respecto, Martínez y Peniche (2020) propusieron, basados en Swyngedouw (2013), un enfoque hidrosocial que integra el ciclo hidrológico clásico con la perspectiva del metabolismo social⁵. A partir del trabajo de Swyngedouw (2004), Linton y Budds (2014), y Martínez y Peniche (2020), se construye la Figura 2-3 que esquematiza el ciclo hidrosocial propuesto para esta investigación y orienta el camino metodológico para el estudio del agua como una categoría central del metabolismo territorial.

Esta perspectiva del ciclo hidrosocial, como se observa en la Figura 2-3, interrelaciona los procesos biogeofísicos y ecológicos que constituyen el ciclo hidrológico en su concepción clásica, que involucra entre otros la acumulación y regulación de los ecosistemas, lo que Linton y Budds (2014) definen como “la materialidad del agua”. También se interrelacionan los procesos sociales que se estructuran a través de construcciones discursivas, lenguajes, relaciones sociales y específicamente relaciones de poder. Además, las formas en las que esta sociedad interviene en el manejo de la calidad o cantidad de agua a través de la tecnología (infraestructura) constituye no solamente prácticas materiales, sino orientaciones políticas, ideológicas y culturales. Todo esto teniendo como marco el proceso metabólico del agua en sus procesos generales de apropiación, transformación, distribución (circulación), consumo y excreción⁶.

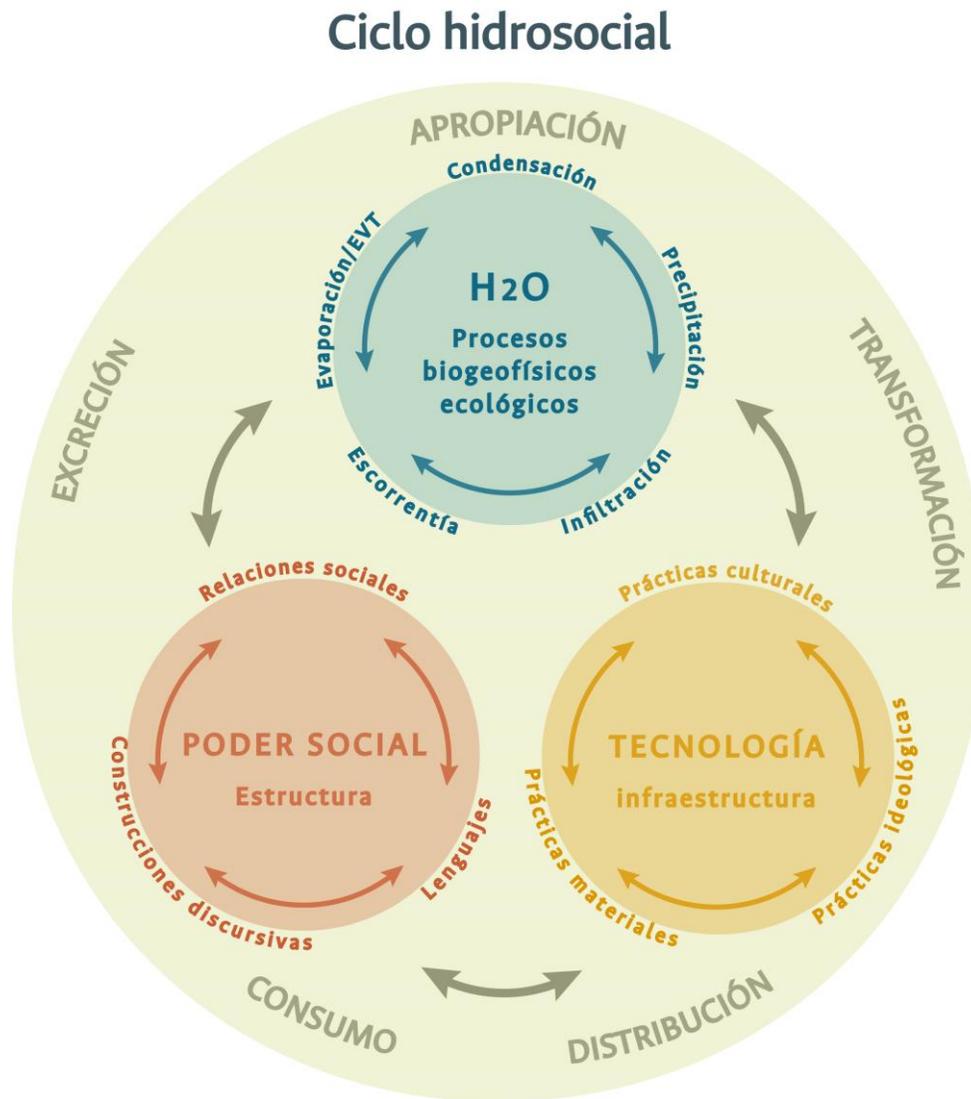
El estudio de los procesos biogeofísicos y ecológicos que configuran “la materialidad del agua” o explican sus “flujos naturales” se realizó con base en una aproximación a la representación espacial del balance hídrico y a la información disponible sobre la demanda y la calidad de agua, y los sub-ciclos relacionados al poder social y a la tecnología se estudiaron a partir de las técnicas de investigación cualitativas presentadas en la Figura 2-1, detalladas en el Anexo B. En particular, en los talleres “Los Caminos del Agua”, diferentes actores sociales, principalmente asociaciones de usuarios de agua, a través de escritos, dibujos, mapas mentales y cartografía social, compartieron de manera individual y colectiva

⁵ Vale la pena resaltar que estos estudios se han aplicado principalmente a dinámicas urbanas mientras que en la presente investigación se busca aportar al estudio de las dinámicas rurales. Aunque estas tienen una estrecha relación con las urbanas, es necesario considerar las dinámicas propias del mundo rural, aún más en un país como Colombia.

⁶ Dentro de la perspectiva del metabolismo hídrico que analizan Martínez y Peniche (2020), el proceso de circulación es trabajado como un proceso de distribución.

su conocimiento frente a las fuentes, los usos, las tecnologías, los ecosistemas y otros elementos y relaciones alrededor de los caminos que toma el agua desde su nacimiento hasta sus usos y, posteriormente, hacia donde se dirige después de ser utilizada, es decir, sobre el metabolismo hídrico del que ellos son parte y con el que han coevolucionado en el tiempo.

Figura 2-3: *Esquema del Ciclo Hidrosocial Propuesto para la Investigación*



*Nota. Elaboración propia con base en Martínez y Peniche (2020); Snyngedouw (2004) y Linton y Budds (2014).
Diseño realizado por Carolina Cortés Guzmán.*

2.4.1 H₂O, la Materialidad del Agua: Balance Hídrico, Usos y Calidad

El balance de agua o balance hídrico es una técnica cuantitativa de análisis basada en la ley de conservación de la materia que se encarga de estudiar el ciclo hidrológico, concepto que emergió en el mundo científico en 1931 gracias a Robert Horton (Linton, 2008; Linton y Budds, 2014). Esta técnica ha sido utilizada para describir “los fenómenos y procesos del curso de la circulación natural de agua sobre la superficie de la tierra” (Traducción propia Horton, 1931 citado en Linton y Budds, 2014, p.171). Los flujos de agua que circulan naturalmente pueden ser de entrada, de salida o flujos acumulados dentro de los límites de un sistema definido y, de acuerdo con Horton, son independientes de la acción humana.

Esta idea de ciclo hidrológico es una abstracción conceptual que describe la presencia y circulación de agua en un área del planeta. Si bien no es una fotografía exacta de la realidad, puede dar una tendencia o un indicativo de la situación con respecto al agua en un área determinada. Sin embargo, no debe ser visto únicamente como un concepto meramente científico, sino también “como una construcción social con consecuencias políticas” (Linton y Budds, 2014, p. 171). Como se ha mencionado antes, el agua es un elemento complejo, está constantemente en movimiento y cambia de un estado de la materia a otro dependiendo de la energía que reciba. Puede ser líquida como en los arroyos, quebradas o ríos, puede ser sólida como el hielo o la nieve o puede ser gaseosa como el vapor de agua que forma las nubes y, además, puede tener tantos significados o clases como relaciones sociales produce (Linton y Budds, 2014).

Este ciclo se repite una y otra vez en el planeta desde hace millones de años; no obstante, la cantidad y calidad de los flujos que circulan depende de la organización, la estructura y la función de los ecosistemas que son componentes claves en la regulación de este ciclo, la dinámica climática y los tipos de suelo. Además, también depende de la organización social y económica, la orientación de las políticas y las instituciones, pues son estos sistemas socioeconómicos, políticos e institucionales los que con sus actividades transforman los ecosistemas, modifican las coberturas de la tierra y afectan el suelo con los diferentes usos, ya sea de manera positiva o negativa.

En el caso de una cuenca, entendida como un territorio producto de la interacción de SSE o, mejor, como un SSET, es posible hacer un acercamiento al proceso de circulación natural de agua a través de la técnica del balance hídrico en la que se considera como flujo de entrada la lluvia o precipitación y, como flujos de salida la evapotranspiración, la infiltración y la escorrentía superficial. La oferta de agua o el agua disponible en un área determinada de la cuenca corresponde, en términos generales, al agua de escorrentía superficial más la infiltrada en los sistemas hidrogeológicos (subterránea); la suma de estas

es la que los pobladores y los ecosistemas necesitan para desarrollar sus funciones y actividades, autoorganizarse y mantenerse en el tiempo.

La evapotranspiración depende de la energía del sol, la temperatura y las coberturas de la tierra, mientras que la infiltración y la escorrentía superficial, además de las coberturas, están en función del tipo de suelos y la geología del territorio de estudio. Algunas texturas de suelo en combinación con determinadas formaciones geológicas favorecen la infiltración y, de esta manera, permiten el almacenamiento del agua en sistemas acuíferos; otras, menos permeables, favorecen la escorrentía o escurrimiento superficial. Así, se pueden encontrar en los territorios sistemas (domésticos o productivos) que se abastecen con agua proveniente de corrientes superficiales, como ríos o quebradas o de sistemas subterráneos, como acuíferos.

La ecuación general que describe el balance hídrico en un área determinada es:

$$P = EVT + E + I$$

(2-1)

Donde P corresponde a la precipitación, EVT equivale a la evapotranspiración, E a la escorrentía e I a la infiltración. La suma de la E y la I componen la oferta hídrica de la cual disponen los SSET para funcionar. En el caso de esta investigación, la representación espacial del balance de agua permite comprender la variabilidad de estos flujos en el espacio geográfico, lo que posibilita el análisis de sus magnitudes y sus relaciones, a la luz de otras variables, como las coberturas de la tierra, los tipos de suelo y, en general, los patrones de organización espacial de este ciclo vital (e.g. zonas con mayor o menor oferta de agua y zonas más críticas en cuanto a disponibilidad). Las situaciones de déficit o las zonas críticas en cuanto a disponibilidad no se explican solamente por una causa biofísica o ecológica, o una única causa social, económica, política o institucional; por el contrario, pueden ocasionarse por múltiples causas interrelacionadas que tienen que ver con la coevolución de las dinámicas socioecológicas-territoriales.

Para conocer los valores de flujos de P y EVT, es necesario identificar los diferentes tipos de estaciones de medición, las variables medidas y los períodos de tiempo en los cuales se ha recopilado información. Dependiendo del objeto de estudio, en este caso conocer la oferta de agua total, se escogió el momento y los períodos de tiempo para el análisis y se llevaron a cabo diferentes métodos para la representación espacial de las variables (P y EVT) y se calculó la oferta hídrica total (E + I).

Adicionalmente, como se mencionó para el caso de las coberturas de la tierra y por la disponibilidad de información, se eligieron cuatro períodos de análisis: 1989 – 2018, 1960 – 1989, 1990 – 2009 y 2010 – 2018. El primer período busca dar cuenta del comportamiento medio del ciclo del agua en el área considerando las condiciones climáticas medias del territorio⁷. El detalle sobre las estaciones seleccionadas, el procedimiento de descarga y análisis de datos, el método de interpolación utilizado para la representación espacial de las variables y los procedimientos específicos de generación de mapas de superficie para cada flujo que hace parte del ciclo del agua se encuentran en el Anexo C.

Las dinámicas naturales del agua son conocidas por los habitantes de los territorios; al igual que las lluvias, los procesos de infiltración y escorrentía, y los cambios que han tenido estas dinámicas en el tiempo. Incluso la precipitación, en ocasiones, es medida por algunos actores en diferentes escalas de tiempo (diaria, mensual, anual); sin embargo, esta información no se encuentra documentada, sistematizada ni ha sido integrada en los sistemas de monitoreo oficiales. No obstante, puede ser una base importante para complementar los ciclos de información alrededor del agua en el SSET y fortalecer la relación entre los pobladores con base en el intercambio, análisis de información y generación de conocimiento sobre su territorio.

2.4.2 Relaciones Sociales, Poder, Discursos y Lenguajes del Agua.

Como se ha mencionado a lo largo de esta sección, el agua no solo es un flujo físico que circula sin cesar por el planeta. Todas las formas físicas o materiales del agua que se han descrito en la subsección anterior son inherentes a la sociedad y lo han sido a través del tiempo. Los sistemas sociales se han relacionado y organizado en torno al agua, han creado discursos y han desarrollado lenguajes para nombrarla, para relacionarse con ella y para construir un tejido social que necesariamente está provisto de agua para existir.

En este tejido, los individuos se relacionan y organizan para apropiarse los ecosistemas que regulan el agua, para abastecerse de ella y realizar diversas actividades que, a su vez, están en función de diferentes usos. Estos pueden ser para el hogar y la vida cotidiana (uso doméstico: producción de alimentos, aseo, limpieza), para el manejo de animales o para el riego de cultivos (usos pecuarios o agrícolas), para procesos industriales o agroindustriales y para la transformación de energía. Los ecosistemas también

⁷ En este caso, se parte de la premisa según la cual los patrones climáticos medios solo pueden establecerse con base en temporalidades no menores a 30 años.

hacen uso del agua para mantener su estructura, su organización y sus funciones, gracias a las cuales la sociedad recibe beneficios, como la provisión de alimento, la regulación del clima o del agua, entre otros.

Estos usos del agua a nivel socioecológico no solo representan un número o una cantidad fija, no solo representan una cosa, sino que representan un proceso (Linton, 2009), el proceso de la vida. El “proceso del agua”, según Linton (2009, p. 4) es aquel en el que se abstrae cada elemento que tenga que ver con el agua, incluyendo las representaciones científicas como la molécula H₂O. Desde esta perspectiva, ni la molécula mencionada ni la cantidad que representa un uso constituyen una realidad fundamental del agua, por el contrario, es una representación más que surge de la relación entre el “proceso del agua” y el proceso social de producir y representar el conocimiento científico (Linton, 2009). Este mismo autor señala, además, que cada uno de esos elementos o instancias del agua, naturales y sociales (socioecológicos), está compuesto por el producto entre el proceso del agua y los procesos sociales y prácticas.

A través del tiempo, las sociedades se han relacionado de formas diferentes con el agua para acceder a ella, manejarla, transformarla, circularla y excretarla nuevamente a la naturaleza después de su uso, para conocerla y representarla desde diversas cosmovisiones o crear discursos desde diferentes roles, científicos, políticos, entre otros. Se han diseñado políticas con diferentes tipos de orientaciones y se han tomado decisiones sobre ella, se ha monetizado, se ha defendido como derecho humano, se han escrito libros y poemas, se han pintado cuadros, se han hecho esculturas y se ha considerado un ser superior. Se ha coevolucionado con ella en los territorios y es por esto que Linton y Budds (2014), a partir de la definición del ciclo hidrosocial, destacan la relación interna (híbrida e inextricable) entre el agua y la sociedad, y hacen referencia a que las diferentes relaciones sociales producen diferentes “clases de agua” y viceversa (p. 175).

Esta dinámica social del agua está compuesta por relaciones, ideas, significados, valores y potenciales y, en esta investigación, se analiza a través de la información recabada en las técnicas cualitativas aplicadas que se mencionaron al comienzo de este capítulo. Esta información se integra en el análisis con la información que resulta de la representación espacial de los balances hídricos y con la información cuantitativa que reportan diversos estudios sobre los consumos de agua y la calidad asociada a los diferentes usos. En particular, los ejercicios de observación participante, recorridos y conversaciones informales fueron insumos importantes para el análisis de las relaciones sociales y de poder que se tejen entre los diferentes actores sociales e institucionales. Estos ejercicios se registraron a través de un diario de trabajo de campo y de fotografías y se transcribieron algunas de las conversaciones informales que fueron grabadas. De estos registros y experiencias se identificaron los lenguajes y discursos usados por

los diferentes actores y se analizaron posteriormente a la luz de las relaciones de poder. Adicionalmente, la experiencia de trabajo previo en la región permitió que el análisis final fuera más aterrizado a la realidad del territorio.

2.4.3 Las Tecnologías en el Ciclo Hidrosocial

En el ciclo hidrosocial, como se ha mencionado hasta aquí, la materialidad del agua se hibrida con la sociedad, que se relaciona y organiza de diversas maneras en función de estos flujos en el ciclo hidrológico. En estas formas de relación y organización, la sociedad interviene en el ciclo afectando o modificando la cantidad y calidad de flujos de agua a través de las diversas tecnologías, lo que, a su vez, influye nuevamente en el proceso alterando la materialidad del agua (Linton y Budds, 2014, p. 176). Así, este ciclo se retroalimenta constantemente y todos sus componentes socioecológicos coevolucionan en el tiempo y en el espacio.

Las tecnologías que desarrolla la sociedad para alterar o modificar estos flujos del ciclo hidrológico son las que determinan la cantidad y calidad del agua que se apropia, circula, se utiliza, se transforma y al final se excreta o desecha. Estas tecnologías se refieren a las formas que desarrolla un individuo o un grupo de individuos para usar el agua, son plataformas de adaptación cultural (Ángel, 1996) y, así como pueden ser formas sencillas de adaptación, también pueden ser más complejas, como los sistemas de abastecimiento y/o tratamiento de agua de gran escala o sistemas de regulación, como los embalses. Cualquiera que sea su nivel de complejidad, las tecnologías de agua requieren de alguna forma de energía para funcionar. Estas infraestructuras no solo son sistemas de artefactos construidos por un grupo de seres humanos, son objetos híbridos, socioecológicos muy complejos, que median y regulan el metabolismo de los humanos y la naturaleza (Foster, 2000); son actores y a la vez redes, y están orientadas por ideas, políticas, intereses y relaciones de poder.

Estos sistemas de artefactos u objetos híbridos se convierten en nodos esenciales de la red que produce las relaciones agua-sociedad-tecnología, pues confluyen allí diversos flujos de diferente naturaleza y después de un determinado proceso, continúan hacia otros elementos socioecológicos del territorio. En el lenguaje de la Teoría del Actor-Red (TAR), también conocida como Teoría Actante-Rizoma, mencionada en el capítulo anterior, las tecnologías del ciclo hidrosocial son actores-redes y tienen la misma agencia de cualquier otro elemento socioecológico en el territorio. La mirada del ciclo hidrosocial se fundamenta también en una ontología plana como la TAR y propone que cada elemento que compone el ciclo de la materialidad del agua, el ciclo de las relaciones sociales, el ciclo de las tecnologías tenga la misma agencia (o “actancia” en palabras de Bruno Latour).

Para el análisis de las tecnologías en el ciclo hidrosocial, se realizaron visitas a los diferentes sistemas de manejo de agua: plantas de tratamiento de agua potable municipales (PTAP), sistemas de abastecimiento rural (bocatomas, sistemas de conducción y almacenamiento), plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), embalses y sistemas menos complejos, que se utilizan a nivel doméstico, y se consultaron los documentos y reportes oficiales disponibles de las entidades territoriales en cuanto a la planeación del manejo del agua: Planes de Ahorro y Uso Eficiente de Agua (PUEAA) y Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV). Además, se consultó el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA), responsabilidad de la autoridad ambiental, y algunos trabajos académicos sobre calidad de agua en el territorio de estudio que reflejan la dinámica metabólica territorial del ciclo hidrosocial; de la materialidad del agua, la tecnología y la sociedad⁸.

2.5 Flujos de Energía en el Metabolismo Territorial

La energía, así como el agua, es una categoría de análisis compleja, porque tiene una dimensión natural y una social que están intrínsecamente relacionadas a partir de las configuraciones de los sistemas socioecológico-territoriales. La energía es definida desde diferentes acepciones (física, económica, ecológica, social, espiritual y metafísica), incluso la comunidad no académica utiliza el concepto de manera común (Bobrowsky, 2021), pero su definición general y más conocida en el mundo científico indica que es la capacidad que tienen los elementos de producir una acción, un movimiento o una transformación de un estado a otro. En física, por ejemplo, la energía se ha definido como la capacidad de producir trabajo, una propiedad que tienen todos los cuerpos en el universo.

El primer autor de esta definición genérica de la energía no es fácil de rastrear, incluso, se ha encontrado que proviene de una raíz griega *enérgeia* y que fue Aristóteles quien definió el concepto en función del trabajo⁹, sobre lo cual se basaron otros científicos como Thomas Young, Julius Robert von Mayer, James Prescott Joule, William Thomson (Lord Kelvin) y William J. M. Rankine, entre otros, para desarrollar conceptos relativos al trabajo, la fuerza y otros términos que hoy se relacionan en el mundo científico con la energía. Algunos de estos científicos, en particular, Mayer, Joule y Hermann Ludwig Ferdinand fueron quienes formularon, en la primera mitad del siglo XIX, la ley de la conservación de la energía¹⁰.

⁸ Estos estudios se detallarán más adelante, cuando se haga referencia al escenario de análisis.

⁹ Ver: <https://home.uni-leipzig.de/energy/energy-fundamentals/01.htm> (consultado el 28 de diciembre de 2021)

¹⁰ La ley de la conservación de la energía indica que esta no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Como lo señala Stephenson (2017) en su conversación interdisciplinaria sobre la energía, esta ley funciona para las situaciones de la “vida diaria”, pero, como lo demostró a principios del siglo XX Albert Einstein con la teoría de la relatividad, en las reacciones nucleares y a condiciones específicas la materia puede transformarse en energía.

De esta manera, partir del siglo XIX se desarrolló una rama de la física para el estudio de la energía y sus diferentes formas y transformaciones, conocida como *termodinámica* o *ciencia de la energía* y se adoptó la ley de la conservación de la energía como su primera ley. Esta ciencia, como se mencionó en el capítulo anterior, denomina a las unidades de estudio o análisis como sistemas y las clasifica en sistemas cerrados, abiertos y aislados. De esta manera, tuvo mucha relación e influencia en la teoría general de los sistemas desarrollada por Bertalanffy, en el desarrollo de la teoría sobre los flujos de energía en los ecosistemas desarrollada por Odum desde los años 50 del siglo XX y, posteriormente, su relación con la sociedad (Odum y Odum, 1981). En la ecología, también ha sido fundamental el estudio de la energía, entendida como la base solar de todas las formas de energía utilizadas para producir un bien o un servicio.

La energía también ha sido un tópico de estudio desde la economía ecológica (Georgescu-Roegen, 1971), las ciencias sociales (Shove y Walker, 2014; Stephenson, 2017) y la geografía (Bouzarovski, 2022; Bouzarovski *et al.*, 2017; Cederlöf, 2021; Frantál *et al.*, 2014; Pasqualetti y Stremke, 2018). En particular, la geografía ha venido desarrollando marcos de análisis para el análisis de las relaciones entre la energía y la sociedad, y fortaleciendo las categorías conceptuales de paisajes y territorios energéticos (Bouzarovski *et al.*, 2017; Pasqualetti y Stremke, 2018). De acuerdo con Bouzarovski *et al.* (2017, p. 28) las consideraciones geográficas con respecto a la energía están relacionadas con la “compleja distribución espacial de las actividades energéticas” y la habilidad de los flujos de energía para configurar diferentes abstracciones de lugar y territorio. Son de especial importancia para el análisis geográfico de la energía, las transformaciones históricas con respecto al uso de la misma en las sociedades y las experiencias diarias vividas por estas sociedades y sus pobladores con respecto a este uso (Bouzarovski *et al.*, 2017).

La complejidad que subyace a la energía, al igual que el agua, permite estudiarla en su dimensión socioecológica-territorial, para lo cual es esencial comprender, en primera medida, las dinámicas naturales de las formas de energías, las fuentes principales y sus procesos de transformación, y, así, integrar estas dinámicas naturales con las dinámicas sociales que involucran los usos sociales de la misma o, mejor, los procesos de transformación en los que se ve involucrada la sociedad. Estas dinámicas socioecológicas-territoriales de la energía se relacionan intrínsecamente con el ciclo hidrosocial del agua, trabajado en la sección anterior, tanto en el ciclo hidrológico o materialidad del agua como en las relaciones sociales y las tecnologías. Las formas de energía relacionadas a la materialidad del agua se explican en la primera subsección y las que están relacionadas a las relaciones sociales y a la tecnología se incluyen en la segunda subsección.

2.5.1 Formas de Energía y Procesos de Transformación

Para comprender las dinámicas socioecológicas-territoriales de la energía es preciso, en primera instancia, entender su base natural, identificar sus principales fuentes y procesos de transformación y tener presentes las dos primeras leyes de la termodinámica que, a pesar de su aparente sencillez, tienen fuertes implicaciones para el análisis de los procesos humanos a la luz de los flujos energéticos (Buitrago, 2014). La primera ley de la termodinámica o ley de la conservación de la energía, mencionada en párrafos anteriores, señala que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma de una forma de energía en otra (e.g. energía potencial a energía cinética, térmica, etc.); esos procesos de transformación implican degradación de la energía, conduciéndola de una forma concentrada a una forma disipada o dispersa (Odum y Sarmiento, 1998; Prigogine, 1978). Este nivel de disipación o dispersión energética es conocido como entropía, una propiedad que representa “el desorden” de un sistema en términos del nivel de energía disipada.

Una de las herramientas analíticas que permite conocer los flujos de energía en un sistema determinado es el balance de energía. Así como el balance de materia (o masa), sobre el cual se basa el estudio del ciclo hidrológico clásico, que se describió en la sección anterior, para aproximarse al balance de energía, es necesario tener claridad sobre los límites del sistema de estudio, identificar los flujos de entrada, de salida y los que se almacenan o acumulan y, así mismo, sus contenidos energéticos. Es preciso recordar, como se ha mencionado en secciones anteriores, que el ciclo del agua y los flujos de energía están íntimamente relacionados y no pueden separarse, debido a que el flujo energético de la fuente de energía principal del planeta, que es el Sol¹¹, dinamiza el ciclo del agua y determina las dinámicas climáticas. Para el balance energético en la superficie terrestre, la radiación solar que entra como flujo energético se equilibra con los flujos de calor sensible y latente y el calor almacenado en el suelo (Velásquez, 2021). La atmósfera juega un papel esencial en la regulación de la temperatura, es decir, en mantener el balance de energía tanto a escala planetaria como atmosférica y de superficie.

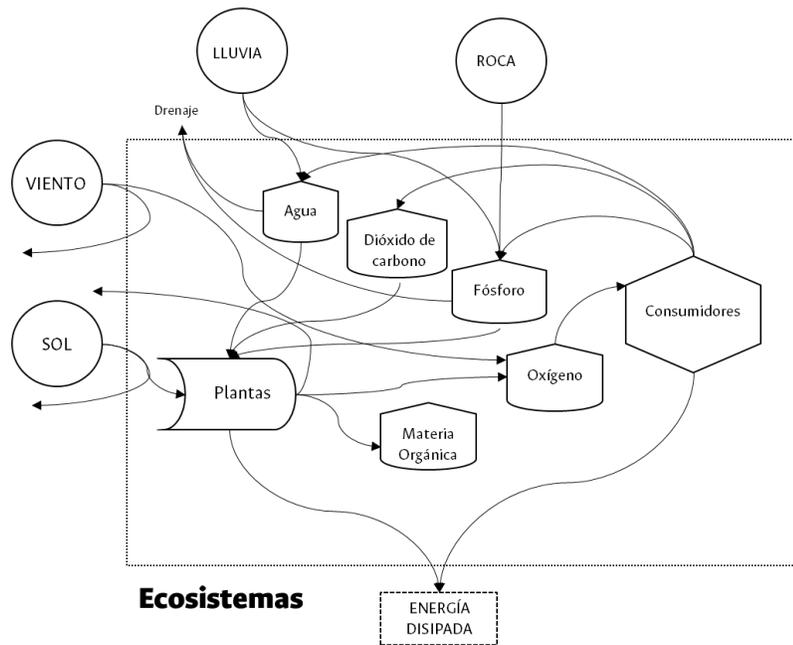
A escala de superficie terrestre, el papel de las coberturas de la tierra es esencial no solamente para la regulación del ciclo del agua, sino también para la regulación de los flujos energéticos, el mantenimiento de la temperatura y la transformación de energía solar en biomasa a través del proceso de fotosíntesis

¹¹ De acuerdo con Buitrago (2014), además de la energía solar, la energía geotérmica (proveniente del centro de la Tierra) y la generada por atracción gravitacional son los tres grandes flujos de energía que se consideran fuentes principales de energía en el planeta. En este estudio en particular, se hará referencia a la energía solar como la principal fuente.

que realiza la vegetación. De ahí que mantener coberturas de la tierra con vegetación nativa sea fundamental para el equilibrio dinámico del agua y la energía en los SSET. La vegetación convierte energía solar en biomasa a través de una reacción química que involucra agua, dióxido de carbono de la atmósfera, minerales y radiación solar para producir oxígeno y materia orgánica.

En los flujos energéticos de los ecosistemas, la vegetación (organismos productores) cumple el papel de transformación de energía para producir alimento para ellas mismas y para otros organismos en la naturaleza, como los animales o consumidores que, posteriormente, consumen esta materia orgánica (biomasa), que tiene un contenido energético, utilizándola para realizar sus procesos metabólicos, transformar una porción de energía y disipar otra fracción en forma de calor. En el diagrama energético que muestra la Figura 2-4, se presentan los flujos energéticos y direcciones de flujo en ecosistemas boscosos, especificando los organismos productores y consumidores, ambos transformadores y disipadores de energía.

Figura 2-4: *Flujos Energéticos en Ecosistema de Bosque*



Nota. Elaboración propia con base en Los flujos de energía y materiales a través de ecosistemas [página web], por Odum et al., 2001, Sistemas ambientales y políticas públicas (traducción propia). <https://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-02.htm>

Con respecto al ciclo hidrosocial, los principales flujos energéticos que se relacionan con la materialidad del agua son el calor latente, el calor contenido en el suelo y en la biomasa (plantas y animales). El

primero es aquel que genera el cambio de estado del agua en el ciclo, de gaseoso a líquido en la condensación y de líquido a gaseoso en la evaporación y en la transpiración. Si bien en los dos procesos (uno físico y el otro físico-biológico) el agua pasa de estado líquido a gaseoso, cambia la superficie desde la cual se movilizan las moléculas, en la evaporación desde agua líquida y en la transpiración desde la superficie de la capa vegetal. Las fuentes principales de energía son la radiación solar, la energía geotérmica y la energía contenida en el viento; las formas de energía involucradas son principalmente energía química, geopotencial y cinética.

En el suelo, también se intercambian flujos de energía; el flujo de entrada es la radiación solar y, en el flujo de energía almacenada en el suelo, se relacionan formas de energía como la química, geoquímica, térmica, entre otras. La biomasa vegetal interviene en la materialidad del agua desde la captación de la precipitación, la fotosíntesis, el proceso de transpiración y como interfase entre agua y suelo para procesos de infiltración o escorrentía, y, una vez esta biomasa se descompone, se integra como materia orgánica al suelo. En todos estos procesos, la energía química y cinética tienen un papel esencial. La biomasa animal está relacionada con los organismos consumidores como los animales que utilizan la biomasa vegetal como alimento, lo metabolizan y generan excrementos que vuelven al suelo como materia orgánica.

Si bien el balance de energía es la herramienta analítica que se utiliza para comprender los procesos naturales de transformación y disipación de energía a diferentes escalas y en diferentes sistemas, esta herramienta demanda una gran cantidad de información y un alto nivel de detalle a diferentes escalas. Por lo anterior, teniendo en cuenta que el objetivo de la presente investigación no se centra en la cuantificación de los flujos físicos que componen el balance de energía, sino en la integración y el análisis de elementos socioecológicos-territoriales relacionados a la energía con las demás categorías de análisis, de acuerdo con la información disponible, se hace una aproximación al análisis de los flujos energéticos presentes en los sistemas productivos más representativos en el SSET de estudio desde la perspectiva de los agroecosistemas. Para identificar estos sistemas se utilizó la información de coberturas de la tierra y los mapas de ecosistemas generales que indican los agroecosistemas que mayor área ocupan en el territorio. Además, se contrastó esta información con lo reportado por las alcaldías municipales en las entrevistas realizadas.

Una vez identificados los agroecosistemas más representativos, se establecen los límites, los flujos involucrados (entrada, salida, acumulación, recirculación) y sus contenidos energéticos de acuerdo con

las fuentes disponibles. Se hace énfasis en el análisis de biomasa para aproximarse a la productividad primaria neta y la apropiación de esta forma de energía, hasta donde el alcance y la información lo permiten, y se analiza el contenido energético asociado a los insumos externos y al trabajo en los agroecosistemas predominantes, como flujos energéticos.

En los SSET, los sistemas sociales apropian y transforman los sistemas ecológicos de manera coevolutiva para desarrollarse en el tiempo, para subsistir, y en ese proceso de intercambio generan un producto, un bien o un servicio que constituye también un flujo energético y material. Los sistemas agropecuarios, desde una visión de transformación y disipación energética, vistos como agroecosistemas, son sistemas complejos adaptativos que disipan energía para compensar la ley de la entropía (Guzmán y González de Molina, 2017; Prigogine, 1978). Esto lo hacen a través del intercambio de materia, energía e información con el medio circundante, es decir de su proceso general de metabolismo, por medio del cual condicionan el espacio geográfico donde se asientan y configuran territorios diversos.

Los flujos de entrada de estos agroecosistemas son directamente proporcionales a la intervención humana en el sistema (Guzmán y González de Molina, 2017). Esto quiere decir que, si el grado de intervención es mínimo y el sistema internamente puede responder como un sistema natural o ecosistema, estos flujos de entrada se verán reducidos. Por el contrario, si se reduce la diversidad del sistema, se homogeneiza la producción y se genera dependencia de insumos externos como fertilizantes, abonos y plaguicidas con altos contenidos de energía, estos flujos de entrada incrementarán, lo que afectará la sustentabilidad del sistema. Este drástico cambio en los flujos energéticos de entrada, además de las afectaciones que se producen sobre la base natural de los SSET, evidencia un proceso de ruptura o quiebre metabólico, concepto derivado del trabajo de Karl Marx que, como se mencionó en el capítulo anterior, posteriormente se ha integrado en el análisis geográfico.

Con la aplicación del análisis de flujos de energía en agroecosistemas que corresponden con las coberturas más representativas en el SSET, se asumió que los flujos de energía principales dependen de las coberturas de mayor predominancia y los agroecosistemas que generan estas coberturas. En estos sistemas, se utilizan diversas formas de transformación de energía y se ponen en circulación flujos hídricos, materiales y energéticos en forma de bienes y servicios en la sociedad. Adicionalmente, la información sobre los sistemas productivos más representativos en el territorio se validó con lo recolectado en campo durante las entrevistas y conversaciones con diferentes actores sociales e institucionales.

Para la caracterización de estos agroecosistemas, se utilizó información primaria recolectada en herramientas cualitativas e información secundaria, proveniente de censos agropecuarios realizados en el período de estudio¹² y otros estudios sobre los flujos energéticos en agroecosistemas de la región. Para los cálculos de productividad primaria neta y energía bruta de la biomasa, se utilizaron factores de conversión de cultivos compilados por Guzmán *et al.* (2014), Aguilera *et al.* (2015), Urrego-Mesa (2021). El detalle de la información utilizada, los contenidos energéticos de los flujos de entrada y salida que se obtuvieron de diferentes fuentes y el procedimiento de balance energético que fue posible realizar, dada la disponibilidad de información y el alcance de la investigación, se presenta en el Anexo C.

Además de los flujos de energía que se intercambian en los SSET de estudio en los agroecosistemas predominantes, se considera esencial la energía que utilizan los sistemas domésticos, que proviene fundamentalmente de una serie de procesos de transformación a energía eléctrica, que es el principal tipo de energía que utiliza e identifica la población. Esta proviene de procesos de transformación de energía potencial a energía cinética, a energía mecánica y, finalmente, a energía eléctrica, que es conducida a través de sistemas interconectados a los territorios. Para el análisis de este flujo energético, se utilizó información proveniente de la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica a nivel nacional, disponible a partir del año 2004 para el sector residencial y a partir del 2008 para el sector no residencial. Si bien en el SSET también se genera energía calórica proveniente de la quema de carbón y gas, por razones de disponibilidad de información y de alcance del trabajo investigativo no se integró esta forma de energía en el análisis de los flujos energéticos.

2.5.2 Una Aproximación a la Energía como Flujo Social

La integración de las dinámicas sociales en los procesos de transformación de energía produce dinámicas socioecológicas-territoriales que pueden ser estudiadas a partir de estos procesos sociales de transformación energética. La sociedad, organizada de diferentes maneras a través de la historia, ha transformado las coberturas vegetales alterando los procesos primarios de transformación de energía solar a biomasa y, así mismo, la transformación que realizan los organismos consumidores. Adicionalmente, así como se discutió para el ciclo hidrosocial, la sociedad se relaciona intrínsecamente con los flujos de energía y, en estas interacciones, genera ideas, valores, símbolos asociados a la energía y a sus procesos de transformación. A partir de esto, se genera una conciencia sobre ella, se construye o

¹² Teniendo en cuenta la temporalidad del estudio, los censos agropecuarios utilizados fueron el Primer y Tercer Censo Nacional Agropecuario de 1960 y 2014 (DANE, 1960, 2016).

no conocimiento e, insertándose en el proceso descrito en secciones anteriores sobre el ciclo de información, se forman redes, se comunica y se toman decisiones también.

En el numeral anterior, se hizo referencia a los flujos energéticos en la dimensión material del agua en el ciclo hidrosocial. En esta subsección, se hace referencia a la relación de los flujos energéticos con las relaciones sociales y las tecnologías. Así como el agua, la energía no es únicamente un flujo físico que se transforma y se disipa en los procesos que se dan en la naturaleza de manera independiente de la actividad humana. Desde una analogía a la termodinámica, la energía se puede entender como la capacidad que tiene un ser humano o un grupo social de producir una acción, ya sea de apropiación o de transformación de su entorno natural.

En este sentido, el hecho de definir la energía como la capacidad de producir trabajo abre la puerta para la comprensión de su dinámica social, entendiendo el trabajo como el medio a través del cual la sociedad metaboliza la naturaleza, la apropia, la circula y la transforma. Un cambio drástico en este proceso, en los ciclos y flujos propios de la naturaleza, marca, como se ha mencionado, una fractura o ruptura metabólica. Para analizar ese proceso de cambio brusco o de quiebre metabólico, se utilizó la información recopilada en el trabajo histórico comparativo entre censos agropecuarios, conversaciones con productores de la región e historias de vida.

Con respecto al análisis de relaciones sociales en torno a la energía, se siguió un proceso similar al realizado para las relaciones sociales en torno al agua en el ciclo hidrosocial, entendiendo que el análisis de la energía a nivel socioecológico-territorial involucra las relaciones sociales que se crean a partir de sus “camino”, entendidos como las trayectorias que tiene este elemento desde sus fuentes, sus usos, sus transformaciones y sus formas de dispersión. Junto a este análisis, dentro del estudio de la dinámica integral de la energía, se involucró una mirada geográfica basada en el trabajo de Bouzarovski *et al.* (2017) y de Pasqualetti y Stremke (2018) en las fases de caracterización, análisis histórico, configuración territorial y análisis metabólico.

Esta mirada se compone de la identificación del tipo general de paisaje energético por fuente de energía dominante (*cualificación substantiva*), el análisis de la apariencia del paisaje energético (*cualificación espacial*) y, finalmente, el estudio del grado de permanencia del paisaje energético, si es relativamente dinámico o permanente (*cualificación temporal*). Especialmente en este tercer componente, se analizan las transformaciones históricas de la energía en el territorio de estudio y la percepción de habitantes locales y entidades territoriales sobre el uso cotidiano de la energía en los territorios y sus significados.

Para realizar estos análisis sobre las relaciones sociales de la energía, entender la configuración del territorio en relación con ella y comprender de manera más profunda su naturaleza social y las transformaciones más importantes en el período de estudio, se utilizó la información recopilada en las diferentes técnicas de investigación cualitativa (Figura 2-1), detalladas en el Anexo B. Vale la pena aclarar que, los talleres que se denominaron “Los Caminos del Agua¹³”, mencionados en secciones anteriores, incluyeron un módulo de trabajo sobre la energía en el que los participantes desarrollaron escritos y dibujos sobre las fuentes, los usos, las tecnologías y los cambios que ha tenido la provisión y el uso de la energía en el tiempo. Con la aplicación de estas técnicas y la integración de sus resultados se consolidó el análisis de los flujos de energía y su relación con el agua y las diversas configuraciones territoriales, que a la luz de la dinámica de los sistemas ecológicos permite entender la expresión socioecológica-territorial de la energía y su elevado nivel de complejidad.

¹³ Durante los talleres se trabajaron siempre las dos categorías; el agua y la energía, sin embargo, durante las reuniones preparatorias con las entidades territoriales se decidió mantener el nombre de “Los Caminos del Agua” por considerar que incluir la energía en el nombre lo haría más extenso y complejo y no sería tan llamativo para el proceso de convocatoria del taller.

3. UNA MIRADA SOCIOECOLÓGICA - TERRITORIAL AL RÍO BOGOTÁ

El río Funzha, nombre otorgado por los muiscas, actualmente conocido como río Bogotá está ubicado en el centro de Colombia, en el departamento de Cundinamarca. Su cuenca es de importancia estratégica, debido a que atraviesa el departamento desde el nororiente hasta el suroccidente, abasteciendo de agua y otros servicios ecosistémicos al área más poblada e intervenida del país (Corporación Autónoma Regional (CAR), 2018; Guhl-Nannetti, 2013). Además, desemboca en el río Magdalena, uno de los dos ríos más importantes a nivel nacional que, junto con el río Cauca, recorren de sur a norte una gran parte del país. El río y su cuenca han vivido una larga historia de transformación ocasionada por la deforestación de su cuenca y la contaminación de su cauce y sus quebradas, especialmente en el siglo XX, hasta el punto de convertirse en un símbolo de contaminación a nivel nacional y ser reconocido como uno de los ríos más contaminados de Latinoamérica (Instituto para el Desarrollo Sostenible Quinaxi y Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAAB), 2013).

Este capítulo contextualiza y caracteriza, desde la mirada de los sistemas socioecológicos-territoriales (SSET), el área de estudio que corresponde a tres municipios de la cuenca alta del río Bogotá: Villapinzón, Chocontá y Suesca. En un primer apartado, se localiza y describe el área definida en el contexto del río Bogotá, su cuenca e importancia a nivel nacional y se brindan los elementos para la caracterización de acuerdo con el concepto de SSET, al que se hizo referencia en el capítulo anterior. Posteriormente, la segunda y tercera sección caracterizan la base natural y la base social, como sistemas que han coevolucionado en el tiempo y en el espacio, específicamente, desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. En la cuarta sección, se analizan las principales transformaciones socioecológicas que este SSET ha protagonizado y las configuraciones territoriales que han resultado de la consolidación de los sistemas productivos más representativos en el área de estudio, en el período de tiempo mencionado.

3.1 Elementos para la Caracterización del Sistema Socioecológico-Territorial (SSET)

El río Bogotá nace en el páramo de Guacheneque en el municipio de Villapinzón, al nororiente del departamento de Cundinamarca, a una altitud aproximada de 3300 msnm y desemboca en el río Magdalena, al suroccidente, en el municipio de Girardot a 280 msnm recorriendo 336 km aproximadamente (CAR, 2018; Instituto para el Desarrollo Sostenible Quinaxi y EAAB, 2013). Su cuenca abarca un área de 589 465 hectáreas (ha) en 47 municipios, siendo el río, como cauce central, el eje articulador de las actividades humanas en la región. Por cuestiones de administración y manejo la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), autoridad ambiental de la región, ha dividido esta cuenca en tres subcuencas: la cuenca alta, que va desde el nacimiento del río en el Páramo de Guacheneque, en Villapinzón, hasta un lugar conocido como Puente La Virgen en el municipio de Cota, donde el río recorre 145 km aproximadamente; la cuenca media, que comprende desde Cota hasta las compuertas de Alicachín en el municipio de Soacha, y en esta parte el río, recorre 68 km y atraviesa la ciudad de Bogotá por la zona occidental; finalmente, la cuenca baja, que va desde Soacha hasta la desembocadura en el río Magdalena con un recorrido del cauce central de 123 km (Dirección Nacional de Planeación (DNP), 2004).

La cuenca del río Bogotá tiene una importancia estratégica a nivel nacional, debido a que es la más poblada del país y aporta alrededor del 31 % del Producto Interno Bruto (PIB) nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2015). Adicionalmente, por la variedad de alturas que se presentan en toda la cuenca (entre 3300 y 280 msnm) y de pisos térmicos (frío, templado, cálido), posee una gran variedad de ecosistemas, entre otros, ecosistemas terrestres como páramo, subpáramo, bosque andino alto, bosque andino bajo, bosque de planicie, matorrales xerofíticos, bosques inundables de aliso, humedales y ecosistemas acuáticos como lagunas, ríos y riachuelos, y la zona de confluencia con el río Magdalena, que es el receptor de toda la contaminación que transporta el río Bogotá (Instituto para el Desarrollo Sostenible Quinaxi y EAAB, 2013; Van der Hammen, 1998).

La cuenca alta del río Bogotá (CARB) tiene un papel estratégico en toda la cuenca y, así mismo, en el país, por constituirse como parte esencial de la Estructura Ecológica Principal (EEP) de la región. El

concepto de Estructura Ecológica Principal fue propuesto por Thomas Van der Hammen, quien, junto con Germán Andrade en 2003¹⁴, la definió como:

El conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud, tales que garantiza el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida. (Van der Hammen y Andrade, 2003, p. 4)

Debido a la presencia de una variedad de ecosistemas estratégicos y a la prestación de una gran diversidad de servicios ecosistémicos, la cuenca alta del río fue declarada en 1977 como Área de Reserva Forestal Protectora – Productora (RFPP) (Resolución 076, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), 1977). Adicionalmente, dentro del área de la cuenca alta del río, se encuentra la Sabana de Bogotá, un área que, por su historia geo ambiental (Gaviria, 2021), es de especial interés ecosistémico y cuya importancia también fue reconocida en el artículo 61 de la Ley 99 de 1993 que dispone “*declárase la Sabana de Bogotá, sus páramos, aguas, valles aledaños, cerros circundantes y sistemas montañosos como de interés ecológico nacional, cuya destinación prioritaria será la agropecuaria y forestal*” [Const].

El doble papel que juega esta región en el panorama económico y ecológico a nivel nacional la ha convertido en un escenario en continua transformación, a causa, entre otras, de las diversas formas en las que se ha relacionado la sociedad con estos espacios naturales. Estas formas de relación se expresan en diferentes usos del suelo, especialmente agropecuarios, industriales y de expansión urbana. Además, al ser una región de importancia económica estratégica para el país, también confluyen intereses particulares que amenazan con la sustentabilidad de la región, como es el crecimiento urbano e industrial en la sabana de Bogotá. A ello se suman los procesos de ampliación de la frontera agropecuaria en toda la cuenca y los altos niveles de contaminación y deforestación.

Desde la declaración como área de reserva en 1977, la RFPP Cuenca Alta del Río Bogotá ha sido objeto de realinderaciones y sustracciones de área por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), entre otras causas, por dificultades en el manejo debido a la presencia de habitantes y, por tanto, de actividades productivas en zonas de protección y conservación (MADS, Resolución 511 de

¹⁴ Previo a ser publicada como primera aproximación a nivel nacional, fue aplicada precisamente para la cuenca alta del río Bogotá en 1998 (Van der Hammen, 1998), como base de las determinantes ambientales del ordenamiento territorial.

2012, Resolución 755 de 2012 y Resolución 0138 de 2014). La relación de los habitantes locales con estos espacios naturales se analizará con más detalle en la siguiente sección.

Para efectos de la aplicación del modelo de interpretación y análisis de metabolismo territorial para la sustentabilidad, propuesto en los capítulos anteriores, el SSET de estudio comprende los primeros tres municipios de la cuenca alta del río desde su nacimiento hasta el límite norte de la zona que corresponde a la Sabana de Bogotá, esto es: Villapinzón, Chocontá y Suesca. El área que comprenden estos municipios es la que presenta mayores pendientes, los municipios de Villapinzón y Chocontá tienen algunas zonas planas en las inmediaciones del río; sin embargo, el municipio de Suesca es el que, entre los tres, tiene mayor extensión en llanuras aluviales o de inundación, zonas que comparten características de lo que se conoce propiamente como la Sabana de Bogotá.

A diferencia de otros municipios de la cuenca alta, los tres municipios que conforman el SSET mantienen principalmente su vocación agropecuaria y una dinámica rural, que se combina con su cercanía a la ciudad de Bogotá (aproximadamente 90 km hasta el municipio de Villapinzón). Esta dinámica hace que existan relaciones muy cercanas de estos espacios rurales con las dinámicas urbanas y, así mismo, migraciones de personas en ambas direcciones, tanto del campo a la ciudad como de esta al campo. Adicionalmente, el enfoque metodológico de metabolismo territorial propone un trabajo profundo con los actores sociales e institucionales, expresado en la diversidad de técnicas cualitativas aplicadas, con el objetivo de ahondar más en las dinámicas territoriales, por lo que incluir más municipios de la cuenca del río hubiera excedido el alcance del trabajo.

El área de los tres municipios comprende otras cuencas además de la del río Bogotá; no obstante, el porcentaje de los municipios que corresponde a esta última se encuentra en un 56% en los casos de Villapinzón y Suesca, y de un 73% para el caso de Chocontá. Esta información se presenta en la Tabla 3-1. En el caso de Villapinzón y Chocontá, un porcentaje del área de los municipios también hace parte de la cuenca del río Garagoa por la zona suroriental y, en menor medida, del río Suárez por la zona occidental. Villapinzón también tiene una pequeña extensión de la vereda Tibita (al noroccidente) con influencia en el páramo de Rabanal. Suesca, por su parte, tiene alrededor del 44% de su extensión en la cuenca del río Suárez. El Mapa 3-1 presenta la ubicación del SSET de estudio y muestra el área total de los municipios y el área que ocupan en la cuenca del río Bogotá.

Tabla 3-1: *Área Total de los Municipios y Área en Cuenca*

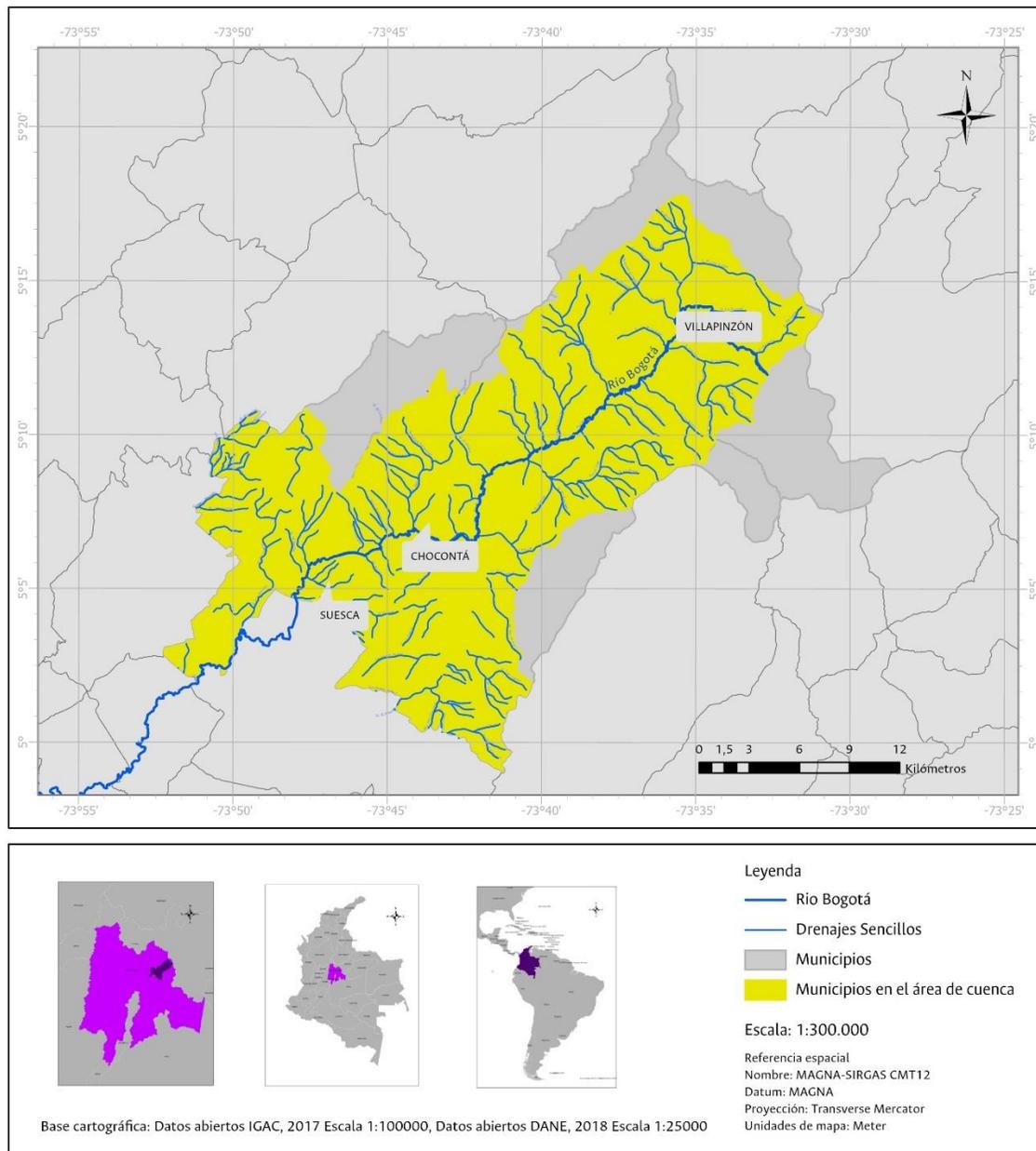
Municipio	Área Total ^a	Área en Cuenca ^b	
	ha	ha	%
Chocontá	30 019,39	22 038,50	73
Suesca	17 306,90	9 778,26	56
Villapinzón	22 615,99	12 771,79	56

Nota. ^a DANE(2018); ^b CAR(2018)

A pesar de que la cuenca ha sido utilizada comúnmente como unidad de análisis hidrológico y, desde el punto de vista físico, ofrece una delimitación precisa, cada vez más se reconoce como un espacio donde interactúan las diversas dinámicas geográficas, es decir, un espacio geográfico resultado de la interrelación de dinámicas sociales, biogeofísicas y ecológicas, en las que se integran las hídricas, energéticas e informacionales. Desde esta investigación, se pone en consideración lo que podría llamarse el encuentro (en ocasiones desencuentro) de diferentes unidades de análisis, las unidades físicas como la cuenca, las político-administrativas como los municipios o departamentos y las unidades sociales, multidimensionales y multiescalares como el territorio.

En este estudio, particularmente, se encuentran: la cuenca del río Bogotá, que es, a su vez, eje central y articulador de la región; los municipios, que conforman un área determinada en su cuenca, pero que no tienen el 100% de su área en ella, y el territorio que se configura como un producto de relaciones socioecológicas a nivel coevolutivo e histórico. El territorio se produce como una red compleja de interacciones que no distingue fronteras físicas, como las divisorias de aguas que delimitan las cuencas hidrográficas ni fronteras político-administrativas determinadas por las unidades de veredas, municipios o departamentos. Como se discutió en el primer capítulo (numeral 1.3.1), el territorio es una categoría multiescalar; para un actor social, el territorio puede ser su cuerpo, su hogar, su vereda, su municipio, el río o incluso el planeta tierra¹⁵.

¹⁵ Esta característica multiescalar del territorio fue evidenciada durante los recorridos territoriales, entrevistas y talleres en campo.

Mapa 3-1: *Ubicación del SSET de estudio*

Nota. Elaboración propia

Las anteriores consideraciones son importantes no solo para la etapa de interpretación y análisis de la sustentabilidad de un territorio en el que confluyen múltiples interacciones entre sistemas socioecológicos en diferentes escalas, sino para la recolección y sistematización de información, fases

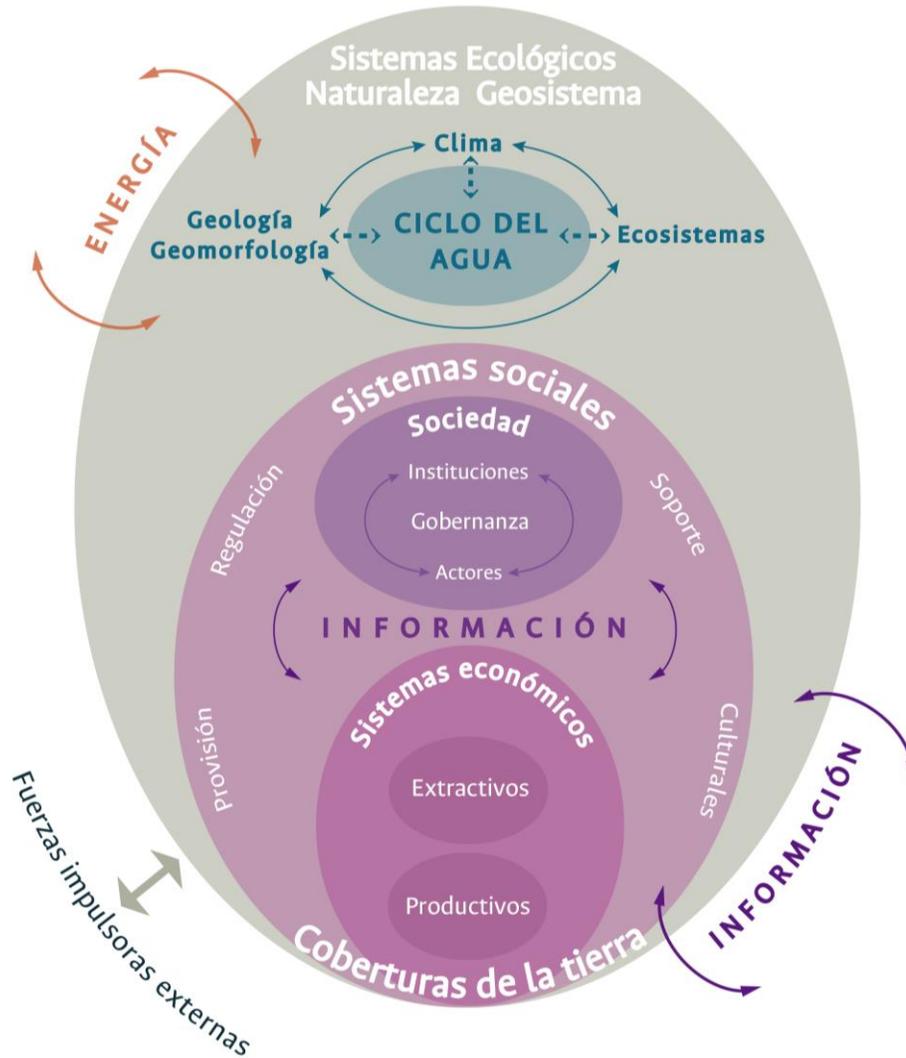
que preceden a la interpretación y análisis de sustentabilidad. En el caso de esta investigación, las categorías sobre las que se recolectó, sistematizó y analizó información son el agua, la energía, el ciclo de información sobre agua y energía, y las coberturas de la tierra en diferentes momentos dentro del período de estudio. Para estos procesos de recolección, sistematización y análisis, fue esencial tener presente las unidades básicas en las que se encontraba la información y, en la presentación y análisis de la misma, se presentan las aclaraciones a este respecto, cuando se considera necesario. De esta manera, se busca evitar llegar a conclusiones que puedan sobre valorar o subvalorar algún fenómeno.

La caracterización del SSET de estudio (cuenca alta del río Bogotá: municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca) parte de dos elementos centrales: el primero es la identificación de los subsistemas ecológicos (base natural) y sociales (base social) que interactúan, coevolucionan e intercambian agua, energía e información, y dan como resultado un sistema socioecológico. El segundo elemento central es la comprensión del territorio como un producto histórico y social, una red de interconexiones entre sistemas socioecológicos que involucra relaciones de poder, identidad y pertenencia. Como producto histórico es necesario entender los factores que han direccionado sus transformaciones en el tiempo y las configuraciones territoriales que han resultado de estos procesos de transformación. Las secciones siguientes de este capítulo ahondan en cada uno de los subsistemas (natural y social), en sus componentes e interacciones, en los factores que han direccionado sus procesos de transformación y que dan cuenta de los patrones de organización del SSET a través del análisis de las configuraciones territoriales.

Se parte de la historia geológica del área de estudio para caracterizar, en primera medida, el sistema ecológico o natural a partir del conocimiento de los suelos, el clima y los ecosistemas que sustentan el desarrollo de las actividades humanas. Con base en ello, se examina la base social a través de la interacción de los sistemas sociales y económicos, de manera general, desde la aparición de los seres humanos en estos espacios geográficos y, de manera particular, desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. La caracterización integra los elementos que se presentan en la Figura 3-1 y articula información histórica, ecológica, social y económica proveniente de fuentes secundarias y también de fuentes primarias, recolectada durante el trabajo de campo desarrollado para la investigación.

La información secundaria hace referencia a estudios, reportes o documentos oficiales sobre la cuenca hidrográfica, los municipios y los complejos de páramos circundantes, mientras que la información primaria corresponde a lo aportado por los diferentes actores sociales e institucionales durante entrevistas, conversaciones informales, historias de vida, recorridos territoriales y talleres. El detalle de los instrumentos usados en el campo, la lista de actores y entidades entrevistadas y/o consultadas y los recorridos realizados se encuentra en el Anexo B.

Figura 3-1: Esquema de la Interacción y Coevolución de los SSET



Nota. Elaboración propia, diseño realizado por Carolina Cortés

3.2 La Base Natural del SSET

La base natural del SSET de estudio es el producto de las relaciones entre las formaciones geológicas, los suelos, el clima, la vegetación, entre otros componentes, y de la distribución de los ecosistemas en la región. El ciclo natural del agua integra estos elementos, como se observa en la Figura 3-1, a través de sus procesos generales: precipitación, condensación, infiltración, escorrentía, evaporación y

evapotranspiración, y, a su vez, estos procesos también están influenciados por la energía que proviene del sol.

A pesar de que estas dinámicas son generales para cualquier punto sobre la tierra, su intensidad tanto en cantidad y calidad varía dependiendo del espacio geográfico y sus características e historia particular. Para examinar las dinámicas de la base natural de este SSET, es necesario conocer los elementos de los sistemas mencionados y las relaciones entre ellos, y hacer un acercamiento a su distribución espacial. Se caracterizan elementos históricos por considerarse esenciales para la comprensión de las dinámicas actuales y, posteriormente, para los procesos de transformación y configuración territorial.

3.2.1 Dinámica Histórico-Geológica, Geomorfológica y de Suelos

Para el caso de la cuenca del río Bogotá, los estudios desarrollados por Thomas Van der Hammen sobre el polen fósil de las plantas encontrado en los sedimentos durante la segunda mitad del siglo XX para la cuenca alta del río indicaron que esta región hace aproximadamente 100 millones de años (período cretácico) se encontraba bajo el mar y el fondo de este se componía de arcillas, arenas y sedimentos marinos (Van der Hammen, 1986, 1998). Hacia el final del cretácico (70 a 65 millones de años antes del presente (AP)), disminuyó el nivel de ese gran mar y se depositaron arenas, en parte de playa, que corresponden a los sedimentos que hoy se conocen como formación Guadalupe, que ayudan a formar los cerros que rodean la cuenca (Van der Hammen y González, 1963). Posteriormente, la región se convirtió en una planicie costera donde se acumulaban sedimentos de arenas y materiales de río, y se formaron pantanos con vegetación. Los restos de esa vegetación se acumularon formando turbas que, con el paso del tiempo, se convertirían en mantos de carbón, lo que se conoce como formación Guaduas (Van der Hammen, 1986, 1998; Van der Hammen y González, 1963).

Este tipo de planicies, ubicadas en grandes altitudes, como el altiplano cundiboyacense y la Sabana de Bogotá, son formaciones muy particulares, pues solo hay dos de este tipo en la zona andina (Flórez, 2003; Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1995). Tienen características únicas en esta región tropical del planeta en zona de montaña con clima frío a muy frío (Gaviria, 2020)¹⁶. A comienzos del Terciario (65 millones de años AP), la región ya no se encontraba bajo la influencia del mar, sino de los ríos, que depositaron arcillas, arenas y gravillas, y desaparecieron las turbas. Se presentaron movimientos

¹⁶ Conferencia titulada *Crisis de Sostenibilidad Geoambiental de la Sabana de Bogotá* en el marco del segundo Foro Virtual Insumos para una región hídrica sostenible, realizado en el marco de los 10 años del Plan Distrital del Agua por la concejala de Bogotá Ati Quigua.

tectónicos de compresión que generaron el plegamiento de los sedimentos y deslizamientos de lodo con bloques de roca (arcillas, arenas, gravillas), corrientes que se depositaron en los valles junto a los sedimentos de los ríos cuando se dio el gran levantamiento de la Cordillera Oriental (hace 6 millones de años), hasta su altura actual hace 3 millones de años, y sedimentos que corresponden a la formación Tilatá (Van der Hammen y González, 1963). Los cerros que circundan esos valles corresponden a páramos y, en las zonas más altas, se formaron capas de nieve y glaciares.

Después del levantamiento final de la cordillera, que definió gran parte de los relieves actuales (Flórez, 2003), la zona de la actual sabana de Bogotá comenzó a hundirse y a formar una cuenca cerrada donde desembocaba el río Bogotá y sus afluentes, que alimentaba la gran Laguna de la Sabana y que se desbordaba en el salto del Tequendama. Posteriormente, en el Cuaternario (2.5 millones AP) ya han comenzado los grandes cambios de clima conocidos como períodos glaciales e interglaciales. En los primeros, la temperatura era 8 grados más baja aproximadamente, toda la región era zona de páramo y los glaciares se encontraban a una altura de alrededor de 3000 msnm. En los periodos interglaciales, la temperatura era más parecida a la actual y predominaban los bosques andinos (altos y bajos) (Flórez, 2003; Gaviria, 2020; Van der Hammen, 1998; Van der Hammen y González, 1963).

La última glaciación comenzó hace 75 mil años y terminó hace 10 mil años, lo que dio comienzo al actual período interglacial, conocido como Holoceno (Van der Hammen, 1998). En esta última glaciación (aproximadamente entre 50 mil y 25 mil años AP), el clima era frío y la precipitación alta, lo que alimentó la gran laguna que se rodeaba de páramos, subpáramos y bosques altoandinos. La erosión del río era muy fuerte y moldeó la salida de la gran laguna haciendo que, al bajar la precipitación, el volumen de agua de salida fuera grande, el nivel descendiera y desapareciera la gran Laguna de la Sabana (Van der Hammen y González, 1963). A partir de allí, se formaron los valles inundables del río Bogotá, pues los ríos circulaban ahora por los sedimentos dejados por la gran laguna y se cortaban también en estos sedimentos.

Los sedimentos eran altos y bajos, y, de esta manera se fueron formando zonas pantanosas y humedales en las llanuras inundables del río Bogotá. En la última parte de este período glacial (22 mil a 13 mil años AP), la región era principalmente una zona de páramos abiertos con presencia de megafauna, como mastodontes, caballos americanos, venados, entre otros. Entre los 13 mil y 10 mil años, el clima comienza a mejorar, sube la temperatura y se inicia el período interglacial actual. En este, el límite del bosque subió hasta su posición actual (entre 3300 a 3500 msnm) y el altiplano y los cerros circundantes se llenaron de bosque andino. Algunas zonas secas se llenaron de matorrales xerofíticos, en las zonas planas, se desarrollaron bosques de palo blanco, raque y arrayán, y, en valles y zonas inundables, la

especie predominante era el aliso (en algunas zonas el laurel). En los humedales, se desarrolló vegetación de juncos, Eneas o Alisos entre otras especies (Van der Hammen, 1986, 1998; Van der Hammen y González, 1963).

Además de las características climáticas únicas que tiene esta región de la cuenca alta del río Bogotá como altiplanicie en zona tropical montañosa, también tiene características especiales en la conformación de sus suelos. Desde hace más de 30 mil años, han ocurrido erupciones volcánicas en la Cordillera Central (complejo volcánico Nevado del Ruiz, Santa Isabel, Nevado del Tolima), que han generado lluvias de cenizas que se han transportado vía aérea hasta la sabana de Bogotá y sus cerros circundantes, asperjando los suelos de esta región. En algún momento, cayeron sobre la gran laguna y se mezclaron con los sedimentos que formaban el fondo. En los cerros y altiplanicies, los productos minerales de la ceniza se asociaban con la vegetación y los restos de ella (materia orgánica en descomposición), formando una capa de suelo oscura y profunda, de espesor entre 50 y 150 cm. Estos suelos, de alta fertilidad, formados en los cerros entre hace 50 mil y 100 mil años AP y, en la parte plana, hace 30 mil años aproximadamente, configuraron el soporte material de los bosques y de los cultivos que comenzaron a establecerse con las primeras comunidades humanas (CAR, 2001; Gaviria, 2020; Van der Hammen, 1998).

Este fenómeno no ocurrió de igual manera en toda la región, ha sido un proceso complejo que se ha relacionado con dinámicas locales de clima y vegetación (microclimas). En las zonas más altas de páramos, se formaron suelos orgánicos que retienen altas cantidades de agua y se ubican principalmente en la zona oriental de la cuenca. En las depresiones locales, se acumulaba materia orgánica en descomposición formando turbas y, en las zonas con pendientes altas, los suelos son muy delgados y poco desarrollados sobre afloramientos rocosos, como los que se forman sobre areniscas, suelos líticos. En las topografías más suaves, al aparecer rocas más blandas, se daba la asociación de arcillas sedimentarias y cenizas volcánicas y se formaron suelos fértiles que permitieron, miles de años más adelante, que los pobladores cultivaran maíz, frijol, arveja, papa, entre otros productos agrícolas (Gaviria, 2021; Van der Hammen, 1998).

Gaviria (2021) detalla el proceso de empobrecimiento de algunos suelos de influencia volcánica como un proceso que ocurrió en los valles laterales de la sabana de Bogotá que se volvieron más secos con el tiempo. Este proceso se dio gracias a un lavado intenso de los materiales arcillosos orgánicos que estaban en la superficie y migraron hacia abajo en los perfiles de suelo. Así, la superficie se empobreció y se volvió arenosa, y, bajo ella, se creó un nivel poco permeable que dificultó la infiltración. Estos suelos

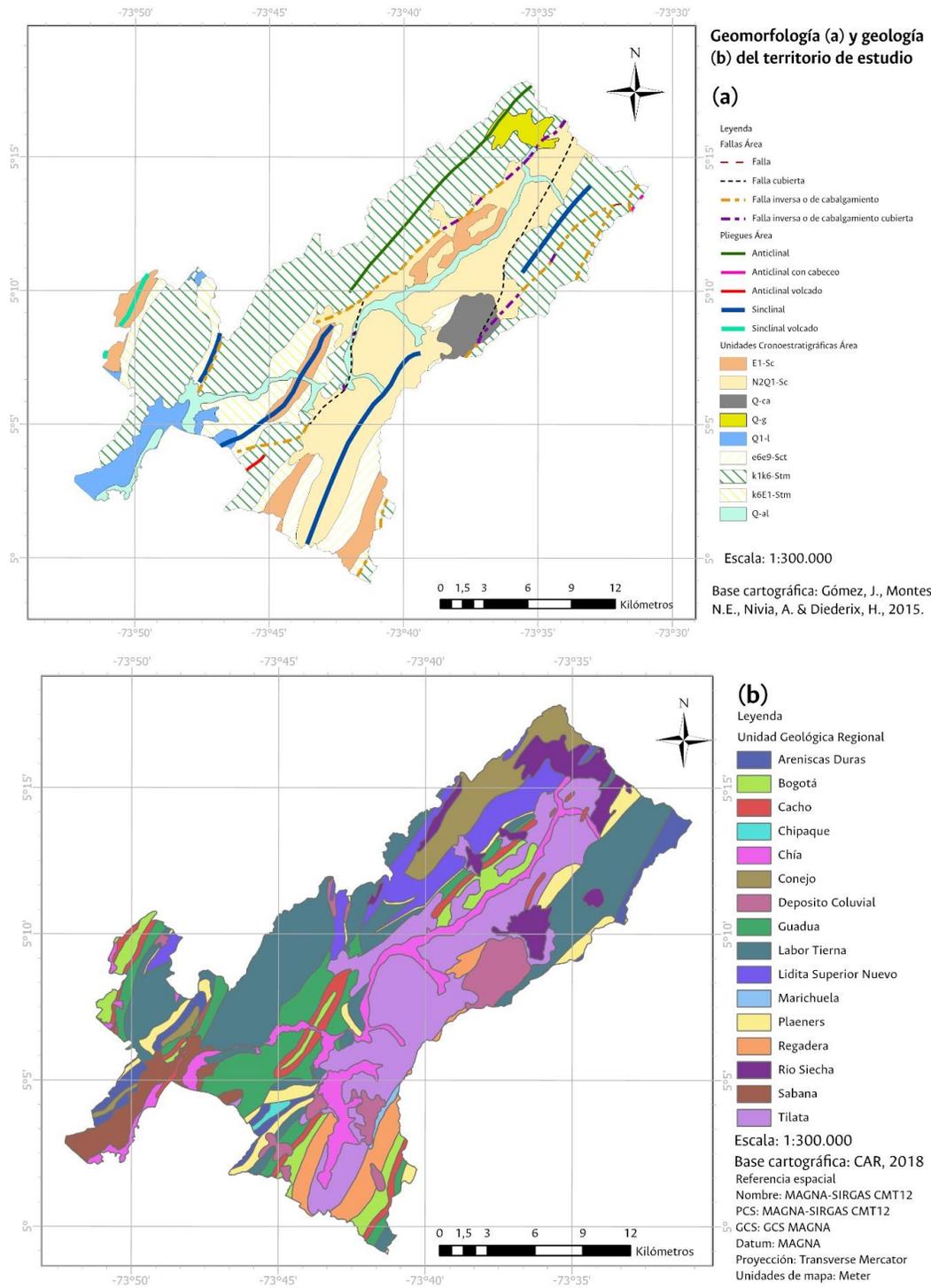
predominan en las zonas de piedemontes internos en un paisaje de cárcavas de erosión por efecto de escorrentía y, en las zonas planas se utilizaron para el cultivo de trigo (Gaviria, 2021).

Las zonas con más humedad formaron un tipo de suelo particular, diferente al que se formaba en las zonas más secas, aunque tuvieran el mismo origen volcánico. Estas zonas secas reciben menos humedad, porque la cordillera oriental impide que lleguen las lluvias externas, tanto por el oriente como por el occidente, especialmente, en la zona nororiental de la cuenca. En los sistemas hídricos del río Bogotá, sus afluentes y valles de inundación, se presentan suelos hidromórficos, generalmente arcillosos, saturados permanentemente, que están sometidos a inundación periódica. Estos suelos se han utilizado, en épocas más recientes, para ganadería o para cultivos de hortalizas y en algunas zonas para el desarrollo de la floricultura a partir de la segunda mitad del siglo XX (Gaviria, 2021)¹⁷.

Los procesos geo-históricos mencionados han determinado el relieve, la geología y los suelos que conocemos hoy en esta área y sobre esta base geomorfológica, geológica y edafológica es sobre la que se han consolidados diferentes procesos humanos a través el tiempo. La configuración actual, en términos geomorfológicos y geológicos, se presenta en el Mapa 3-2 que muestra la geomorfología (a) y la geología (b) del SSET de estudio. La geomorfología se presenta de acuerdo con el Mapa Geológico Nacional (Gómez *et al.*, 2015), identificando procesos de plegamiento, fallas geológicas y unidades cronoestratigráficas que, a pesar de ser generadas a partir de una escala agregada de 1:1 000 000 permite entender las geoformas del área. Las unidades geológicas regionales que presenta el Mapa 3-2 (b) permiten complementar la geología con información más actualizada y a una escala más detallada (1:25 000) generada en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del Río Bogotá (CAR, 2018).

¹⁷ Un floricultor de la región señaló en una entrevista que, efectivamente, el suelo era muy arcilloso en la zona plana (valle de inundación del río) y con poca materia orgánica, por lo que realmente la productividad de la actividad realizada sobre el suelo era muy mala; por esto, han desarrollado, en las últimas décadas, los cultivos hidropónicos. Sin embargo, la alta disponibilidad de agua ha sido una gran ventaja para ubicarse en este sector.

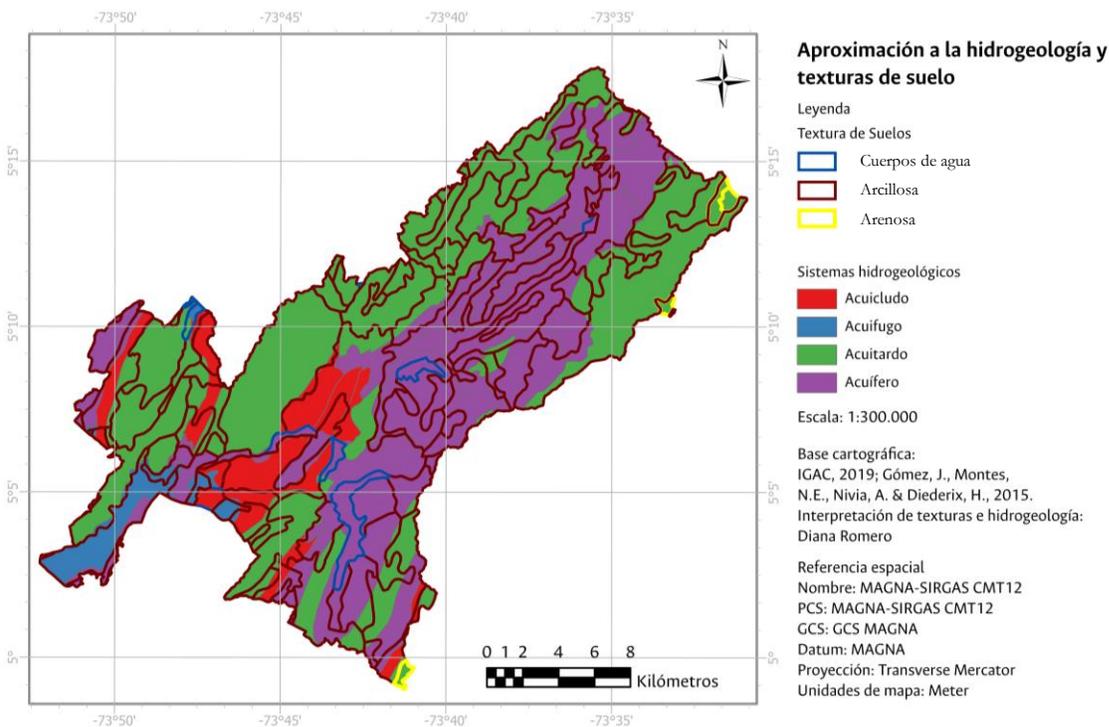
Mapa 3-2: Geomorfología (a) y Geología (b) del SSET de estudio (Cuenca Alta del Río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca)



Nota. Elaboración propia con base en Gómez et al. (2015) y CAR (2018)

A partir de las unidades cronoestratigráficas, se realizó una interpretación de los sistemas hidrogeológicos predominantes en el área, lo que permite tener una idea de la conductividad hidráulica, es decir, de la capacidad que tienen estos sistemas subterráneos para permitir el paso de agua. Además, con la información agrológica disponible en IGAC (2019)¹⁸, se identificaron las texturas predominantes en la superficie del suelo. Una aproximación a estos sistemas hidrogeológicos y a las texturas de suelo del SSET se presenta en el Mapa 3-3.

Mapa 3-3: *Aproximación a la Hidrogeología y Texturas de Suelo en el SSET*



Nota. Elaboración propia con base en Gómez et al. (2015) e IGAC (2019). Interpretación de texturas e hidrogeología realizada por Diana Romero

Esta interpretación permite identificar que los suelos arcillosos ocupan casi la totalidad del área de estudio, suelos que son poco permeables, que favorecen el escurrimiento de agua y disminuyen la infiltración a los sistemas hidrogeológicos, dentro de los que predominan el acuifero, el acuitardo y, en menor medida, el acuicludo. Se suma a esto, que los procesos de compactación de suelo, ocasionados por la ganadería extensiva que se ha consolidado desde hace varios siglos en la región, aportan a la reducción

¹⁸ Mapa de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100 000. Departamento: Cundinamarca.

de la permeabilidad, lo que imposibilita una buena recarga de los sistemas acuíferos, que son quienes tienen una mayor capacidad de almacenamiento de agua en el subsuelo.

3.2.2 Dinámica Climática

Los elementos históricos geológicos, geomorfológicos y edafológicos descritos en la sección anterior están fuertemente relacionados con el clima del territorio. Se ha mencionado, de manera general, que la zona de la cuenca alta del río pertenece a una zona de altiplanicie muy particular ubicada a gran altura con clima frío a muy frío. También, se mencionaron algunos cambios relevantes en la historia geológica que corresponden a los periodos conocidos como *glaciales* e *interglaciales*, donde uno de los actores relevante ha sido el clima. Gracias a su relieve y geomorfología, recibe más o menos agua en forma de precipitación (o lluvia) proveniente de corrientes del occidente o del oriente del país. En esta subsección, se presenta con un poco más de detalle la dinámica climática en el SSET de estudio para entender la complejidad de la circulación natural de flujos de agua y de energía en el espacio geográfico determinado y los cambios más relevantes que han influido en las actividades socioeconómicas del SSET.

Vale la pena mencionar que el clima de la tierra está condicionado por la energía solar que ingresa a través de la atmósfera y calienta las masas de agua y suelo, y por el efecto invernadero que produce la atmósfera. Adicionalmente, las corrientes de vientos que circulan por la atmósfera y las corrientes marinas distribuyen a lo largo y ancho del globo la humedad del aire (masas de agua) y el calor que ha ingresado (energía) (Pabón, 2011). El estudio realizado por Pabón (2011) para el área de la CAR, simuló el clima para el período 1971 a 2000 y, a pesar de haber sido realizado para una escala mucho mayor que la de esta investigación, permitió identificar algunas características generales que se complementaron con la información recuperada de las estaciones utilizadas para este estudio¹⁹. También, se utilizó información reportada en el ajuste del POMCA del río Bogotá que analizó información de 1991 a 2012 (CAR, 2018).

En términos de la distribución espacial de la temperatura media multianual, Pabón (2011) señala que para la zona del altiplano las temperaturas oscilan entre 12°C y 14°C y, en las zonas de páramo que circundan las altiplanicies, estos valores se encuentran por debajo de 10°C. La información registrada en las estaciones consultadas confirma estos valores medios de temperatura multianual que oscilan entre 12 y 13 °C y los mapas de distribución de temperatura media reportados por la CAR (2018) también

¹⁹ Las estaciones utilizadas, mapas de distribución espacial de la precipitación y temperatura para los diferentes periodos de tiempo comprendidos en esta investigación se presentan en el Anexo C.

confirman los mismos valores entre 11 y 13 °C en el SSET. Estos últimos, probablemente porque presentan los resultados para toda la cuenca, no reportan mayores cambios de temperatura media durante el año; sin embargo, al analizar con más detalle la información recopilada para la investigación en las estaciones de la CAR y del IDEAM, se observa que, por lo general, las temperaturas medias más bajas se presentan en el mes de julio. En algunos casos, se presentan en el mes de junio o agosto, lo que indica que las disminuciones se dan en la mitad del año, algo que coincide en general con lo consultado en campo y lo evidenciado en conversaciones informales con los habitantes de la región.

Con respecto al volumen de precipitaciones totales multianuales, la zona más lluviosa se encuentra alrededor de la represa de El Sisga con valores que sobrepasan los 1300 mm. Esto lo corrobora el estudio de Pabón (2011), la CAR (2018) y los mapas de distribución espacial de precipitación realizados para esta investigación. La zona más lluviosa corresponde a la franja oriental y parte de la zona nororiental que corresponde al páramo de Guacheneque. El estudio de Pabón incluye todo el municipio de Villapinzón en zona de precipitaciones menores a 900 mm; sin embargo, el análisis realizado para la investigación encontró algunos valores superiores en la zona oriental de este municipio. La zona occidental de Villapinzón y Chocontá tiene valores aproximados menores a 900 mm (Pabón, 2011), alrededor de 800 mm (CAR, 2018), lo que coincide con lo encontrado para el análisis de este estudio. El municipio de Suesca es el municipio con el valor más bajo de precipitación media anual, incluso, con valores menores a 600 mm en la zona occidental (menor a 900 mm, de acuerdo con Pabón (2011), y menor a 700 mm, de acuerdo con la CAR (2018)).

Respecto a la escala temporal mensual, la precipitación es más baja en los meses de diciembre, enero y febrero, y los valores más altos se presentan entre los meses de mayo y agosto, presentando un régimen monomodal, especialmente, en las zonas de mayor altitud que circundan el área (CAR, 2018). Este comportamiento se evidenció también en el análisis realizado para la investigación y, de igual manera, en las conversaciones realizadas con habitantes de la zona en donde julio se reconoce como uno de los meses más lluviosos²⁰. En estas conversaciones informales con habitantes de la región, también fue posible identificar la existencia de dinámicas locales de clima o microclimas. Las partes altas de la zona oriental de los municipios se reconocen como zonas con régimen monomodal de lluvias, mientras que otras zonas se reconocen con régimen bimodal, como lo registra el estudio de Santos (2021) y el proyecto

²⁰ En una de las conversaciones informales realizadas durante el trabajo de campo, en el mes de julio de 2020, una habitante de la vereda Tausaquira del municipio de Suesca (vereda antiguamente conocida como El páramo) demostró una especial alegría, porque había llovido durante varios días diciendo: “ya empezó a llover bonito, como en los Julios de otros tiempos”.

GEF-Alta Montaña²¹ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2020). Incluso hay algunas zonas, especialmente en el municipio de Suesca, donde los habitantes se refieren a zonas donde “nunca llueve”, tienen problemas severos de erosión y disponibilidad de agua, y, efectivamente, coinciden con zonas secas con baja precipitación.

El promedio multianual de la humedad relativa en el SSET de estudio, de acuerdo con Pabón (2011), oscila entre el 70 y el 75%, con un valor que sobrepasa el 80% alrededor de la represa del Sisga. El comportamiento de esta variable tiene un régimen monomodal con un máximo a mitad de año, de acuerdo con los valores reportados por la estación La Iberia (Pabón, 2011, p. 54). Estos valores coinciden con los reportados por la CAR (2018) para esta variable en la zona del Sisga que son mayores al 80% en todos los meses del año e, incluso, en el rango de 88 a 96% en los meses de junio, julio y agosto²². No obstante, se reportaron algunos valores más bajos para la zona occidental del municipio de Suesca, entre 64 y 72% en los meses de enero y febrero, que efectivamente en los recorridos, conversaciones y entrevistas se reportó como una zona menos húmeda que el resto del municipio.

Los valores de evapotranspiración (EVT) anual presentados para el territorio de estudio se encuentran entre 600 y 800 mm en el estudio de Pabón (2011) en el que se utilizó el método de Thornthwaite el cual utiliza como variable de influencia la temperatura media anual. En el cálculo de esta variable, la CAR (2018) presenta la EVT potencial con valores superiores a los reportados por Pabón (2011) entre 900 y 1050 mm. Sin embargo, en este último, se realiza también el cálculo de EVT real en función de las coberturas de la tierra lo que disminuye el valor para un rango entre 600 y 750 mm. Espacialmente se observan los valores más bajos de EVT real en la zona occidental del territorio de estudio en el municipio de Suesca y los más altos en la zona oriental en los alrededores del río Sisga. De acuerdo con los cálculos realizados en este estudio los rangos de EVT corregida, también calculada por el método de Thornthwaite, se encuentran entre 525 y 671 mm presentando sus valores más bajos en el municipio de Suesca y los más altos en la zona del nacimiento del río en el páramo de Guacheneque.

²¹ Proyecto Adaptación a los impactos climáticos en regulación y suministro de agua en el área de Chingaza – Sumapaz- Guerrero, desarrollado con fondos GEF por Conservación Internacional (CI), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el MADS, la CAR, CorpoGuavio, el IDEAM y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB).

²² Es natural encontrar coincidencias en los valores reportados por Pabón y por la CAR teniendo en cuenta que se trabaja con la información de estaciones similares; sin embargo, las regiones, los periodos y la precisión de los modelos de análisis de los estudios son diferentes, por lo que se considera importante referenciar ambos estudios para nutrir esta caracterización. Adicionalmente, los mapas del POMCA se presentan mes a mes y sectorizados por subcuencas. En los casos de las variables de precipitación y temperatura, se corrobora con la información recolectada para la presente investigación.

3.2.3 Dinámica Ecosistémica

Las secciones anteriores que caracterizan las relaciones entre la geología, la geomorfología, los suelos y el clima del SSET constituyen elementos centrales de la dinámica de los ecosistemas originales de la cuenca alta del río Bogotá. Estos son resultado de todas estas interacciones con las dinámicas de la vegetación, la fauna y otros microorganismos que han colonizado estos espacios y configuran la base natural del SSET, la base material que sustenta el metabolismo de este territorio. La presencia de los humanos sobre estos ecosistemas originales generó cambios y transformaciones desde los primeros asentamientos, pues, ya fueran cazadores-recolectores o comunidades sedentarias, requerían, como ahora, insumos para sobrevivir y desarrollar sus culturas.

Los ecosistemas originales son aquellos que existían antes de la presencia humana y son la referencia para determinar los ecosistemas potenciales que se desarrollarían de manera natural si no tuvieran influencia de la actividad antrópica (Van der Hammen, 1998). Como ecosistemas de referencia, estos sistemas naturales son de particular importancia para orientar los procesos de restauración ecológica, que son esenciales después de la fuerte transformación a la que ha sido sometida esta región. Sin embargo, es necesario reconocer la dificultad de encontrar espacios naturales sin intervención en un territorio tan transformado y poblado como el SSET de estudio. Por lo anterior, se mencionan en esta sección los ecosistemas potenciales y se hace referencia a los ecosistemas reales para caracterizar de manera general su estado actual en el área de estudio. Esto se hará con ayuda de la cartografía oficial sobre ecosistemas, zonas de reserva, áreas protegidas y del trabajo de campo, que también contribuyó a visualizar el estado actual de la base ecológica del territorio.

Van der Hammen (1998) relata de manera general el proceso de poblamiento desde la aparición de los seres humanos en estos espacios hace aproximadamente 12 000 años AP; sin embargo, también señala que los primeros grupos humanos probablemente generaron un impacto moderado, teniendo en cuenta que no eran comunidades muy densas. En la siguiente sección, sobre la dinámica de la base social, se hará mayor énfasis en el desarrollo y prácticas de estos grupos humanos, para conectarlas con la situación de poblamiento actual; sin embargo, para este apartado, vale la pena rescatar que, aunque moderado, sí hubo un impacto y una transformación de la base natural por parte de estos grupos humanos desde su establecimiento.

De acuerdo con la historia natural reconstruida por el profesor Van der Hammen (1998; 1963), el límite altitudinal del bosque subió hasta su posición actual (3300 a 3500 msnm) durante nuestro actual período interglacial del Holoceno (hace 10 000 años). Los bosques andinos cubrieron el altiplano y los cerros

circundantes, y, en algunas zonas de menores precipitaciones, se desarrolló un ecosistema de matorral xerofítico (es el caso de un área en la parte occidental del municipio de Suesca y en algunas áreas de Chocontá, cuya clasificación actual es de ecosistema subxerofítico andino, de acuerdo con el IDEAM y otros institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA)²³ (2017)). El bosque andino se desarrolló con muchas especies, por encima de 2750 msnm principalmente con encenillo y por debajo de 2750 msnm con corono, espino, raque, mano de oso y gomo. Los bosques del piedemonte se componían principalmente de corono y espino, por un lado, o de raque y arrayán, por otro, y, a finales del siglo XX, estos bosques habían desaparecido casi por completo (Van der Hammen, 1998).

Originalmente, el ecosistema de páramo predominaba en las partes más altas de las montañas que rodean la cuenca y las laderas, los piedemontes se cubrían de bosques andinos (altos y bajos) y, en las partes planas, predominaban bosques inundables con predominancia de aliso y zonas de humedal con vegetación de juncos y enneas o de aliso²⁴. Las partes más altas ubicadas en la parte nororiental de Villapinzón y oriental en Chocontá, lo que en la actualidad corresponde, respectivamente, al páramo de Guacheneque y a la reserva de El Choque (alrededor de 3300-3400 msnm), corresponden a alturas más bajas que las que se reconocen como páramo propiamente dicho por lo que su vegetación original puede corresponder a lo que Van der Hammen (1998) señalaba como *subpáramo*.

En estos ecosistemas de páramo y subpáramo, se presentaban matorrales enanos “de un Sanalotodo” (Van der Hammen, 1998, p. 27) y restos de bosques bajos de encenillo, rodamonte, colorado, entre otras, al igual que algunas turberas con musgo y lagunas de origen glacial (como la Laguna del Valle donde nace el río Bogotá) con vegetación acuática y semiacuática. Los suelos de estos espacios eran suelos negros ricos en humus con material de ceniza volcánica, como se mencionó en la sección anterior. En los bosques andinos altos, originalmente predominaba el encenillo, asociado con otras especies como el pegamosco, gaque, arrayán, canelo, espino, mortiño, tuno, cordoncillo, cucharo, raque, entre otros, y, también se presentaban altas coberturas de epífitas y briófitas (musgos y hepáticos). En los bosques andinos bajos, por otra parte, predominaba el bosque de corono, espino y raque con ocurrencia frecuente de arrayán, también con presencia de algunas especies del bosque andino alto como tuno,

²³ Los otros institutos colaboradores de este mapa de ecosistemas son: el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

²⁴ A pesar de que Van der Hammen hizo referencia al Aliso como una especie común en los bosques inundables y zonas de humedal en la cuenca alta del río Bogotá, no es una especie que se haya identificado en la actualidad en los relictos de bosque nativo que, si bien no es bosque primario, sí tiene presencia de las demás especies nativas registradas por el autor. Es posible que haya sido completamente devastada o fue una especie predominante en la época a la cual hace referencia Van der Hammen, pero no en las épocas más recientes.

cordoncillo, mortiño, cucharo y localmente trompeto. También era común en estos bosques de porte relativamente bajo encontrar mano de oso, gomo y otras especies de arrayán (Van der Hammen, 1998).

En las zonas xerofíticas que corresponden a zonas más secas (suelos de menos calidad y menos precipitaciones), predominaba el matorral de tuna y hayuelo con presencia de *Salvia Bogotensis* y *Ageratina leyvense*. También, se encontraba Fique y Agave, una cobertura importante de herbáceas y helechos xerofíticos, entre otras (Van der Hammen, 1998). Cuando esta vegetación es eliminada por diferentes actividades humanas, favorece el proceso de erosión y degradación del suelo, pues, al quedar más expuesto y ser más seco, aumenta su posibilidad de ser transportado por el agua o el viento. Varias de estas especies vegetales son observadas en la actualidad²⁵, muchas de ellas de conocimiento de guarda bosques locales y en propagación en viveros municipales, privados o comunitarios en los municipios de Villapinzón, Suesca y Chocontá.

Respecto a las zonas de humedales actuales en el territorio de estudio, es esencial resaltar un área de humedal en la ronda del río en los límites de los municipios de Chocontá y Suesca que, según los estudios de modelación de la calidad de agua (Santos, 2021), corresponde a una zona que favorece la autodepuración natural del río, un servicio ecosistémico de regulación que brinda este ecosistema. Durante los recorridos de campo, se identificó presencia de vegetación propia de humedal, como los juncos y enneas reportados por Van der Hammen en 1998. Sin embargo, como se mencionó, no hay presencia de alisos en estas áreas; en cambio, predomina el sauce.

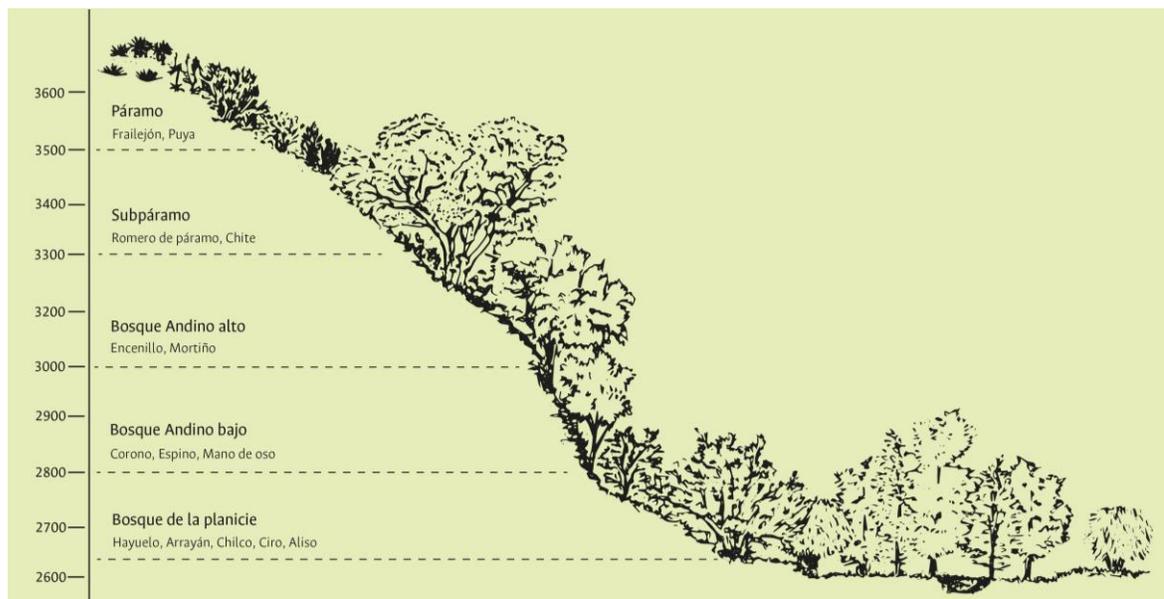
De acuerdo con el mapa de vegetación potencial realizado por Van der Hammen (1998), como una aproximación a los ecosistemas de referencia para el plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá, en el SSET de estudio, predomina el área de bosque andino alto (donde predomina el encenillo) y bajo (donde predomina el corono y el espino). Se presenta una pequeña área de subpáramo en la zona nororiental, bosque andino alto, circundando la cuenca especialmente en la zona norte de Villapinzón, toda la franja occidental de los tres municipios y la oriental de los municipios de Villapinzón y Chocontá (ver Mapa de Vegetación Potencial de la Sabana de Bogotá en Van der Hammen (1998, pp. 49–50)).

También hay presencia de bosque andino bajo en la parte de piedemonte cercana al cauce central del río y los alrededores de la represa del Sisga, y una zona de matorral xerofítico en la parte occidental de

²⁵ Muchos de los registros se pueden observar en la plataforma colaborativa iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>).

Suesca y en Chocontá, al occidente del Sisga. Adicionalmente, se presentan, en este mapa de vegetación potencial, algunas áreas de bosque de planicie en la tributación del Sisga en el río Bogotá y de bosques inundables en la ronda del río, a partir de los límites de Chocontá y Suesca, y en la parte occidental de Suesca en la llanura de inundación del río, donde prácticamente inicia la zona plana de la Sabana de Bogotá. La Figura 3-2 presenta una ilustración del perfil de ecosistemas potenciales en relación con la altitud elaborada, a partir del diagrama de zonas de vegetación potencial de Van der Hammen (1998, p. 48).

Figura 3-2: *Zonas de Ecosistemas Potenciales en Relación con la Altitud*



Nota. Ilustración realizada por Carolina Cortés, adaptada de Van der Hammen (1998, p. 48)

A pesar de que Van der Hammen no señale la existencia de un páramo propiamente dicho, la CAR (2001) identificó el costado nororiental de la cuenca del río Bogotá en el municipio de Villapinzón con una franja que corresponde a “región de vida paramuna”, compuesta por bosques achaparrados, matorrales, pajonales, frailejonales, etc. El resto del área de estudio se identifica en el Atlas Ambiental de la CAR (2001) como bosque andino alto y bajo, bosque de zona inundable en las llanuras de inundación del embalse del Sisga y del río, y un área de matorral xerofítico en el municipio de Suesca, en concordancia con lo señalado por Van der Hammen (1998). Adicionalmente, la cartografía actual de los ecosistemas de páramo y algunos de los estudios recientes en estos complejos identifican zonas de páramo en las partes altas, tanto en la zona oriental como en la occidental del SSET (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 2012, 2018; IAvH e Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), 2015; MADS, 2020).

Al respecto de los páramos, es importante mencionar que el municipio de Suesca es el que menor área presenta, en la actualidad, en las zonas donde originalmente se presentaba, de acuerdo con el mapa de Van der Hammen, al igual que la zona occidental del municipio de Chocontá y Villapinzón. En el caso de Suesca, veredas como Tausaquira, conocida antiguamente como El Páramo, Cuayá o Piedras Largas no presentan vegetación propia de este ecosistema, a pesar de que las capas de complejos de páramo y de RFPP delimitan una determinada extensión en cada una de ellas. De igual forma, ocurre con las veredas Santa Bárbara, Caliente, Hato Fiero y Pueblo Viejo en Chocontá y Nemoconcito, en Villapinzón. El uso predominante en estas veredas es el agropecuario con rotación de papa y pastos para ganadería de leche.

La franja oriental del SSET de estudio es la zona donde predomina el ecosistema de páramo y el que soporta hídricamente la región. La vegetación de ribera del río ha sido fuertemente intervenida a través del tiempo por la consolidación de la industria del curtido de pieles en Villapinzón y Chocontá, la ganadería de leche en los tres municipios y la floricultura en el municipio de Suesca. De acuerdo con el estudio desarrollado por Rosselli *et al.* (2014), la vegetación acuática sobre el río se compone de Barbasco, Buchón, Cola de zorro y algo de Junco, y el índice de cobertura de vegetación acuática en el tramo Villapinzón-Suesca es bajo.

Con respecto a la vegetación arbórea de la ronda del río, Rosselli *et al.* (2014) señalan que esta cobertura disminuye a medida que avanza el cauce, predomina el eucalipto y, en proporción, aumenta la vegetación de porte bajo. En el tramo del río que comprende el SSET de estudio, el trabajo de las investigadoras también señala una mayor presencia de infraestructura como las curtiembres y cultivos de flores, mencionados en el párrafo anterior. En términos de fauna acuática, este trabajo reportó una alta presencia de especies de aves de bosque y matorral antes del municipio de Villapinzón (entre el nacimiento y el casco urbano), que disminuye entre Villapinzón y Suesca (Rosselli *et al.*, 2014).

En términos de la relación entre aves y vegetación, este estudio mostró que la mayoría de especies de aves posadas sobre vegetación lo hacen sobre árboles nativos, especialmente, sauces que son comunes en la ronda del río. A pesar de la alta degradación que presenta este ecosistema hídrico, esta investigación destaca que es esencial permitir la presencia de vegetación en el curso del río y fomentar la presencia de árboles a través de un proceso de restauración ecológica. El río presenta un grado importante de recuperación en el sector de Suesca y “representa un sitio de alta diversidad y prioridad de conservación” (Rosselli *et al.*, 2014, p. 34).

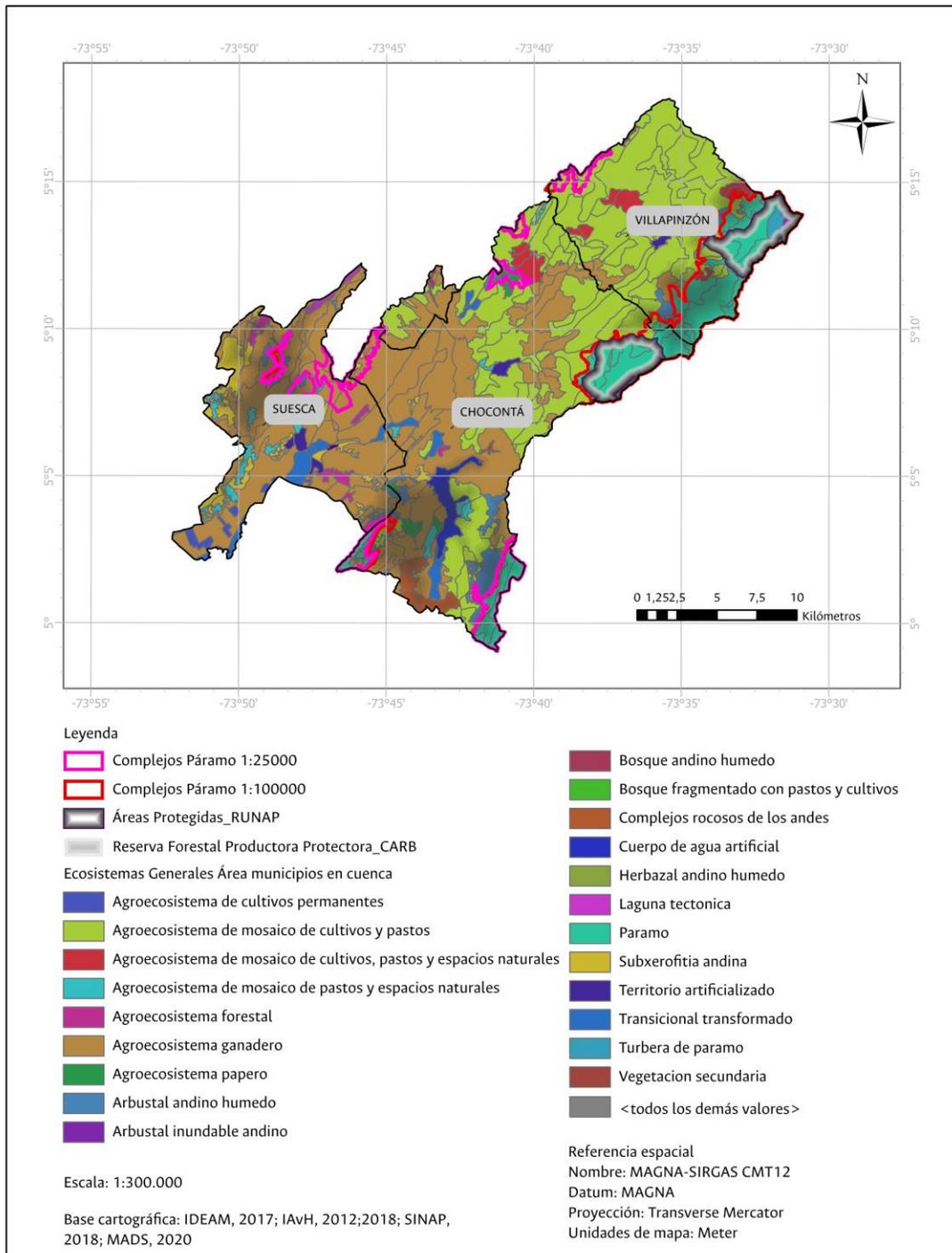
Con respecto a la información cartográfica actual sobre complejos de páramo (IAvH, 2012, 2018), se ha delimitado aproximadamente un área de 7777,52 ha (15% aproximadamente del área total de estudio), teniendo en cuenta las diferencias y similitudes entre las cartografías. Es importante aclarar que entre las diferencias existentes de las áreas delimitadas a escala 1:100 000 y 1:25 000 se encuentra que la segunda no delimita la franja oriental del área correspondiente al páramo de Guacheneque y a la reserva natural El Choque en Chocontá (ver Mapa 3-4).

A pesar de lo anterior, la cartografía 1: 25 000 delimita con mayor precisión el área correspondiente al complejo de páramos del altiplano cundiboyacense, presentando una diferencia de 811,32 ha con respecto a la cartografía 1:100 000. Esta última, por su parte, incluye la zona de Guacheneque correspondiente al complejo Rabanal y río Bogotá, pero deja por fuera algunas áreas del complejo del altiplano. El mapa más actualizado de ecosistemas continentales elaborado por IDEAM *et al.*, en 2017, presenta en el SSET de estudio un área de 5440,27 ha de ecosistema páramo (10% aproximadamente del área total de estudio).

Por su parte, el Registro Único de Áreas Protegidas (RUNAP) contiene cinco áreas de esta naturaleza en la zona de estudio, entre las que se destacan por su tamaño la Cuchilla El Choque en Chocontá y el Nacimiento del río Bogotá en Villapinzón, zonas estratégicas en el abastecimiento de agua de estos municipios. Lamentablemente, estas áreas no tienen conexión en la actualidad, a pesar de que se encuentra delimitado todo el corredor como parte de la RFPP. Adicionalmente, se incluyen como áreas protegidas unas pequeñas zonas como la reserva de la sociedad civil El Turpial en el municipio de Suesca y dos pequeñas áreas que hacen parte de áreas protegidas que limitan al nororiente y al occidente de Chocontá con la CARB.

El Mapa 3-4 presenta los ecosistemas generales de la zona de estudio (IDEAM *et al.*, 2017) y, adicionalmente, muestra los complejos de páramos a las escalas mencionadas en párrafos anteriores, las áreas protegidas registradas en el RUNAP y la zona que corresponde a la RFPP-CARB actualizada a 2020 por el MADS. Los ecosistemas generales que ocupan un mayor porcentaje del área corresponden a los agroecosistemas ganaderos (37,5%), mosaico de cultivos y pastos (35,1%) y páramo (10,7%). Los agroecosistemas ganaderos y de mosaico de cultivos y pastos corresponden efectivamente a las coberturas de la tierra predominantes identificadas en el análisis multitemporal, cuyos resultados se presentarán en el capítulo 4 (sección 4.2).

Mapa 3-4: Ecosistemas y áreas protegidas en el SSET de estudio (Cuenca Alta del Río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca)



Nota. Elaboración propia con base en IDEAM et al., (2017); IAvH (2012); IAvH (2018); SINAP (2018) y MADS (2020)

3.3 La Base Social: Actores, Instituciones y Economía

Una vez realizada la caracterización de la base natural, esta sección presenta la base social que se ha asentado en estos espacios naturales desde los primeros pobladores hasta la actualidad, una base social que ha coevolucionado con los sistemas naturales y que los ha metabolizado configurando territorios diversos. La primera parte de este acápite constituye un contexto general de las primeras sociedades asentadas en estos territorios y corresponde al período de tiempo comprendido desde la aparición de los primeros pobladores, grupos de cazadores-recolectores, hasta la primera mitad del siglo XX. La segunda subsección comprende el período de estudio de la investigación desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad²⁶ y presenta una caracterización más detallada de los principales actores, algunas instituciones, las relaciones entre ellos y los sistemas económicos predominantes que han coevolucionado con la base natural, dando como resultado el actual SSET.

3.3.1 De los Primeros Pobladores a la Primera Mitad del Siglo XX

El sistema social que configura el territorio de estudio se ha relacionado con su base natural y sus dinámicas desde los primeros asentamientos humanos, hace aproximadamente 12 500 años AP, de acuerdo con lo planteado por Van der Hammen y Correal (1978) sobre la aparición de los humanos en la región de la sabana de Bogotá y alrededores en la última parte de la última glaciación. Estos primeros pobladores eran pequeños grupos de cazadores-recolectores que se movían de un lado a otro protegiéndose del clima bajo las formaciones de roca y cazaban animales medianos, como venados, pequeños, como conejos y curíes, y grandes, como mastodontes o caballos americanos (Van der Hammen, 1998, p. 20; Van der Hammen y Correal, 1978).

Además de la contribución a la extinción de esta megafauna, el impacto de estas poblaciones sobre el entorno natural parece haber sido mínimo, debido a la baja densidad de las poblaciones (Van der Hammen, 1992, 1998). Aceituno y Gnecco (2004) proponen alejarse de la mirada “esencialista” del cazador-recolector como una organización social pasiva con respecto al impacto sobre los ecosistemas y resaltan que este tipo de sociedades generaban transformaciones importantes a estos entornos naturales entre los años 12 000 y 3000 AP, época que se considera crucial para la transición a sociedades agrícolas. En las zonas aledañas a la sabana, la predominancia era de zonas boscosas y páramos, donde

²⁶ Para esta investigación, el período actual o actualidad corresponde a los años posteriores al año 2010.

habitaban algunos animales que estos grupos de cazadores-recolectores probablemente contribuyeron a extinguir.

Adicionalmente, los autores también señalan como muy probable la existencia de un sistema de manejo y cultivo de plantas nativas como el maíz, que permite inferir que, más allá de tratarse de un proceso de ocupación con movilización y migración rápida, también se desarrollaron procesos de establecimiento, territorialización y ocupación más lentos que implicaban apropiaciones y transformaciones importantes en las dinámicas de los ecosistemas, en los ciclos del agua, la energía y los nutrientes. Se puede entender así que la zona correspondiente al territorio de estudio ha sido de las más intervenidas no solo en la actualidad, sino incluso desde el establecimiento de las primeras sociedades. El agua y los relieves eran factores importantes para el desarrollo de las sociedades en estas poblaciones andinas (Herrera, 2008).

Las primeras sociedades sedentarias (aproximadamente 5000 a 4000 años AP) continuaban realizando como actividades principales la caza y la recolección, cultivaban algunas hortalizas y aún no domesticaban animales. Desde hace 3000 años aproximadamente, el maíz se volvió un cultivo de alta importancia y la población comenzó a aumentar, especialmente, en la zona plana donde se empezó a desarrollar la cultura Muisca o Chibcha²⁷ (Van der Hammen, 1998). Dentro de los municipios que hacen parte del SSET de estudio, Suesca y Chocontá hacían parte de lo que correspondía al territorio del Zipa; de hecho, este último se encontraba en la frontera entre los territorios del Zipa y del Zaque (Falchetti y Plazas, 1973).

En ese entonces, Villapinzón no existía como poblado indígena, pero el área que actualmente ocupa el municipio hacía parte del territorio del Zaque, de acuerdo con el mapa elaborado por Falchetti y Plazas (1973) sobre el territorio muisca a la llegada de los españoles. Al ser Villapinzón un municipio relativamente nuevo en comparación con los otros dos municipios y fundado por los españoles en el siglo XVIII con el nombre de Hato Viejo (Molina-Prieto, 2015), es probable que, en la época prehispánica, su base natural o sistema ecológico se mantuviera mucho más conservado, por el hecho de no registrar asentamientos humanos de la cultura muisca.

Por ser Chocontá un poblado limítrofe entre los territorios del Zipa y del Zaque, fue un lugar importante en la cultura muisca, los pobladores se conocían como *Chocontáes* (Fals Borda, 2017) y fue una plaza

²⁷ De acuerdo con Herrera (2008), los muisca ocuparon las zonas planas que abarcan parte de los actuales departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, y se dividían en dos grandes unidades políticas: El zipazgo (territorio del Zipa) y el zacazgo (territorio del Zaque).

fuerte de los Zipas²⁸. La fortaleza del caudillo de esta zona, conocido como *uzaque*, se ubicaba en el costado occidental del río, es decir, en el lado contrario, donde se encuentra el casco urbano en la actualidad, que hoy corresponde a la vereda de Pueblo Viejo, y tenía como encargo defender los dominios del Zipa contra las incursiones del Zaque (Fals Borda, 2017, p. 5). De acuerdo con Fals Borda, al ser una región de importancia entre los reinos muisca, se construyeron en esta época varios caminos que comunicaban la capital del Zipa con las fortalezas que lo defendían, lo que seguramente implicó una transformación importante de los ecosistemas, no solo para la construcción de los caminos, sino como escenario de batallas y para la producción de los alimentos de la población.

Se puede inferir, como lo menciona Van der Hammen, que, en estas zonas menos escarpadas, donde se asentaban las poblaciones y donde además se libraban batallas y se construían caminos, ya había poco bosque, aunque tal vez se conservaban relictos y se mantenían cercas vivas. También, se infiere que los cerros circundantes se conservaban mucho mejor con especies de vegetales y animales diversas, pues estas culturas se desarrollaron en patrones dispersos en las partes planas. Además del maíz, que era el producto agrícola principal, se cultivaban también otros productos, como quinoa, ibias, cubios, varias especies de frijoles, entre otros (Van der Hammen, 1998). Herrera (2008) destaca la influencia de los niveles del terreno con respecto a la elección de las tierras para asentarse y desarrollar actividades agrícolas o darle cierto uso a las tierras, teniendo en cuenta que “los valles y suaves pendientes proporcionan, por lo general, un medio más propicio para la agricultura” (Herrera, 2008, p. 3).

En la época de la colonia en el siglo XVI, los españoles llegaron a estas tierras y prácticamente destruyeron la base de la estructura socioecológica de los muisca, introdujeron especies vegetales como el trigo y animales como la vaca, el caballo, ovejas y cerdos, y poco a poco fueron acabando con los demás bosques circundantes, principalmente, en las laderas y piedemontes (Van der Hammen, 1998). Estas especies vegetales y animales introducidas en la conquista hicieron parte de lo que Crosby (1988) llamó *biota mixta* haciendo referencia al humano europeo, las plantas, animales domésticos, parásitos y microorganismos que trajo consigo.

En 1537, los españoles fundan Suesca y Chocontá (Zambrano y Bernard, 1993). Primero, llegaron a la aldea de Suesca, posteriormente, se dirigieron hacia el norte para hallar las minas de esmeralda en Somondoco y llegaron a la región de Chocontá (Fals Borda, 2017)²⁹. Suesca, como poblado indígena,

²⁸ Tomado de <https://choconta.wordpress.com/informacion-general/historia/> (recuperado el 03.01.2022)

²⁹ Fals Borda (2017) narra la llegada de los españoles a estos territorios contando anécdotas sobre la admiración que al principio generaron los colonizadores, pero, también, la posterior resistencia al darse cuenta de las formas

fue el territorio que recibió a Gonzalo Jiménez de Quesada en 1537, quien probablemente llegó del municipio de Cucunubá, y a donde regresó nuevamente en la segunda mitad del siglo XVI y escribió Los tres ratos de Suesca³⁰. Quesada (2007) señala que Jiménez de Quesada se retiró en Suesca, en 1557, a escribir y “de donde solo sale para acudir a Santa Fe y resolver ciertos asuntos o para ir puntualmente a Cartagena” (Quesada, 2007, p. 164). De allí se desplazó definitivamente a Mariquita, lugar donde falleció en 1579 (Forero, 1949; Quesada, 2007). Ya sea que haya concluido o no la obra que lleva el nombre de Suesca en su título, el hecho de que la haya escrito y haya regresado en sus últimos años da cuenta de una fascinación particular por este lugar y la importancia que pudo tener esta población en tiempos de la conquista.

Fals Borda (2017) narra el proceso de transformación cultural de los *Chocontáes* con la llegada de los conquistadores españoles, al principio, como un proceso de resistencia, y, poco a poco, como un proceso de transformación social y cultural de prácticas y herramientas. Entre estas últimas, vale la pena resaltar, con respecto a la producción agrícola, el uso del azadón que, en la actualidad, continúa siendo una de las principales herramientas asociadas con la actividad agraria en la región y del arado con bueyes, que se mantuvo como una práctica importante hasta finales del siglo XX; incluso, en algunos pocos casos, se mantiene esta práctica de arado con fuerza animal. También, se adoptó el cultivo de ajo y la técnica de la curtiembre (Fals Borda, 2017, p. 12), que se mantiene hasta hoy y que ha sido transformada y a la vez ha transformado el SSET con el que ha coevolucionado.

A pesar de que, durante la época colonial, el pueblo de Chocontá fue declarado una “reducción de indios”, se supone que todos los aborígenes debían trasladarse a este espacio; muchos indígenas permanecían asentados de manera dispersa en el territorio y se formaron algunas agrupaciones comunales que, es probable que lograran luego algún reconocimiento legal por su ocupación *de facto* sobre estas tierras (Fals Borda, 2017, p. 15). Resalta Fals Borda que, a pesar de no poder rastrear algún origen legal del resguardo de Saucío, en Chocontá, no se tuvo evidencia de títulos de propiedad de los españoles por lo menos sobre este resguardo en el siglo XVIII.

en las que estaban arrasando con todo a su paso. En la parte final del texto de Herrera (2008), es interesante la discusión generada entre Bernal y la autora sobre el concepto de guerra en la cultura muisca. Para ahondar en esa discusión, remitirse a Herrera (2008 pp. 24-30).

³⁰ Según señala Forero (1949) y Quesada (2007), la fecha en la que Jiménez de Quesada obtuvo la licencia de impresión de este escrito pudo haber sido 1568, año que se encontró en la Real Cédula del 4 de noviembre de 1568 “mencionada por Don José Torre Revello en sus anales sobre la imprenta americana” (Forero, 1949, p. 421). Sin embargo, de acuerdo con los autores, la obra ha estado perdida y no ha sido posible evidenciar que la haya concluido. En el texto del “Antijovio” se refiere a ella como “Los ratos de Suesca” (Forero, 1949; Quesada, 2007).

No obstante, los indígenas no escapaban de los procesos de tributación y evangelización propios de esta época y, además, se había restringido su movilización en grandes distancias hacia otras tierras altas y bajas, lo que poco a poco debilitó su cultura y ocasionó también que algunos *Chocontáes* migraran a los páramos circundantes o, incluso, se lanzaran al precipicio de la montaña del Choque, ubicada en la zona oriental (Fals Borda, 2017). Fals Borda identificó algunos nombres de grandes haciendas que corresponden actualmente a veredas completas, como lo son Aposentos o Tilatá, las cuales, al parecer, eran propiedad de españoles conquistadores o hijos no reconocidos de españoles con mujeres indígenas. Esta forma de tenencia aún tiene repercusiones en la organización social de la actualidad.

De acuerdo con Molina-Prieto (2015), hay versiones encontradas sobre la fundación de la actual Villapinzón; sin embargo, según las fuentes históricas consultadas por el autor, es claro que fue fundada por los españoles en el siglo XVIII con el nombre de Hato Viejo, pertenecía a Turmequé y que, como se mencionó, no hay registros de poblaciones indígenas asentadas en esta área a la llegada de los españoles. Tampoco se encontró evidencia en la cartografía consultada de que el nacimiento del río Funzha o Bogotá fuera identificado como un sitio sagrado para la cultura muisca, al mismo nivel que el Templo de la Luna en Chía o que la Laguna de Guatavita.

A pesar de lo anterior, es importante resaltar que para la cultura muisca o chibcha el agua era un elemento de culto (Guhl-Nannetti, 2013; M. Herrera, 2008), de manera que, así no se haya evidenciado que era un sitio sagrado, seguramente las aguas de la Laguna del Valle y demás lagunas en el páramo, junto a los ríos y las quebradas, eran de gran importancia en la cosmovisión muisca, la organización social y cultural, y en el desarrollo de sus prácticas agrícolas³¹. De igual manera, ocurre con la Laguna del Choque que, a pesar de no encontrar evidencia de que fuera un lugar sagrado entre la cultura muisca en general, probablemente sí lo era en la cultura de los *Chocontáes* en particular³².

³¹ En la actualidad, el resguardo indígena muisca ubicado en el municipio de Sesquilé realiza visitas al páramo de Guacheneque y hace ofrendas a la Laguna del Valle. Esto fue evidenciado en conversaciones con los guardabosques del municipio de Villapinzón y, además, en una entrevista realizada por los periodistas Juan David Escorcía y Natalia Guerrero en un episodio del podcast Carijonas llamado La Voz del Río Bogotá (<https://www.carijonas.com/la-voz-del-rio-bogota/>).

³² En Molina-Prieto (2015), se presenta una referencia hecha a “Gacheneque”, en el *Diccionario geográfico-histórico de las Indias Occidentales o América, es a saber de los Reinos del Perú, Nueva España, Tierra Firme, Chile y Nuevo Reino de Granada*, publicado en 1787 por el coronel don Antonio de Alcedo, capitán de las Reales Guardias Españolas. Se hace referencia a él como un “monte muy alto de la Provincia de Tunja” y también se refiere al río Funzha o Bogotá como un “río grande y caudaloso del Nuevo Reino de Granada en la provincia de Bogotá” (De Alcedo (1787), como se citó en Molina-Prieto, 2015, p. 23).

De acuerdo con Delgado (2010), “el período colonial dejó en la región de la Sabana de Bogotá una herencia de poblamiento proporcional al alto grado de transformación de sus ecosistemas” (p. 42). Como se ha mencionado, la región andina, que incluye la sabana de Bogotá y todo el altiplano cundiboyacense, ha sido, desde sus primeros habitantes, la región más poblada del país y, por lo tanto, más intervenida y transformada. El altiplano cundiboyacense para el siglo XVIII acogía al 44% de la población colombiana (Tovar Pinzón como se citó en Delgado, 2010). Esta región, por tanto, ha sido escenario continuo de transformación, principalmente, a través de actividades agrícolas para la subsistencia y como escenario de continuas batallas y enfrentamientos entre comunidades indígenas, la llegada de los colonizadores españoles y, luego, las épocas de independencia y república que tampoco estuvieron exentas de violencia y que, seguramente, generaron una profunda transformación.

En estos escenarios violentos, los poblados de Suesca, Chocontá y Hato Viejo jugaron un papel relevante, al ser poblaciones intermedias entre Bogotá y Tunja. A finales del siglo XVIII, cuando se presentaba la Rebelión de los Comuneros, la parroquia de Santa Bárbara de Hato Viejo se pronunció activamente a favor de la independencia, el alcalde de la época declaró su apoyo a la rebelión y, en 1781, el destacamento de Hato Viejo se unió a las filas del ejército comunero en Zipaquirá (Molina-Prieto, 2015): “los indígenas de Chocontá... se encaminaron a Zipaquirá para unirse a las fuerzas principales” (Fals Borda, 2017, p. 18). Durante el período republicano, tanto Hato Viejo como Chocontá fueron escenarios de paso para la batalla y muchos de sus habitantes fueron reclutados para las guerras de independencia (Fals Borda, 2017; Molina-Prieto, 2015).

De acuerdo con Fals Borda (2017) “después de que Bolívar triunfó el 7 de agosto de 1819, los chocontanos, bajo la dirección de Neira, suministraron al ejército libertador una continua cadena de soldados” (p. 20). Estas poblaciones continuaron siendo parte de los conflictos civiles en el siglo XIX y XX, al encontrarse en pleno camino nacional, que unos años más tarde, al comenzar el siglo XX, se convertiría en la Carretera Central del Norte. Todos estos conflictos civiles que las poblaciones tuvieron que enfrentar aportaron a la transformación socioecológica y territorial de esta región y han hecho parte de la coevolución del SSET.

En la primera mitad del siglo XIX (1820), se inició en Villapinzón la primera curtiembre, técnica que, como se mencionó, llegó con los españoles y desde 1880 se propagó entre algunas de las familias del municipio quienes han transmitido el oficio de generación en generación (Escobar, 1993). Las técnicas que se utilizaron en un comienzo eran artesanales y se valían de las cortezas de Encenillo, cal de Ventaquemada y albercas para remojar y trabajar las pieles. Esta actividad se sumó entonces a la actividad agrícola, ganadera y textil que se desarrollaba en este municipio, y, así mismo, ha ido coevolucionando

en el tiempo con el SSET, apropiando ecosistemas y bienes naturales, transformándolos, circulando y excretando materia, energía e información. Ojeda (2004) identificó como un factor dinamizador de este oficio las batallas de independencia que demandaban accesorios de cuero para jinetes y caballos.

Los cambios más sustanciales a nivel agropecuario en la región comenzaron a ocurrir en la segunda mitad del siglo XIX, con la introducción de nuevas razas de ganado proveniente de Europa y nuevas variedades de pastos como el kikuyo; con ello, se dieron las transformaciones necesarias en los ecosistemas de acuerdo con estas exigencias productivas (Delgado, 2015; Ruiz-Nieto, 2022; Yepes, 2001). Estos cambios eran impulsados, entre otros, por la élite bogotana, dueña de grandes haciendas de la Sabana, que ya para entonces tenía conocimiento y cercanía con los avances de Inglaterra y países de Europa central, y buscaba entonces salir del atraso en que se encontraba el país en términos agropecuarios. Estos actores fueron determinantes en la transformación del paisaje, de acuerdo con las exigencias de las nuevas razas y pastos, y desencadenaron drásticas modificaciones en las dinámicas hídricas naturales a través del desecamiento de humedales y llanuras de inundación, y el control de inundaciones con el fin de habilitar terrenos para actividades agropecuarias (Delgado, 2010; Mora-Pacheco, 2016)³³.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX continuaron estos procesos de transformación para el SSET y las diferentes estrategias que utilizaron estas grandes haciendas de la época permitieron que se desarrollaran la actividad agrícola y una ganadería intensiva, aprovechando la alta fertilidad de los suelos de la región explicada en la caracterización de la base natural. Es muy probable que las grandes haciendas que se ubicaban en la parte plana del municipio de Suesca (que comparte muchas de las dinámicas socioecológicas-territoriales del resto de la parte plana de la sabana) hubieran desarrollado también estrategias para evitar que los suelos se inundaran como naturalmente debían hacerlo. Estas dinámicas de adecuación de los espacios naturales en función de los propósitos de los habitantes, especialmente de los grandes hacendados de la Sabana, generaron transformaciones socioecológicas relevantes para la región y, así mismo, dieron como resultado un paisaje fuertemente transformado producto de la acción humana.

Para finales del siglo XIX, en los municipios que hacen parte del SSET de estudio, la actividad ganadera se establecía probablemente en grandes haciendas de la parte plana de Suesca (actual vereda Palmira,

³³ Si bien la Sabana de Bogotá que delimita Delgado no incluye los municipios involucrados en este estudio, se asume que algunos de los procesos sociales y de transformación que se dieron en esta área tuvieron influencia en el SSET que se estudia en esta investigación, al constituirse como el límite norte del área que estudió el autor.

parte de la veredas Guita y Chitiva bajo) y en Chocontá (Guanguita, Las Julias en Saucío, Tilatá y Aposentos, entre otras); sin embargo, en el resto de la zona que corresponde a áreas más elevadas y escarpadas, predominaba la actividad agrícola, principalmente de cereales (maíz, cebada, trigo) y papa en los tres municipios, y de ajo en Chocontá. Teniendo en cuenta que para la región hasta el siglo XX se comenzó a introducir el modelo de modernización que trajo la Revolución Verde, se puede inferir que, para el siglo XIX, la agricultura se caracterizaba por una base orgánica, el trabajo humano y el uso de fuerza animal, como lo señala Urrego-Mesa (2021) para el nivel nacional. La energía solar se constituía, entonces, como la forma de energía principal que, de una u otra forma, dinamizó la transformación de paisajes naturales a paisajes agrarios.

A pesar de lo anterior, los modelos agrícolas empezaban a intensificarse y homogeneizarse de acuerdo con patrones externos de producción que generaron pérdida de biodiversidad y una fuerte presión sobre el agua (Ruiz, 2008). Se articulaban formas de vida distintas: una agrícola campesina y otra empresarial en la que la gran hacienda criolla sabanera se modificaba por la finca-empresa cuyos propietarios hacían parte de la elite bogotana. El SSET de estudio hacía parte de una región que reproducía estilos de vida producto de “la articulación y desarticulación” entre culturas, la indígena y la española, una articulación que configuró un modo de organización social, económica y de propiedad de la tierra (Fals Borda, 1975). Se podían encontrar grandes hacendados con extensos terrenos para la actividad agrícola o ganadera y una mano de obra “cuasi servil” (Montañez *et al.*, 1994, p. 32). La división social entre “el patrón, el mayordomo y el peón”, que viene desde la creación de la Encomienda, marcó el comienzo del siglo XX (Rueda Vargas, como se citó en Montañez *et al.*, 1994) y es una división que, con sus matices, se mantiene hasta hoy.

En términos de los conflictos civiles que azotaron la región en el siglo XIX, el comienzo del siglo XX comenzó con relativa tranquilidad después del fin de la guerra de los Mil Días; sin embargo, también implicó un proceso de recuperación complejo, especialmente, en la zona rural que en medio de ese proceso de “recuperación” enfrentó unas décadas más tarde el período de violencia ocasionado por el enfrentamiento entre liberales y conservadores que duró prácticamente la primera mitad del siglo. Después de la batalla de Palonegro en 1900, el municipio de Hato-Viejo cambió su nombre a Villapinzón, en honor al general Próspero Pinzón quien nació en el municipio en 1856 y venció en aquella famosa batalla.

En las primeras décadas del siglo XX, la construcción del ferrocarril del Nordeste fue un suceso importante para la organización, la transformación y coevolución del SSET de estudio. Entre trámites, ordenanzas y sociedades extranjeras, este proyecto comenzó la construcción en 1924 (Molina-Prieto,

2015). Buscaba comunicar los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, y estuvo a cargo de la sociedad belga *Société Nationale de Chemins de Fer*, primero, hasta Usaquén en 1925, posteriormente, hasta Albaracín en 1930, hasta Tunja en 1931 y, finalmente, la nación compró el proyecto y continuó hacia Paz del Río para transportar material en 1938³⁴. El mapa No.79 publicado en la Revista del Consejo Administrativo de los Ferrocarriles Nacionales en 1950 detalla las estaciones por las que pasaba el ferrocarril mostrando a Suesca, Chocontá y Villapinzón como estaciones intermedias en el tramo a la siderúrgica³⁵.

Este proyecto significó una transformación importante no solo en las dinámicas sociales, sino también en las dinámicas ecológicas. Promovió la generación de empleo en la construcción y en la operación del sistema ferroviario y mejoró la conectividad con Bogotá y otras regiones de manera relativamente más eficiente, pero, a la vez, su trazado implicó una fragmentación en los bosques inundables, los humedales y otros ecosistemas que se encontraban en la zona de influencia del proyecto, que es paralela al cauce del río Funzha o Bogotá en el SSET de estudio.

De igual manera, la construcción de la Carretera Central del Norte, modificada entre 1910 y 1940, implicó una transformación importante en las dinámicas socioecológicas de la región, no solo en términos de empleo, conectividad y fragmentación de ecosistemas, sino también en la disponibilidad del material para la construcción y mantenimiento de la vía. Como lo señala Fals Borda (2017) “el cerro de los Arrayanes, que probablemente había sido una 'colina sagrada' de los *Chocontás* de la localidad resultó poseer un excelente material de relleno y recebo” (p. 23). Seguramente, este cerro al que hace referencia el autor corresponde a la formación geológica Tilatá, mencionada en la caracterización de la base natural, que contiene justamente este tipo de material y se encuentra en algunas zonas a lado y lado del río Funzha o Bogotá (ver Mapa 3-2 (b)).

A partir del desarrollo de vías (carretera y ferrocarril), se incrementó la relación de la ciudad con los municipios de la región circundante. “Los viajes y las comunicaciones a Bogotá se facilitaron” (Fals Borda, 2017, p. 23) y dinamizaron la migración de campesinos y campesinas hacia la ciudad para emplearse como obreros y en labores domésticas, respectivamente. También se dio una influencia cultural en dirección opuesta, lo que permitió que otras dinámicas culturales diferentes a la agrícola y rural llegaran a estas regiones (Fals Borda, 2017). Sin duda, las relaciones de los municipios que configuran el SSET de estudio con la ciudad se incrementaron y este fenómeno que ocurrió con toda la

³⁴ Tomado de https://www.banrepcultural.org/ferrocarriles/secciones/ferrocarril_nordeste.htm

³⁵ Recuperado de: <https://www.museodelferrocarril.org/literaturaferroviaria/co/index.asp>

Sabana de Bogotá³⁶ desde la colonia hasta “bien entrado” el siglo XX contribuyó a configurar una formación social regional particular (Montañez *et al.*, 1994, p. 31). A pesar de lo anterior, de acuerdo con Montañez *et al.* (1994), estas relaciones se fueron debilitando a medida que se incrementó el crecimiento en la ciudad de Bogotá.

La primera mitad del siglo XX termina con un proyecto muy importante en el SSET de estudio que también contribuyó a transformar las dinámicas socioecológicas-territoriales y es la construcción de la represa del Sisga, proyecto que se comenzó a intentar en 1946 por ingenieros colombianos y que finalmente se construyó en 1948 por una compañía estadounidense (Fals Borda, 2017). Al igual que los proyectos de carretera y ferrocarril, la construcción de la represa transformó la dinámica agrícola en la zona de influencia. Muchos agricultores se dedicaron a la mecánica y tuvieron conocimiento sobre la maquinaria y equipo pesado que llegó con esta obra, lo que a su vez generó una disminución de la actividad agrícola, pues las mujeres y personas mayores ya no podían reemplazar toda la mano de obra que se requería para esta actividad (Fals Borda, 2017, p. 25).

3.3.2 Segunda Mitad del XX hasta la Actualidad

Como se ha mencionado en la introducción a esta sección, el período comprendido entre la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad corresponde con el periodo de estudio, por lo cual se hace en esta subsección una caracterización más detallada de la base social en este tiempo. Para ello, se presenta la dinámica poblacional del SSET y de los municipios que lo componen, los principales actores sociales e institucionales y algunas relaciones entre estos actores, junto con las principales actividades económicas de los municipios que componen el SSET.

❖ Dinámica Poblacional, Actores Sociales e Instituciones

A partir de los años 50 una de las zonas a las cuales se dirigió parte de la población desplazada por la violencia política en el país fue Bogotá y la Sabana, principalmente, desde los departamentos del Tolima, Boyacá, Santander y algunas áreas de Cundinamarca (Montañez *et al.*, 1994). Por su estrecha relación con Bogotá, los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca recibieron a una parte de esta población

³⁶ En el trabajo de Montañez *et al.*, el área de la Sabana de Bogotá incluye a los municipios que hacen parte del SSET de este estudio: “para el presente estudio se dio el nombre de “Sabana de Bogotá” a la cuenca alta del Río Bogotá” (Montañez *et al.*, 1994, p. 31).

desplazada que, sumado a su propio crecimiento y al de Bogotá y Tunja, fue incrementando el número de habitantes, especialmente, en las zonas urbanas.

La población de este SSET se ha conformado con actores diversos a través del tiempo. A principios del período de estudio, la población era principalmente rural y predominaban las dinámicas campesinas con sistemas de producción agropecuarios. Sin embargo, a pesar de que la producción agropecuaria era predominante, algunos habitantes rurales habían comenzado a migrar a otras actividades, motivados por las posibilidades que se abrían frente al mejoramiento de la comunicación y la movilidad con Bogotá, a la existencia de carreteras y ferrocarril y a los problemas relacionados con la producción agrícola.

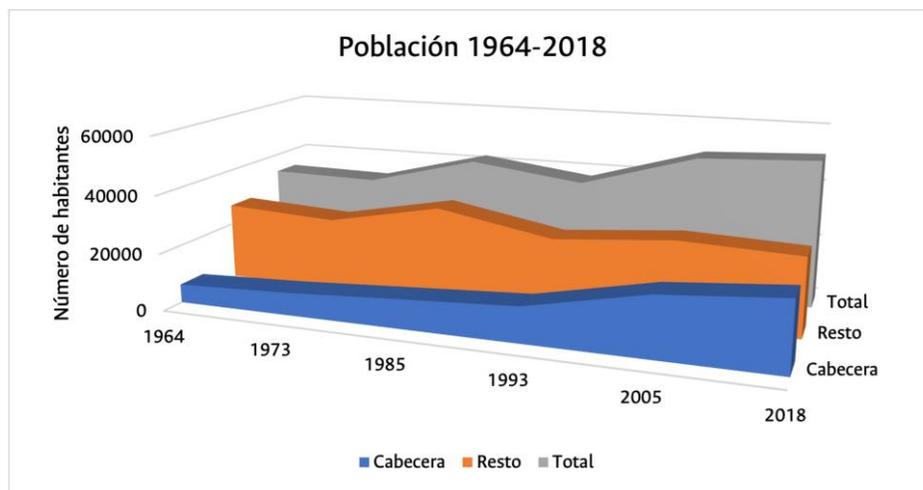
Como se mencionó en párrafos anteriores, en el caso concreto de Chocontá, la construcción de la represa del Sisga tuvo una gran influencia en la transformación socioecológica y territorial de esta región; adicional a las drásticas modificaciones en el paisaje y en los sistemas naturales que se requirieron para construir esta obra, socialmente influyó en la organización social y familiar del trabajo y, además, en que algunos jóvenes conocieran actividades y oficios diferentes a los relacionados con los sistemas agropecuarios. Esta gran obra seguramente tuvo una influencia similar en los otros dos municipios, gracias a su cercanía.

La Figura 3-3 muestra la población de todo el SSET diferenciada por población de cabecera municipal (área urbana) y resto de municipio que corresponde al área rural y la figura 3-4 presenta la dinámica poblacional de cada municipio en el período de tiempo seleccionado con base en la información proveniente del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). De acuerdo con estos datos, la población de las cabeceras urbanas de los tres municipios aumentó de 19% en 1964 a 47% en 2018. Consecuentemente, la población rural disminuyó del 81% en 1964 al 53%.

Dentro de los actores sociales rurales no solo se han encontrado allí los habitantes tradicionales campesinos y otros habitantes de la zona rural que no se han dedicado a la producción agropecuaria, se han empleado en otras labores rurales o han prestado servicios de vigilancia o construcción; también, han confluído, en estos espacios, hacendados o propietarios de grandes extensiones de tierra, quienes han reproducido la diferenciación de clases heredada de la colonia que continuó en la tradición criolla sabanera entre el patrón, mayordomo y peón. Esta estructura de clases se ha mantenido hasta hoy y se ha complejizado con la dinámica de arrendamientos de tierra para la producción agropecuaria, especialmente, la producción de papa, que, como se verá más adelante, ha sido el cultivo que más ha crecido en el tiempo y que se consolida hoy como el cultivo principal del SSET, a pesar de las dificultades que presenta este sistema de producción, especialmente para los pequeños productores en cuanto a la

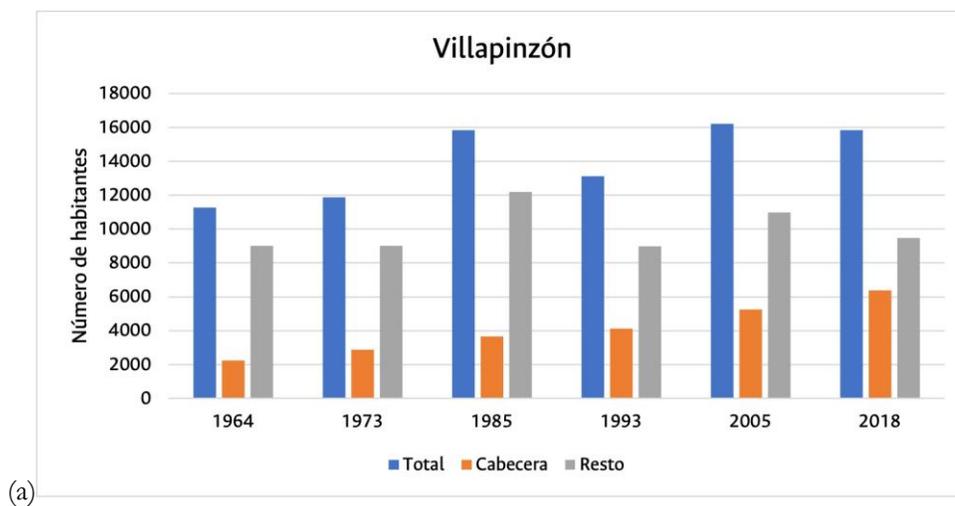
comercialización del producto final. Cada uno de estos actores sociales, de acuerdo con su historia, sus contextos y prácticas, metaboliza de manera diferente la naturaleza sobre la que se asienta, genera diferentes relaciones con sus entornos y configura así territorios diversos.

Figura 3-3: Población del SSET y cada Municipio que lo conforma 1964-2018

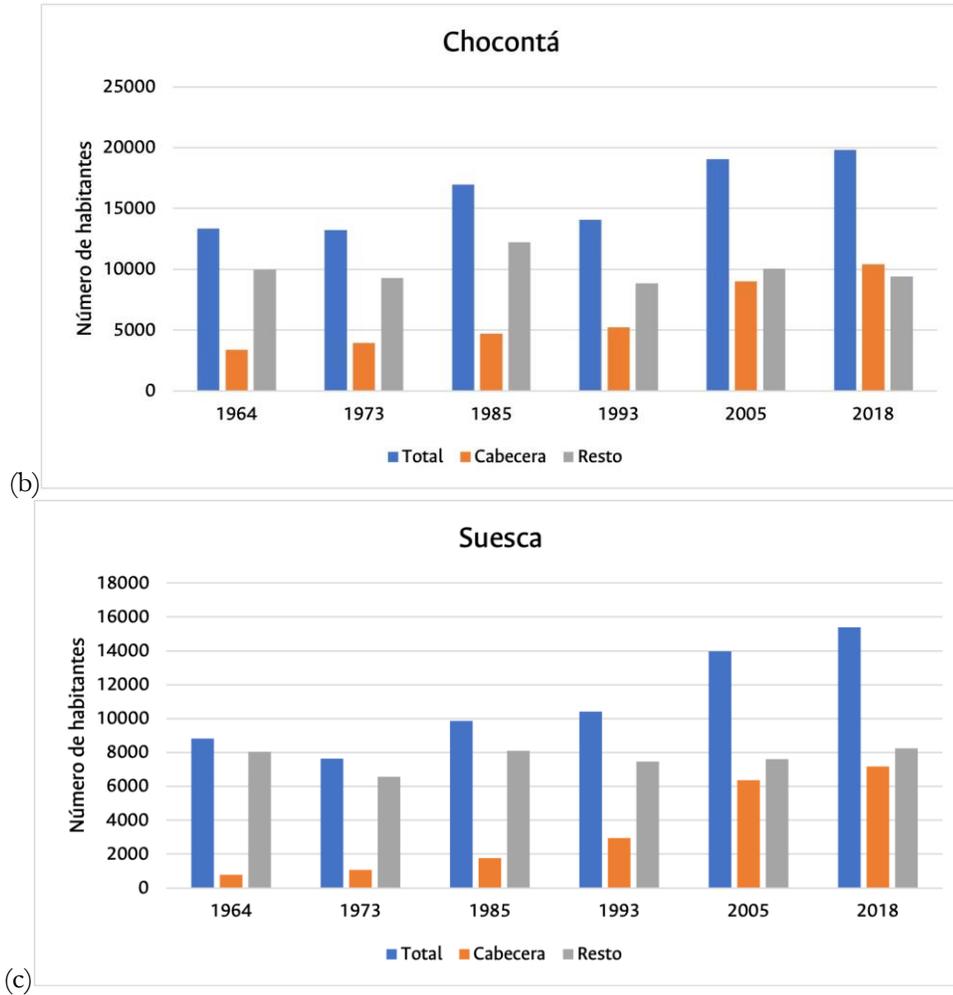


Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE (1965, 1978, 1986, 1997, 2008, 2018)

Figura 3-4: Población de cada Municipio que conforma el SSET 1964-2018



(a)



Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE (1965, 1978, 1986, 1997, 2008, 2018)

Por su ubicación en plena carretera Central del Norte, estos municipios han recibido población que migra de diferentes partes del país, lo que también ha contribuido a diversificar los actores sociales, campesinos de otras regiones y también población urbana que ha ido migrando a espacios rurales. Estas migraciones se han dinamizado con mayor fuerza en lo que va corrido del siglo XXI por el crecimiento y consolidación de actividades económicas como el turismo. En este sentido, el SSET no solo es territorio de campesinos nativos de estas tierras, sino que poco a poco se diversifica con la presencia de campesinos de otras regiones y población neorrural³⁷, actores que han tenido una fuerte influencia en

³⁷ De acuerdo con Nogué i Font (1988), la expresión de *población neorrural* ha sido utilizada por geógrafos y sociólogos desde los años 70 para referirse a “todas aquellas personas que abandonan la ciudad y se dirigen al campo con un proyecto de vida alternativo, que puede ser tan diverso como diversas son las actividades a realizar” (p. 145).

las dinámicas socioecológicas-territoriales y que también han coevolucionado con los espacios naturales, los han apropiado y han contribuido a su transformación.

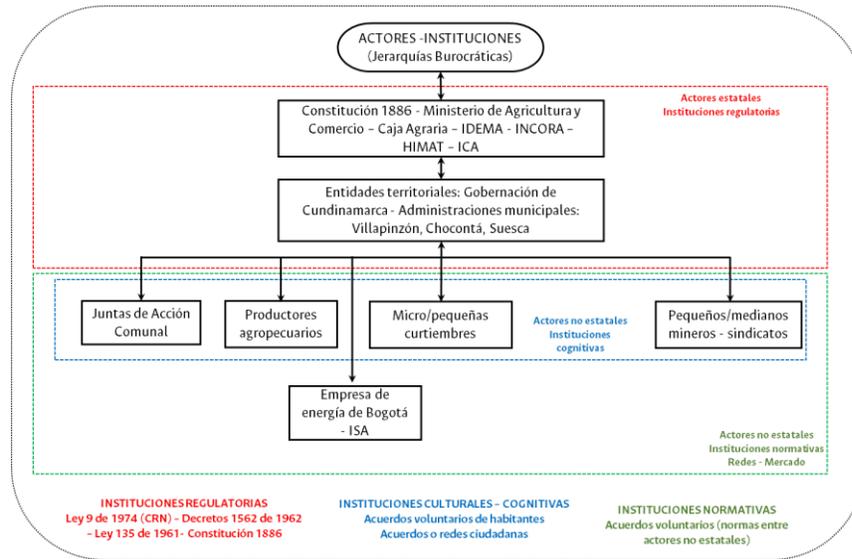
En la segunda mitad del siglo XX, las instituciones formales de mayor relevancia eran las correspondientes a las unidades político administrativas (departamentos y municipios) y, por ser estos municipios principalmente agropecuarios, tuvieron una gran influencia las instituciones formales relacionadas con el agro como el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), la Caja Colombiana de Crédito Agrícola Industrial y Minero Caja Agraria, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA). Estas instituciones de tipo regulatorio, instauradas por leyes y decretos, tenían mucha relevancia en las dinámicas socioeconómicas de estos espacios y dinamizaron también las transformaciones que se dieron entonces. Un análisis sobre estas y su influencia en el territorio y en su metabolismo se ampliará en la siguiente sección.

Hacia finales de los años 50, se institucionalizó la acción comunal a través de la creación de Juntas de Acción Comunal (JAC)³⁸, la organización social de base con más arraigo y cobertura en Colombia. Estas instituciones no estatales tuvieron su origen e inspiración en prácticas comunitarias de apoyo mutuo que fueron propias de las comunidades indígenas y también de poblaciones campesinas de estas regiones. Estas formas de ayuda mutua también se expresaron en la creación de asociaciones y cooperativas para la producción agropecuaria, formas de colaboración que, aunque con ciertas debilidades, se mantienen hoy.

Para el final del siglo XX, con la creación de la Ley 99 de 1993, se sumaron a las instituciones agrarias, las autoridades de tipo ambiental, instituciones de carácter formal como las autoridades ambientales de carácter regional y nacional (como el Ministerio de Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales), que comenzaron a jugar un papel relevante en la dinámica socioecológica-territorial de la región. La presencia de autoridades ambientales generó tensiones con algunos habitantes, como los curtidores de Villapinzón y Chocontá, o los mineros en Suesca. Las figuras 3-5 y 3-6 presentan un mapa de los principales actores e instituciones en el SSET para 1960 y la actualidad, respectivamente, realizados con base en el concepto de jerarquías burocráticas desarrollado por Pahl-Wostl (2009), actores estatales y no estatales, e instituciones de tipo regulatorio, cognitivo y normativo.

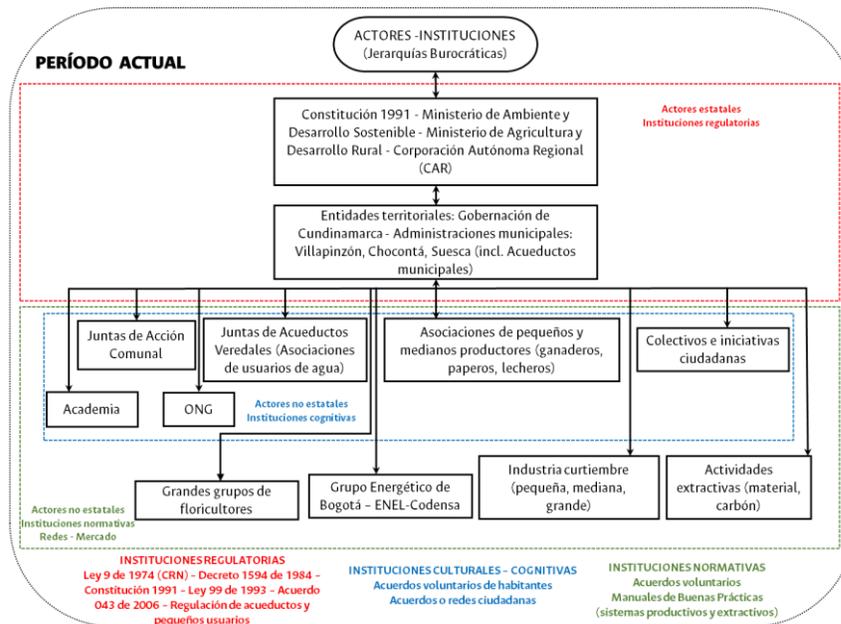
³⁸ Orlando Fals Borda tuvo una gran influencia en la creación de Juntas de Acción Comunal en Colombia a partir de su experiencia en la vereda Saucío en Chocontá.

Figura 3-5: *Mapa de Actores-Instituciones en el SSET - Segunda Mitad Siglo XX*



Nota. Elaboración propia a partir de Pabl-Wostl (2009)

Figura 3-6: *Mapa de Actores-Instituciones en el SSET – Actualidad*



Nota. Elaboración propia a partir de Pabl-Wostl (2009)

❖ *Relaciones entre Actores e Instituciones*

Las relaciones entre los actores pueden ser vistas en diferentes escalas: a nivel del hogar, de comunidad y con respecto a actores externos a la comunidad local de base. Además, se complementan estas interacciones con aquellas que se establecen entre actores e instituciones de diversa naturaleza y con las que emergen con actores no humanos, como los sistemas naturales y la tecnología. Esta red de relaciones metabólicas en coevolución ha producido y configurado territorios diversos en el tiempo a partir de diferentes formas de apropiación en este entorno rural. En esta subsección, se abordan algunas de las relaciones entre actores sociales y entre actores e instituciones para posteriormente, en el siguiente capítulo, abordar las relaciones de estos con los sistemas naturales y la tecnología a través de la mirada del metabolismo territorial.

Las dinámicas económicas han jugado un papel esencial en la división de labores y roles dentro de los hogares en este SSET en el período de estudio³⁹. Como se ha mencionado ya, las actividades agropecuarias han sido predominantes a través del tiempo en estos espacios y esto ha traído consigo una división de labores y roles dentro del hogar, que ha combinado actividades domésticas y de subsistencia con las actividades económicas. Las labores más pesadas dentro de la producción agropecuaria han sido realizadas por los hombres o los jóvenes mayores, mientras que las mujeres se han encargado de otros oficios que han demandado menos fuerza, pero que también han sido indispensables para la producción. Adicionalmente, las mujeres se encargaban del cuidado de los hijos, del mantenimiento de los animales y la huerta en la que se producían la mayoría de los alimentos que se consumían en el hogar.

En el caso de Suesca particularmente y algunas veredas de Chocontá, como Manacá, gracias a las formaciones geológicas mencionadas en secciones anteriores, la minería de carbón se encontraba en auge en la primera mitad de siglo y generaba una división del trabajo particular. Los hombres eran quienes principalmente trabajaban en las minas, mientras que las mujeres y los jóvenes, como se mencionó, se encargaban de las labores del hogar, del cuidado y de la huerta familiar. De acuerdo con la historia de vida de don Gratiliano Bueno (QEPD), realizada para esta investigación, antes de 1948, la costumbre de los mineros era salir de las minas a las chicherías y “tú no encontrabas sino un poco de gente negra llena de carbón tomando chicha, esa era la vida de Suesca, solamente chicha” (G. Bueno,

³⁹ Más adelante, se hará mayor énfasis en la caracterización de las actividades económicas. En esta parte se quieren relacionar las divisiones de roles dentro de los hogares generadas por estas actividades.

comunicación personal, 16 de marzo de 2020), lo que daba la impresión de un “pueblo miserable”⁴⁰. Esta actividad fue perdiendo fuerza, por un lado, porque el material comenzaba a escasear (Luque, 2021), y, por otro, por la llegada de la floricultura a la Sabana de Bogotá.

La floricultura generó un cambio radical en las relaciones familiares y los roles de los integrantes del hogar en los últimos años del siglo XX. Esta actividad fue la primera que ofreció un empleo formal a las mujeres, por lo que las labores realizadas por ellas en la producción agropecuaria y otras asociadas al trabajo y al cuidado de los hijos en el hogar fueron reemplazadas por extenuantes jornadas laborales en los cultivos de flores que, para las décadas del 80 y 90, eran reconocidos por un proceso de flexibilización laboral (Camacho y Reina, 2006; González, 2014; Páez, 2009). A pesar de que en su mayoría los cultivos de flores emplearon mujeres para labores culturales y de postcosecha, los hombres también eran empleados en labores de preparación de terreno, fumigación, seguridad y vigilancia y otros oficios.

Posteriormente, cuando los jóvenes cumplían la mayoría de edad, también podían entrar a trabajar y esto generaba una cierta estabilidad laboral y de ingresos para las familias; sin embargo, generaba otra serie de dinámicas con relación al trabajo agrícola familiar tradicional y a la posibilidad de considerar otras alternativas de vida. Don Gratiniano Bueno, en su historia de vida, señala como positiva la transformación generada por esta actividad económica, porque la floricultura, de acuerdo con él, había cambiado al “pueblo miserable”⁴¹ que era en la época de la minería y la chicha. Sustentaba sus afirmaciones contando que el empleo en los cultivos de flores suponía que algunas familias, en las que 4 o 5 hijos trabajaban y juntaban su sueldo, podían tener algún capital para ahorrar o para invertir, algo que antes no se podían permitir al depender únicamente del trabajo agrícola o minero. Algunos testimonios de habitantes de Suesca que se pensionaron de los cultivos de flores confirman la valoración positiva del empleo en el cultivo, a pesar de las difíciles condiciones de trabajo, especialmente, en esta época de finales de siglo XX.

Frente al cambio de rol en la mujer generado por esta actividad económica, Luque (2021) presenta un testimonio de uno de los “patriarcas de la vereda” de Guita en Suesca en el que expresa la separación que generó esta nueva dinámica laboral con respecto al trabajo agrícola, que era el predominante anteriormente:

⁴⁰ Don Gratiniano Bueno señaló “es que esto fue un municipio demasiado pobre, incluso fue titulado en el diario El Espectador como el municipio más miserable de Cundinamarca” (G. Bueno, comunicación personal, 16 de marzo de 2020).

⁴¹ Vale la pena aclarar que esta valoración de “miserable” corresponde a lo expresado por don Gratiniano Bueno y no a una valoración que se otorga desde la investigación.

Llegaron las flores, en el 75, entonces eso generó empleo para la mujer, ósea a ella se le olvidó el trabajo que estaba haciendo [la agricultura familiar], entonces eso generó empleo para los jóvenes, entonces a ellos ya les gustó las flores y dejaron el azadón, dejaron la agricultura para irse a flores. (Don Porfidio Cortés como se citó en Luque, 2021, p. 78).

Según la mirada de Luque (2021), la mujer cambia de un rol reproductivo a uno productivo que se mantiene hasta hoy en la producción de flores. Frente a esta idea, vale la pena poner en discusión dos aspectos, por un lado, el hecho de que el trabajo femenino anterior a las flores ya era un trabajo productivo, al ser ellas las encargadas de la huerta familiar, de la producción y preparación de alimentos para las familias, dinámica que se perdió con su entrada al mercado laboral de la floricultura pero que tenía mucha importancia y continúa teniéndola hoy. Por otra parte, el rol reproductivo se mantiene, a pesar de alternar sus labores de cuidado del hogar con el empleo en los cultivos de flores, por lo que este rol, si bien se ha transformado, no se ha perdido en su totalidad

Por fuera de los hogares, se han dado también relaciones que vale la pena señalar, de los hogares y familias con el resto de la comunidad para la realización de ciertas actividades de manera colectiva, como la construcción de escuelas (caso de Saucío en Chocontá citado por Fals Borda (2017)) o prácticas agropecuarias colaborativas (Luque, 2021). Con información recolectada en entrevistas y conversaciones con habitantes y productores de los tres municipios durante el trabajo de campo de la investigación y validado por el trabajo de Fals Borda (2017) en Chocontá y Luque (2021) en Suesca, se puede afirmar que el trabajo colaborativo en estas comunidades ha sido un factor de importancia en el período de estudio a pesar de que no sea ampliamente conocido.

Luque (2021) señala que era común que se ayudaran entre las familias en la vereda de Güita en Suesca para la época del 60 y Fals Borda narra cómo se realizaban colaborativamente tareas agrícolas en la vereda Saucío en Chocontá, para la siembra o cosecha de los cultivos y otras tareas como trillar el trigo o la cebada. Vidal González también describe el proceso del trillado del trigo en Villapinzón, oficio común en esos tiempos⁴². Además del trabajo comunitario para ciertos oficios agrícolas o de construcción, se realizaba en el territorio la práctica de intercambio de bienes o “trueque de pequeños excedentes con los vecinos” (Luque, 2021, p. 71), práctica que perdió fuerza con el tiempo.

⁴² La transcripción completa de la entrevista a Vidal González se encuentra en versión digital. El enlace se encuentra en el Anexo B.

Con respecto a la organización social para el trabajo comunitario en la actualidad, durante las entrevistas y conversaciones informales se observó que han disminuido, en términos generales, en todo el territorio con el paso del tiempo, a pesar de que algunas veredas en los municipios todavía realizan actividades colaborativas para ciertos oficios, como es el caso de las veredas Tenería y Hato Grande en Suesca o la vereda Soatama en Villapinzón⁴³. Durante una conversación con productores agropecuarios de este municipio, llamó la atención el comentario de un productor sobre esta práctica colaborativa, quien hizo referencia a que la colaboración entre vecinos para el riego de los cultivos de papa se realizaba actualmente solo en la vereda Soatama y no en otras veredas del municipio, lo cual fue corroborado efectivamente por otros dos productores de veredas diferentes a esta. El trabajo realizado por el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia y el IAvH (2015), en los complejos de páramos del Altiplano Cundiboyacense e Iguaque-Merchán, con cercanía al SSET, también destacó la organización de la economía campesina de la región cundiboyacense a través de diversos modos asociativos y trueques de trabajo.

Otra de las relaciones entre actores que es necesario destacar tiene que ver con la relación entre los grandes propietarios, en muchas ocasiones externos al territorio, y pequeños y medianos propietarios nacidos en el territorio o que han migrado de otros espacios rurales, relación que ha reproducido, como se mencionó, la diferenciación de clases creada en la época colonial (Montañez *et al.*, 1994). Esta relación jerárquica y desigual se mantiene hasta hoy en estos municipios y ha estado vinculada a la propiedad de la tierra y a la estratificación social en Colombia (Fals Borda, 2017, p. 165).

Los campesinos que han perdido el arraigo por el trabajo agrario o que no encuentran posibilidades económicas en estas actividades, trabajan como mayordomos, administradores o como “peones” u obreros en grandes fincas de ganadería de leche, de producción de papa o en cultivos de flores para exportación. Los dueños o patrones ejercen poder sobre aquellos que trabajan para ellos, mayordomos u obreros, lo que exacerba las desigualdades y el clasismo en la región. A pesar de que la clase media a mediados del siglo XX estaba en aumento, especialmente en las zonas urbanas, las brechas eran muy grandes entre “el grupo selecto, educado, rico y activo en política” y “las masas de campesinos

⁴³ Esta vereda es la más alejada del casco urbano y tiene su extensión en la cuenca del río Garagoa; por su altura, la vereda presenta un clima muy frío y húmedo en la época lluviosa y tiene una alta disponibilidad de agua. Se caracteriza por una organización social fuerte que se ha consolidado con diferentes procesos, entre ellos, el hecho de ser la única vereda reconocida como víctima del conflicto armado. Durante los talleres realizados para la investigación, esta vereda fue la que mayor participación tuvo y en donde se pudo evidenciar una fuerte cohesión social entre sus habitantes. En la historia de vida de Vidal González, él comentó también que en esta vereda era donde todavía se podían encontrar cultivos de chuguas y rubas.

analfabetas, pobres y políticamente explotados, así como sus hermanos, los miembros de la clase obrera en las ciudades” (Fals Borda, 2017, p. 165).

En este sentido, otra relación que vale la pena destacar es la distribución de la propiedad rural y la tenencia de la tierra, pues constituye un factor esencial para entender las dinámicas de apropiación y transformación de este SSET en el período de tiempo seleccionado, en el contexto de un país como Colombia, profundamente desigual, especialmente en las zonas rurales. Debido a la dificultad de tener datos municipales, es preciso tener presente la situación a nivel nacional y, posteriormente, hasta donde la información disponible lo permite, se hace referencia a la situación de los municipios en particular.

Para las décadas del 50 y 60, a nivel nacional, las muestras nacionales agropecuarias que se realizaron durante el gobierno del general Gustavo Rojas Pinilla mostraban la inequitativa distribución de la propiedad de la tierra (IGAC, 2012). Comparativamente de acuerdo con la información de los años 1956, 1960 y 1970, aún con sus diferencias metodológicas, la estructura de distribución entre tamaños de explotación se mantiene similar (IGAC, 2012). En 1960, cerca del 40% de la población que derivaba sus ingresos de actividades agropecuarias, carecían de tierra total o parcialmente. Durante esta época, el sector agropecuario no podía desarrollarse satisfactoriamente, pues la estructura socioeconómica tradicional predominaba (grandes haciendas y latifundios) y la distribución de la propiedad generaba que la tierra y el trabajo rural fueran subutilizados.

Los mecanismos de redistribución de la tierra reproducían la estructura agraria colonial de antaño y los pequeños campesinos no tenían acceso a los servicios estatales y, por supuesto, tampoco a la tierra. A pesar de que los datos presentados por el IGAC (2012) muestran una reducción en el coeficiente GINI⁴⁴ nacional entre 1960 y 1984 (de 0,868 a 0,840), la reducción es poco significativa y el valor para 1984 aún representa una gran desigualdad en el país con respecto a la propiedad rural. A pesar de esta pequeña disminución en el coeficiente, la primera encuesta nacional agropecuaria (Penagro), realizada a comienzos de los años 90, mostró que se mantenía una alta concentración de la propiedad de la tierra y una subutilización para el uso agropecuario en las grandes propiedades, lo que no ocurría en las pequeñas. De acuerdo con el análisis histórico de las estadísticas de la distribución y concentración de la tierra realizado por el IGAC (2012), el país mantiene un *continuum* de desigualdad estructural en la propiedad rural.

⁴⁴ El coeficiente GINI es un indicador de la desigualdad de la tierra y tiene una escala de 0 a 1 donde 0 es la mayor equidad y 1 la mayor inequidad en la tenencia de la tierra. Esta última es el reflejo de las relaciones de poder entre personas y grupos en el uso de la tierra (IGAC, 2012).

A pesar de ese desigual panorama nacional, de acuerdo con el MADR y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en el censo del Minifundio⁴⁵ en Colombia realizado en febrero de 1995 (con base en la información catastral 1990 – 2002), Cundinamarca fue uno de los departamentos típicamente minifundistas junto a Cauca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Caldas y Santander (MADR e IICA, 1995). Esta situación ha sido corroborada a nivel municipal en la actualidad a través de conversaciones con funcionarios de las entidades territoriales y otros habitantes de la región. En estas conversaciones destacan la importancia de los pequeños y medianos productores por encima de los grandes hacendados y latifundistas que a pesar de tener grandes extensiones de terreno no representan el mayor porcentaje de la población ni sus tierras representan los mayores porcentajes con respecto al área total municipal.

En la información cartográfica de catastro público actualizada por el IGAC en 2021⁴⁶, se observa que en el área municipal rural de Suesca y Chocontá⁴⁷ predomina el minifundio con el 86% de los predios con área menor o igual a 4.1 ha. Los predios de mayor extensión, con áreas mayores a 500 ha corresponden al 0,03% (5 predios). De acuerdo con el trabajo de campo realizado en los tres municipios, se puede inferir que el municipio de Villapinzón también es principalmente minifundista, a pesar de no tener los datos correspondientes al catastro. La Tabla 3-2 presenta el número de predios por área y su distribución porcentual.

Los censos agropecuarios de 1960 y 2014 presentan datos relativos a la tenencia de la tierra, con respecto a la vivienda propia, en arriendo o mixta. Para 1960, predominaba la tenencia propia en los tres municipios; en Suesca particularmente, la tenencia propia estaba por encima del 80% del total de las explotaciones censadas y, en los otros dos municipios, en valores superiores al 70% del total. En términos de la vivienda en arriendo y mixta, Villapinzón y Suesca presentaron valores mayores para la tenencia mixta, mientras que Chocontá presentó valores superiores para la tenencia en arriendo. En 2014, la situación en general continuó siendo la misma en términos de tenencia propia. Sin embargo,

⁴⁵ “Para efectos censales el minifundio fue definido como todos los predios menores o iguales a una Unidad Agrícola Familiar (UAF) que de acuerdo con la definición de la ley 161 de 1994, de su explotación se debería obtener un ingreso correspondiente a 3 salarios mínimos” (IGAC, 2012, p. 61). Tamaño promedio nacional 4.14 ha

⁴⁶ Recuperado de: <https://geoportalligac.gov.co/contenido/datos-abiertos-catastro> (consultado en septiembre de 2021)

⁴⁷ En este mapa de catastro público no se encontró la información referente al municipio de Villapinzón, por lo que se hace referencia únicamente a la información de los municipios de Suesca y Chocontá. El total de predios de los dos municipios en este mapa es de 14759.

llama la atención que Suesca pasó de ser el municipio con valores superiores al 80% en 1960 a tener el valor más bajo en 2014 (63% de las unidades de producción agropecuaria (UPA)). Además de lo anterior, los tres municipios aumentaron sus porcentajes de tenencia en arriendo, siendo superiores en los tres casos a la tenencia mixta.

Tabla 3-2: *Área Predial y su Distribución por Tamaño. Municipios de Suesca y Chocontá*

Rango de tamaño (ha)	Número de predios	%
0 a 4.1	12566	86,19%
4.1 a 10	1245	8,54%
10 a 50	676	4,64%
50 a 100	59	0,40%
100 a 500	28	0,19%
más de 500	5	0,03%

Nota. Elaboración propia con base en Datos Abiertos Subdirección Catastro Geoportal IGAC (Consultado en septiembre de 2021) (<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-catastro>)

En este caso, también fue Suesca el municipio que registró mayores cambios, pasando de registrar el menor valor en tenencia de arriendo a tener el mayor valor en 2014 en comparación a los otros dos municipios. Los cambios que se evidencian en la información registrada por el DANE en los censos agropecuarios permiten identificar transformaciones importantes en la tenencia de la tierra, en el período de tiempo seleccionado. Suesca presenta una disminución importante en la tenencia propia y a su vez un aumento en los procesos de arrendamiento. El municipio de Chocontá no presenta mayores cambios en la distribución porcentual de los tipos de tenencia registrados, mientras que Villapinzón, a pesar de mantenerse en un porcentaje similar en tenencia propia para el 60, duplicó la tenencia de arriendo, pasando de un 11% a un 20% de las UPA censadas.

Esta información adquiere aún más relevancia al cotejarse con algunas de las conversaciones llevadas a cabo en el trabajo de campo sobre las dinámicas de arriendo de los terrenos, especialmente para la producción de papa. Debido a que no se cultivan más de dos ciclos de papa en el mismo terreno, los arrendatarios, en una suerte de rotación regional, mueven su paquete tecnológico de producción intensiva de papa por toda la región. Los propietarios de estas tierras, al no tener capital suficiente para invertir en el cultivo, toman la opción de arrendar a estos productores y, al terminar los ciclos de producción, dejar la tierra en descanso o, en caso de tener animales, la utilizan para pastoreo. En este escenario, los arrendatarios no suelen tener prácticas sustentables frente al manejo del suelo, el agua o

los ecosistemas, sus formas de apropiación son agresivas con el sistema natural, lo transforman y lo degradan paulatinamente.

❖ *Economía*

La economía de este SSET a través del tiempo se ha basado en la producción agropecuaria como actividad dominante. En la década de los años 50, la región principalmente se organizaba alrededor de la actividad agraria a pequeña escala, principalmente cultivos de cebada, maíz, trigo y papa. En Chocontá, también era importante el cultivo de ajo (Fals Borda, 2017; F. Salgado, comunicación personal, 20 de enero de 2021). La agricultura de cebada se dinamizó en la segunda mitad del siglo, entre otras causas, por la prohibición del consumo de chicha después de El Bogotazo (9 de abril de 1948)⁴⁸, lo que aumentó el consumo de cerveza.

Esta prohibición fue aprovechada por la empresa Bavaria, que había sido fundada en 1889 y que, para 1948, ya tenía varias plantas de producción en el país⁴⁹. Entre 1948 y 1950, entraron en operación plantas cerveceras en diferentes ciudades del país (Bucaramanga, Girardot, Buga, Villavicencio, Neiva, Ibagué y Armenia), lo que incrementó la demanda de los insumos que se producían en la región del Altiplano Cundiboyacense. Los agricultores de los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca vieron entonces una oportunidad de mercado en la producción de cebada.

A pesar de que, en general, la información recolectada en las entrevistas y conversaciones señala los cereales como producto principal en esta época, la información reportada en el Primer Censo Nacional Agropecuario evidencia una presencia importante del cultivo de papa, especialmente en los municipios de Villapinzón y Chocontá; sin embargo, no era el producto principal. En el municipio de Suesca, hacia mediados del siglo XX, había algunas grandes haciendas (3 o 4) en la parte plana del municipio, pero las demás veredas, ubicadas en las zonas montañosas, eran principalmente agrarias con producción de trigo y cebada (Luque, 2021). Al respecto de la producción de cereales, don Gratiliano Bueno expresó:

Suesca en un tiempo la gente se dedicó a sembrar trigo y cebada, después vinieron los convenios del gobierno con el exterior entonces ya acabaron con el pobre agricultor y empezaron a

⁴⁸ Prohibida a través del decreto 1839 de 1948, firmado el 2 de junio por el presidente Mariano Ospina Pérez (recuperado de <https://www.suin-juriscal.gov.co/clp/contenidos.dll/Decretos/1359221?fn=document-frame.htm%24f=templates%243.0>).

⁴⁹ Antes del 48, la empresa ya contaba con alrededor de 9 plantas de cerveza en todo el país (www.bavaria.co).

importar todo el trigo y la cebada entonces ya no había nada más que hacer. la gente quedó sin que hacer en las fincas pequeñas y medianas. Las grandes no porque las grandes tenían sus mercados fijos de leche y todas esas cosas”. (G. Bueno, comunicación personal, 16 de marzo de 2019)

Vidal González, por su parte, con respecto a la producción agropecuaria en esta época en el municipio de Villapinzón señaló que:

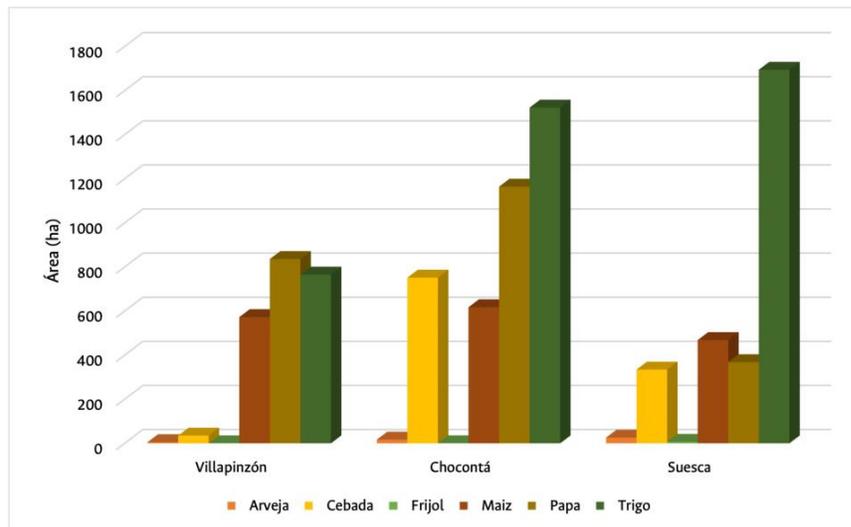
Los principales cultivos que comenzaron fue lo de las chuguas, las rubas y los cubios, las íbias, el trigo centeno, trigo cañablanca y lo del cuidado de las ovejas. Yo por lo menos llegué a cuidar 45 o 50 ovejos. Esos cultivos estaban en todas las veredas porque de eso era lo que se alimentaba la gente antiguamente. (V. González, comunicación personal, 29 de noviembre de 2019)

Como lo señala Vidal, para aquel entonces el ganado ovino era el principal, del cual se usaba la lana para el tejido y en ocasiones la carne para la venta a restaurantes de la región (comunicación personal, 2020); “eso ahí fue cuando la gente armaron los que aprendieron a tejer, eso llamaban los telares, el encañuelaje, el madejero donde madejeaban la lana y el uso para airear la lana y hacían las madejas para pasarlas al telar” (V. González, comunicación personal, 29 de noviembre de 2019). Algunos productores de Villapinzón en conversación personal (2020) mencionaron la importancia de la producción ovina a mediados del siglo XX.

La Figura 3-7 presenta la información sobre el área de los cultivos en los tres municipios que hacen parte del SSET de estudio, mientras que, la Figura 3-8 muestra el rendimiento por unidad de área y la Figura 3-9 presenta la información de número de animales en los tres municipios en el CNA de 1960. Llama la atención que, a pesar de que el trigo en Chocontá y Suesca presentó las mayores áreas, no constituyó el producto con mayor rendimiento. En Suesca, aunque se reporta una mayor área cultivada de papa que de cebada, el rendimiento por unidad de área de cebada superaba al de papa.

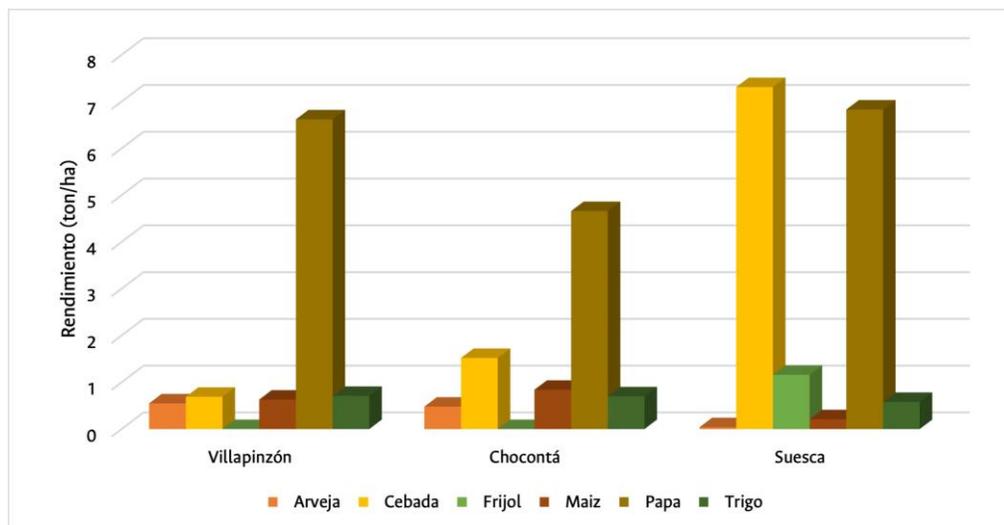
En el caso de Villapinzón, la mayor área y el mayor rendimiento los presentó la papa; sin embargo, los datos de área cultivada muestran que había algo de diversidad en la producción agrícola. En el caso del ganado, el mayor número de animales corresponde al ganado vacuno en Villapinzón y Chocontá, y, en segundo lugar, el ganado ovino, lo que contrasta con lo expresado por Vidal. De manera contraria, el municipio de Suesca reportó un mayor número de animales en ganado ovino que en ganado bovino o vacuno. Esta información contrasta también con lo que recuerda Gratiano Bueno sobre el ganado ovino, pues en la entrevista realizada no lo mencionó como una actividad relevante.

Figura 3-7: *Área de Cultivos por Municipio en 1960*

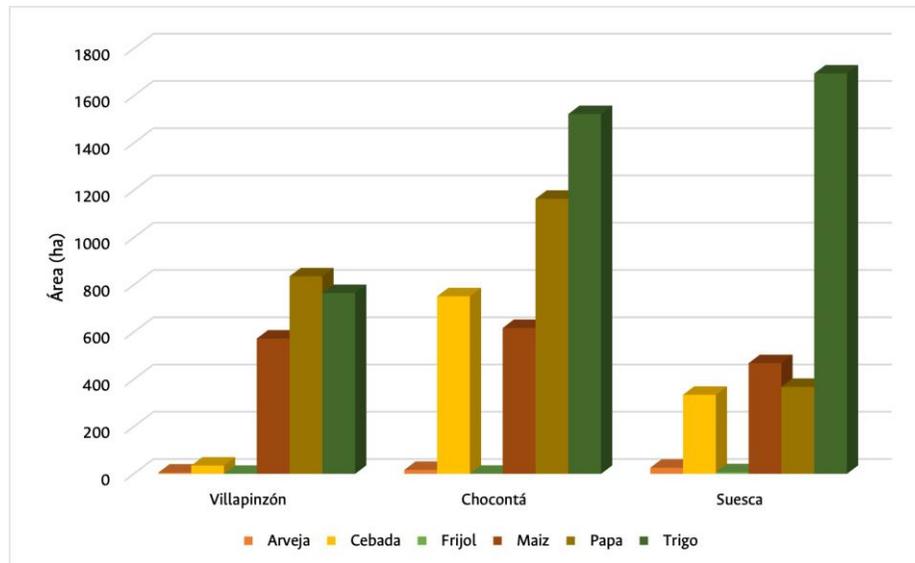


Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE(1960)

Figura 3-8: *Rendimiento por Unidad de Área en la Producción Agrícola en 1960*



Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE(1960)

Figura 3-9: *Número de Animales por Tipo de Ganado en 1960*

Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE(1960)

Los cambios en la economía nacional y mundial, y los procesos de modernización y apertura económica, que se detallarán más adelante, ocasionaron un cambio fuerte en la producción agrícola y prácticamente la desaparición de los cultivos de cereales, en especial el trigo y la cebada. Se incentivó la producción de papa con un paquete tecnológico intensivo en el uso de productos de síntesis química, de maquinaria agrícola y se incrementó la mecanización en la producción. Estos aspectos fueron parte también del paquete tecnológico del modelo floricultor que durante las dos últimas décadas del siglo aumentó su productividad y rendimiento a costa de la explotación laboral y la contaminación ambiental; también, para el paquete tecnológico que se llevó para el curtido de pieles, actividad que comenzaba a crecer en Villapinzón y Chocontá.

Al respecto de la consolidación de la producción de papa y la relación de los productores agropecuarios con instituciones como la Caja Agraria, Vidal González señala:

... aquí sola papa, ya fue hace como unos 49 o 50 años cuando la Caja Agraria, que fueron los que comenzaron a traer semillas que la tocana, que después de la tocana que era la papa de año, después ya llegó la pastusa, que la londres, esas fueron las primeras papas que yo conocí en ese tiempo... Y ahí y ellos fueron los de la destrucción de los páramos y de los bosques porque esa gente cuando trajeron, cuando esa entidad les comenzó a ofrecer créditos a los campesinos y ahí decían que el que más tumbara bosque que el que más talara que para sembrar sus cultivos

más les daban herramientas, créditos y no sé qué. Toda esa cosa. (V. González, comunicación personal, 29 de noviembre de 2019)

A finales del siglo, se consolidó la papa como el producto agrícola principal, dependiente de la mecanización y el uso intensivo de productos de síntesis química para la fertilización y el control de plagas. En la actualidad, de acuerdo con las conversaciones y entrevistas con productores agropecuarios de los tres municipios, y en caracterizaciones realizadas por Buitrago (2014) y Rodríguez (2010) para el Páramo de Guerrero, cercano al SSET, un ciclo de cultivo dura entre seis y siete meses, por lo general, se cultiva un ciclo anual y sobre el mismo predio máximo se realizan dos ciclos consecutivos. Usualmente, los productores agrícolas alternan la producción de papa con la ganadería o con otros cultivos una vez finalizan estos dos ciclos consecutivos⁵⁰.

Durante conversación informal con uno de los productores, se mencionó que la única vereda en Villapinzón que actualmente tiene dos cosechas al año de papa es Soatama, gracias a su alta disponibilidad de agua. En la época de lluvias (la que se siembra en febrero-marzo), no es necesario regar el cultivo, solo se usa el agua para las mezclas de los químicos para fumigar, pero en época seca solo se riega, si se tiene disponibilidad de agua, lo que solo ocurre en esta vereda: “Soatama tiene agua, por todo lado corre agua. Por este lado más bien no, seco todo” (comunicación personal, febrero de 2020).

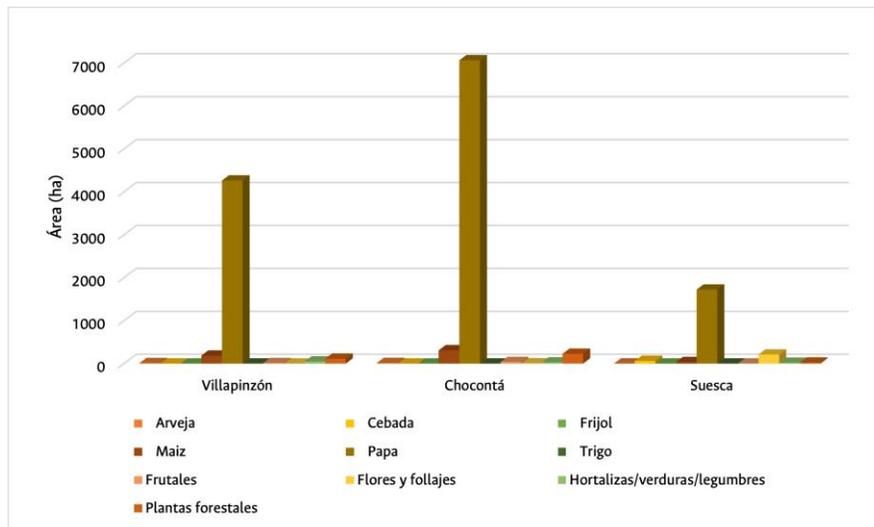
A partir de la información del tercer censo agropecuario (DANE, 2016), se observa que aparecen en el panorama actual hortalizas, frutales, plantaciones forestales y flores, y follajes; sin embargo, no se reportan datos de producción y rendimientos para los tres primeros productos. La papa, por su parte, concentra el 90% aproximadamente de la producción agrícola (91% para Villapinzón y Chocontá y 82% para Suesca) y las flores presentan altos rendimientos, gracias al paquete tecnológico altamente intensivo en agroquímicos y a su orientación de exportación. La Figura 3-10 presenta el área agrícola de los municipios reportada en DANE (2016) y la Figura 3-11 el rendimiento por unidad de área en algunos de los productos.

En términos pecuarios, el censo reporta un gran crecimiento de las aves de corral para los tres municipios, siendo Suesca el que mayor número de animales presenta (4 691 961 frente a 1 029 755 en Villapinzón y 3 366 188 en Chocontá). En los demás animales, el ganado bovino es el predominante en

⁵⁰ Una caracterización más detallada de los sistemas de producción de papa y ganadería de leche actuales, y sus respectivos paquetes tecnológicos, se encuentra en el Anexo B.

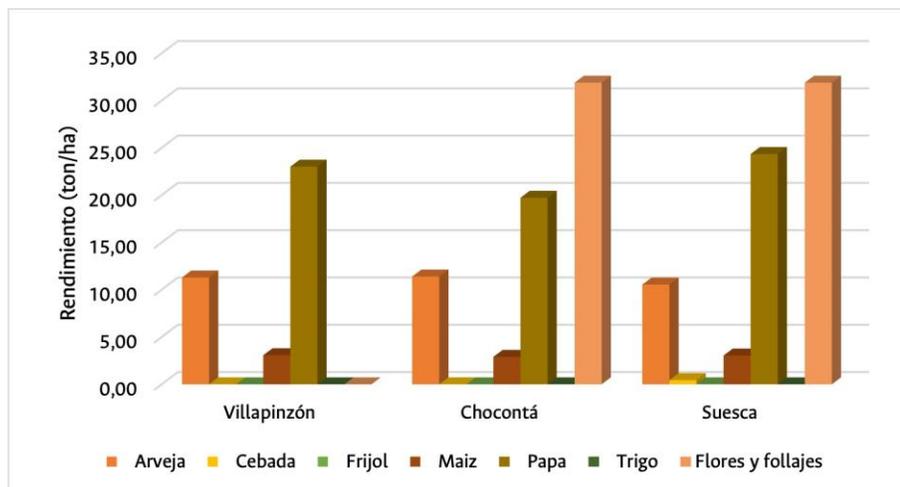
los tres municipios y el ovino perdió fuerza especialmente en Suesca. En Villapinzón y Chocontá, se reportaron valores similares de ganado ovino y, en el caso de Chocontá, el porcino se acerca también a este valor (1650 cabezas Ovinos – 1693 Porcinos). La Figura 3-12 presenta el número de animales por cada tipo en los tres municipios, sin contar las aves de corral.

Figura 3-10: *Área de Cultivos por Municipio en 2014*

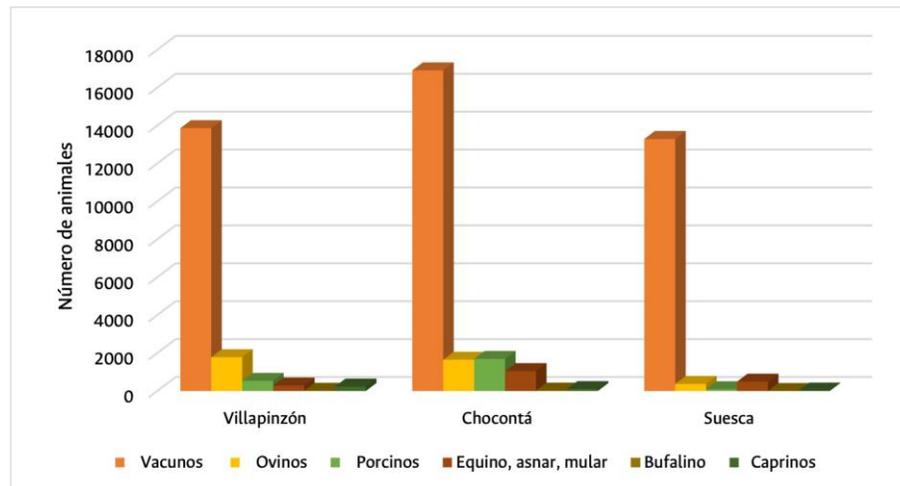


Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE (2016)

Figura 3-11: *Rendimiento por Unidad de Área en la Producción Agrícola en 2014*



Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE (2016)

Figura 3-12: *Número de Animales por Municipio Censo Agropecuario 2014*

Nota. Elaboración propia con base en datos del DANE (2016)

Además de la actividad agropecuaria, particularmente en el municipio de Suesca y en algunas veredas de Chocontá, la actividad de minería de carbón tuvo una gran importancia, especialmente en la primera mitad del siglo. La minería se ubicaba en las zonas que corresponden a la formación geológica Guaduas (ver Mapa 3-2b) que, como se explicó en el numeral 3.2, proviene de la fosilización de materia orgánica (vegetación de turberas)⁵¹. Las veredas en las que se desarrolló esta actividad en mayor medida en Suesca fueron San Vicente, Tenería, Santa Rosita y Barrancas, y, en Chocontá, principalmente en las veredas Manacá y Chinatá⁵². Algunos oficios en las minas podían ser realizados por las mujeres y los jóvenes, pero la mano de obra en las minas era principalmente masculina. De acuerdo con el trabajo de Luque (2021), la comunidad de Suesca señalaba que en la vereda San Vicente se encontraba la sede del Sindicato Nacional Minero. En algunos pocos casos, algunas minas se mantienen actualmente en actividad.

La floricultura se consolidó en el municipio de Suesca a partir de 1975 con la empresa Florandia, propiedad de una familia adinerada del municipio, la familia Herrera⁵³, y, desde entonces se ha

⁵¹ Como lo señala Luque (2021), citando a Amaya, Mariño y Jaramillo (2010), Guaduas es una formación geológica con alta importancia económica, pues es la fuente de carbones térmicos y coquizables al interior del país. Este potencial atrajo a sociedades extranjeras a explotar las vetas de carbón de la cordillera oriental y particularmente de la zona de estudio.

⁵² En Chocontá, la formación Guaduas también está presente en pequeñas áreas de la vereda Tilatá, Cruces, Turmal, Pueblo Viejo, en los límites de las veredas Aposentos y Capellanía, y, en Villapinzón en una pequeña área de las veredas Sonsa, Chigualá y Guanguita. En entrevista con Vidal González, se resaltó que la minería de carbón en Villapinzón no ha tenido mayor importancia.

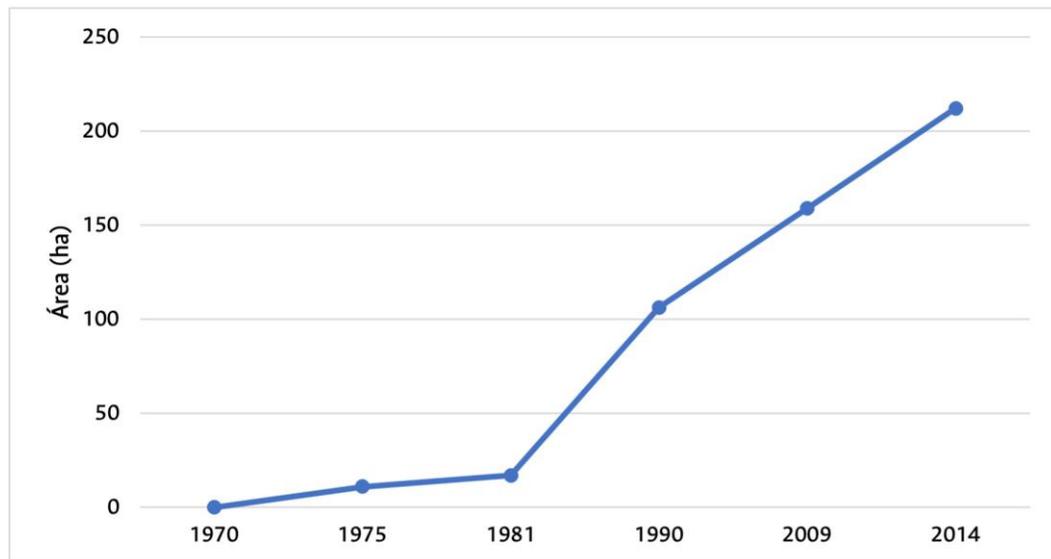
⁵³ Indicó Gratiliano Bueno que: “el cultivo de flores lo iniciaron los Herrera y sin temor a equivocarnos eso fue lo que económicamente salvó a este municipio” (G. Bueno, comunicación personal, marzo 16 de 2020).

constituido como la principal fuente de empleo de la población, especialmente femenina. De acuerdo con los datos reportados en Montañez *et al.* (1994) y DANE (2010, 2016), el área sembrada en flores en Suesca ha pasado de 11 ha, en 1975, a 211.8 ha, en 2014, presentando un fuerte incremento en la década del 80, como se observa en la Figura 3-13. De acuerdo con el trabajo de Montañez *et al.* (1994), Chocontá en 1990 tuvo dos establecimientos de flores que representaban 7 ha y el tercer censo agropecuario reportó 5.8 ha de flores en este municipio (DANE, 2016).

Como se mencionó en párrafos anteriores, la llegada de este cultivo generó fuertes impactos en las relaciones familiares y en la organización interna de los hogares, por ser la mano de obra principalmente femenina y también ocasionó un desplazamiento de la agricultura familiar tradicional (Montañez *et al.*, 1994). DANE (2010) reportó que el 60% de la mano de obra de los cultivos de flores en Suesca era en promedio 55% femenina (56% en labores administrativas y 59% en producción) y, a nivel nacional, la Corporación Cactus (2015) reporta el 65% de la mano de obra femenina en el sector. A pesar de que para algunos habitantes la llegada de la floricultura significó beneficios para la población por el empleo formal y una suerte de estabilidad económica, también se han evidenciado fuertes impactos sociales asociados a la flexibilización laboral y a la salud humana por el uso intensivo de productos de síntesis química en el control de plagas y fertilización (Camacho y Reina, 2006; Corporación Cactus, 2015; Páez, 2009; Repeto, 2004; Salcedo *et al.*, 2012).

Lo anterior se suma a los impactos potenciales en términos ecológicos por los vertimientos directos o difusos de las mezclas de los productos químicos utilizados en el proceso, por el cambio de coberturas vegetales por plásticos de los invernaderos y por los pasivos ambientales una vez el cultivo abandona su locación⁵⁴. Adicionalmente, por ser una actividad de vocación exportadora, las empresas de flores no tributan en las entidades territoriales, sino a nivel nacional, por lo cual los municipios deben soportar la presión ambiental de los cultivos, pero no reciben compensaciones por los efectos o impactos de la actividad. En dos entrevistas realizadas en 2019 y 2020, en cultivos de flores, quienes respondieron la entrevista (gerente y socio) mencionaron algunos de los programas que han adelantado con sus trabajadores y algunos acercamientos de trabajo con la entidad territorial; a pesar de esto, dentro de la alcaldía municipal, los funcionarios reportan que estas empresas de flores no tienen realmente una relación con la entidad.

⁵⁴ Una caracterización más detallada del cultivo de flores de corte y su paquete tecnológico se encuentra en el Anexo B.

Figura 3-13: *Área Cultivada en Flores en el Municipio de Suesca*

Nota. Elaboración propia con base en datos reportados en Montañez et al. (1994) y DANE (2010, 2016)

Así como en Suesca, la floricultura ejerció el liderazgo económico en la segunda mitad del siglo XX, en los municipios de Villapinzón y Chocontá, se dinamizó el curtido de pieles a partir de la década del 60, actividad que en ese momento se realizaba de manera artesanal y en la que se repartían generalmente los oficios entre los miembros de la familia. El conocimiento de esta actividad se ha transmitido de generación en generación. De acuerdo con la experiencia de Vidal González en 1960, había “pocas curtiembres” (12 de acuerdo con Ojeda (2004)) y, en las décadas siguientes, vino el proceso de modernización del proceso de curtido cambiando los insumos de origen natural, como los taninos provenientes de la corteza de los árboles (Encenillo y Siete Cueros), por insumos de síntesis química como las sales de cromo y demás insumos químicos del proceso productivo⁵⁵. Esta información también se ha evidenciado en el trabajo realizado con las curtiembres de Villapinzón y Chocontá entre 2007 y 2014 (Centro de Investigaciones para el Desarrollo - Universidad Nacional de Colombia (CID-UNAL), 2014; Osorio *et al.*, 2011; Tobón-Ramírez, 2013).

La CAR, como corporación que promovía el desarrollo económico de la región, antes de ser autoridad ambiental, indujo el cambio en el proceso productivo del curtido, pero no recomendó el proceso de tratamiento de las aguas residuales, proceso que debía ir integrado para evitar que estas contaminantes

⁵⁵ El detalle del proceso productivo y algunos insumos del proceso se encuentra en el Anexo B.

aguas, provenientes del proceso de curtido de pieles en todas sus etapas, se descargarán sin tratamiento directamente en el río Bogotá o en sus quebradas tributarias. CID-UNAL (2014) reportó 110 curtiembres aproximadamente en operación, 80 de las cuales vertían directamente al río o a las quebradas el agua del proceso sin tratamiento.

Un habitante local narra el cambio de proceso productivo en el municipio de Villapinzón de la siguiente manera:

Haber sumercé las curtiembres en ese tiempo [1970 aproximadamente] yo conocí que no había sino 35 curtiembres en ese tiempo, pero esas curtiembres las utilizaban, las estaban procesando con sistemas biológicos, con tanino de encenillo, cáscara de encenillo y cáscara de siete cueros y con la cal, ese era el proceso que le hacían a lo del cuero. Y no contaminaban y había trucha de aquí hasta Bogotá. Había una serie de fauna acuática. Y mire quienes fueron los del problema, los del problema de venir a comenzar con la contaminación. Que fue una autoridad ambiental la que vino y reunió a los cuereros y que les iban a traer no sé qué químicos y fue cuando comenzaron a llegar con ese cromo, con ese sulfuro, ese éter, ese ácido no sé qué y hasta ahí fue vida de toda esa fauna acuática que había ahí el cangrejo, la trucha, el capitán. (comunicación personal, 29 de noviembre de 2019).

Durante el trabajo realizado con las curtiembres entre 2007 y 2011 (Osorio *et al.*, 2011), también se evidenció que el cambio del proceso de producción se consolidó entre los 70 y 90, y el proceso de control de contaminación y vertimientos comenzó a finales de siglo con más fuerza, a raíz de la Ley 99 de 1993, la creación del Ministerio de Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y las nuevas funciones de carácter ambiental otorgadas a las corporaciones autónomas, lo que exacerbó el conflicto entre autoridades ambientales y curtiembres (Sanz, 2015).

En lo que va corrido del siglo XXI, las dinámicas económicas que se han consolidado a nivel general en los tres municipios continúan siendo la producción de papa y la ganadería lechera, que se ubican como las dominantes en el sistema. Se han venido promoviendo en los últimos años los cultivos de hortalizas y los frutales, como el arándano y las fresas; sin embargo, no representan una alta participación frente a la producción de papa y leche. Las actividades como las curtiembres y la floricultura se han mantenido, aunque también han sido protagonistas de muchos cambios relacionados con la variabilidad de la economía global, el precio del dólar, las condiciones laborales y las exigencias a nivel laboral y ambiental. Además, han incursionado en el escenario de actividades económicas el turismo de naturaleza, en

particular en Villapinzón y Suesca, y, en menor medida, en Chocontá y el turismo deportivo en Suesca con la práctica de la escalada en roca.

3.4 Transformaciones socioecológicas

Esta sección analiza, a partir de la caracterización realizada en los numerales 3.2 y 3.3, las fuerzas que han impulsado las principales transformaciones socioecológicas en el área definida para la investigación, desde mediados del siglo XX hasta la actualidad. El análisis de los motores de estas transformaciones se enmarca en el estudio de las transiciones socioecológicas (TSE), que ha sido una categoría desarrollada para el análisis histórico ambiental en el metabolismo social y que estudia las transformaciones de largo plazo de las relaciones de intercambio material y energético entre la naturaleza y las sociedades en diferentes momentos de la historia de la humanidad (Falconí y Vallejo, 2012; Fischer-Kowalski y Haberl, 2007; Fischer-Kowalski y Rotmans, 2009). Es una categoría analítica que ha sido de utilidad en el estudio de los cambios ambientales globales de largo alcance y cambios en la estructura de las configuraciones metabólicas de la sociedad a lo largo de la historia de la humanidad (González de Molina y Toledo, 2014), como el paso de regímenes socio-metabólicos de cazadores-recolectores a sociedades agrarias y, posteriormente, a sociedades industriales (Haberl *et al.*, 2011).

El paso de una configuración a otra en estas relaciones metabólicas no ha sido inmediato y en estos tiempos de transición han coexistido, o coexisten, diferentes metabolismos, es decir, diferentes procesos a partir de los cuales la sociedad apropia, transforma, consume, circula y excreta insumos materiales y energéticos provenientes de la naturaleza. De acuerdo con Fischer-Kowalski y Rotmans (2009), las TSE estudian los cambios cualitativos que han ocurrido a lo largo de décadas o siglos y han afectado la configuración de los flujos energéticos, materiales e informacionales entre las sociedades y sus entornos naturales, cambios que no son lineares y que pueden ser caóticos (Fischer-Kowalski y Haberl, 2007, p. 3).

En países latinoamericanos agrarios como Colombia, no es posible pensar que la transición de una sociedad agraria a una sociedad industrial se haya desarrollado completamente ni que todas las sociedades agrarias transiten necesariamente a la industrialización, pues muchos elementos y relaciones propias de las sociedades agrarias permanecen, a pesar del fuerte impulso que se le ha dado al proceso de industrialización, desde lo local hasta lo global. Actualmente, en territorios como Colombia, las sociedades agrarias coexisten con la sociedad industrial e incluso a pesar de ella. Si bien muchas sociedades agrarias se han visto abocadas a abandonar su base orgánica y cambiar sus prácticas hacia el uso de productos de síntesis química, con altos contenidos energéticos asociados, no podría inferirse

que esto necesariamente ha sido, en todos los casos, a costa de su identidad campesina y su arraigo por su tierra y por su territorio. En este contexto, se analizan los factores que han direccionado las transformaciones más drásticas en el SSET de estudio, en el marco de una TSE entendida como la coexistencia de dos configuraciones metabólicas: la agraria e industrial. La idea de transición, como se ha mencionado, implica un cambio gradual en el tiempo (Rotmans *et al.*, 2001), un proceso prolongado, quizá más lento y “suave” que un cambio abrupto o una drástica transformación, como las que aquí se busca comprender. En este sentido, la noción de TSE es útil para enmarcar las transformaciones del SSET de estudio en el período de tiempo seleccionado para la investigación. La Figura 3-14 presenta un esquema de este marco de análisis temporal.

El período de tiempo comprendido entre la segunda mitad del siglo XX y las primeras décadas del siglo XXI en el SSET de estudio no se considera una TSE en sí misma, pero sí está enmarcada, como se ha mencionado, en la transición de una sociedad agraria de base orgánica hacia una sociedad industrial, producto del modelo económico capitalista a nivel mundial. Es por esto que este concepto de TSE es útil para enmarcar el período de estudio, ya que algunos elementos que componen esta categoría pueden ser de utilidad en el análisis, incluso en la construcción de escenarios para transiciones más sustentables, aunque difícilmente podrían explicarlo en su totalidad. Por esta razón, se hace referencia a los procesos de transformación más que de transición al considerar que los cambios que se han dado en este período han sido drásticos más que suaves y graduales, han generado perturbaciones importantes en el SSET y que, de no corregirse, pueden conducirlo a escenarios irreversibles de insustentabilidad.

Figura 3-14: *Marco Temporal de Análisis para las Transformaciones Socioecológicas*



Nota. Elaboración propia con base en Haberl et al. (2011)

El período de tiempo en el cual se analizan los impulsores de estas transformaciones se inserta en las periodizaciones realizadas por Urrego-Mesa (2021) para la agricultura colombiana y por Ruiz-Nieto (2022) para las fases institucionales de la TSE en la Sabana de Bogotá. Estos trabajos permiten comprender una parte de la historia ambiental de la agricultura en perspectiva metabólica, los procesos de cambio agrario que se dieron en el país y en la región en el siglo XX y, además, algunos de los direccionadores de estos cambios. Urrego-Mesa propone que una segunda ola de industrialización agrícola en el país se dio entre 1949 y 1985, después de la Segunda Guerra Mundial, período en el que se incrementaron los insumos basados en combustibles fósiles como fuente principal de energía externa. Los períodos siguientes (1986-2000 y 2001-2015) consolidaron la intensificación de la tierra, la transición a la industrialización de la agricultura y el incremento general en el consumo de fuentes de energía externa (Urrego-Mesa, 2021, pp. 125-126).

En el marco de esta transición de la agricultura a nivel nacional estudiada por Urrego-Mesa (2021), las transformaciones socioecológicas en el SSET de estudio han sido direccionadas por diferentes tipos de factores: demográficos, económicos, institucionales y tecnológicos. Estos factores direccionadores o fuerzas impulsoras han influido continuamente y esta interacción constituye una forma de comprender los escenarios actuales en perspectiva histórica y, con ello, pensar trayectorias de futuros más sustentables. Como se vio en la caracterización de la base social (numeral 3.3), la dinámica rural agraria ha sido la dinámica predominante en el SSET de estudio, por lo que las transformaciones que han ocurrido en los sistemas agropecuarios a nivel nacional y regional han sido determinantes para todo el sistema. Así las cosas, se analizan los principales factores direccionadores de estas transformaciones en los sistemas agropecuarios que, a su vez, han transformado los ecosistemas y a las sociedades que han coevolucionado con ellos.

❖ *Factores Demográficos*

Como se mencionó en la sección anterior (numeral 3.3), el crecimiento demográfico en Bogotá ha sido determinante para las dinámicas de crecimiento de los municipios que conforman el SSET. Bogotá ha sido el centro de la región del altiplano cundiboyacense desde el inicio de la conquista por parte de los españoles (Zambrano y Bernard, 1993), aun cuando Tunja también ha jugado un papel relevante en la región. Justamente, el SSET de estudio se encuentra entre estas dos importantes ciudades y, así, las dinámicas demográficas de estas, especialmente de Bogotá, han sido relevantes y un fuerte motor de transformación. Entre 1973 y 1985 esta última se configuró como el gran centro urbano del país, presentando diferencias notables de los demás centros urbanos (Zambrano y Bernard, 1993, p. 116).

Este crecimiento demográfico desató al menos dos procesos que son relevantes para este estudio, estimuló la migración campo-ciudad y aumentó el metabolismo de la región al incrementar la demanda de insumos, como alimentos, agua, materiales para construcción y energía, entre otros, y, por consiguiente, incrementó los procesos metabólicos de apropiación, transformación, consumo, circulación y excreción. Como lo señala Ruiz-Nieto (2022, p. 74), para suplir la demanda de alimentos se dieron al menos tres formas en esta región: aumentar el área agrícola, los rendimientos por unidad de área o incrementar las importaciones de biomasa. Al expandir el área agropecuaria para la producción de alimentos e intensificar los procesos de producción agropecuaria, se hizo necesario incorporar insumos de síntesis química y maquinaria estimulando el incremento en los requerimientos materiales y energéticos para soportar esta expansión (Pérez, 2007).

La dinámica de migración rural-urbana en el país y la consecuente predominancia urbana se consolidó durante el siglo XX. La primera mitad del siglo se caracterizó por una población primordialmente rural y dedicada a las actividades agropecuarias (Kalmanovitz y López, 2006), mientras que, para finales de siglo, se había consolidado en gran medida la preponderancia urbana con casi 30% de la población rural (Murad, 2003). De acuerdo con Murad (2003), fue en la década del 60 que el país experimentó la transición de mayoría rural a mayoría urbana y, así, el crecimiento ha tenido un gran efecto en la migración interna, dadas las precarias condiciones del campo. Esta migración de la población rural no se acompañó con un proceso de industrialización que demandara mano de obra, sino que se dio sobre unas relaciones de poder y de propiedad semif feudales, algunas mencionadas en secciones anteriores, bajo modelos desregulados y abiertos que enfrentaron a las pequeñas economías campesinas con los grandes capitales nacionales y extranjeros, y desencadenaron en el empobrecimiento de las clases bajas y medias, especialmente, de los campesinos que migraron a las ciudades en busca de mejores oportunidades (Murad, 2003, p. 8).

En el SSET (cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca), entre 1964 y 2018, la población urbana creció del 19% al 47% (ver Figuras 3.3 y 3.4), mientras que la población rural decreció del 81% al 53%. De los tres municipios que conforman el área de estudio Suesca es el municipio que mayor crecimiento urbano experimentó en este período, pasando de un 9% de población urbana a un 47%. Chocontá, por su parte, pasó del 25% al 52% y Villapinzón pasó del 20% al 40% de población urbana. Suesca reporta este drástico cambio de población rural a urbana especialmente en los censos de 1993 y 2005, período en el cual la floricultura como sistema económico se consolidó y experimentó un gran auge, atrayendo a personas de todas las regiones del país en busca de un empleo formal.

Si bien Villapinzón y Chocontá experimentaron cambios notables en el aumento de su población urbana, no constituyó un cambio tan drástico como el presentado en el municipio de Suesca. Las dinámicas económicas durante este período de tiempo han continuado siendo principalmente agropecuarias y no se experimentó un fenómeno tan relevante, como lo fue la consolidación de la floricultura como principal fuente de empleo de la población. A pesar de lo anterior, es necesario resaltar que la intensificación agropecuaria expresada en la producción de papa y de leche ha generado también fuertes dinámicas de migración hacia los municipios para la mano de obra en estos procesos productivos⁵⁶.

El crecimiento de la población local y de la migración en ambas direcciones (desde los municipios hacia la ciudad, pero también desde otras regiones del país hacia estos municipios) ha traído consigo una fuerte presión sobre el SSET y, como se mencionó, un aumento en la demanda de todo tipo de insumos para la población: alimento, materiales para construcción, agua y energía, y su consecuente uso y posterior excreción incrementando; por ejemplo, la cantidad de agua residual doméstica en las zonas rurales y urbanas. Sumado a la migración que ha llegado a los municipios como mano de obra para las flores y los sistemas agropecuarios, estos municipios, especialmente Suesca por su cercanía a Bogotá, han experimentado una migración ciudad-campo de una población urbana en busca de escenarios de descanso o una vida de mayor tranquilidad, identificada en la sección anterior como población neorrural.

Esta población es también diversa, pues en algunos casos se trata de una población urbana que busca transformar sus dinámicas cotidianas, experimentar un modo de vida “alternativo” y reconectarse con la naturaleza. Sin embargo, también hay una población que no traslada su dinámica cotidiana a la ruralidad, sino que se traslada de manera esporádica para el descanso o para implementar algún sistema productivo manteniendo las dinámicas urbanas. Estos nuevos actores demandan mayores consumos de agua y energía del territorio que las poblaciones locales y no suelen consumir alimento de los mercados locales, pues lo llevan desde la ciudad. No obstante, el agua residual queda en el sistema y, en ocasiones, los residuos sólidos también son depositados allí, incrementando la presión que se ejerce sobre los espacios naturales.

Esta dinámica demográfica de crecimiento y migración de la población, desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, influyó no solo en la intensificación agropecuaria para suplir la demanda de Bogotá y de sus propios municipios, en los consecuentes cambios en el uso del suelo para destinar a la

⁵⁶ Durante los recorridos de campo relacionados en el Anexo B, se tuvieron conversaciones con administradores de fincas ganaderas que se habían desplazado de los departamentos de Tolima y Valle del Cauca.

producción, sino también en la circulación de flujos de agua, materiales y energía, lo que demandó el incremento de zonas de extracción de material (conocidas localmente como *receberas*) y la construcción de obras de infraestructura para el abastecimiento de agua y provisión de energía, que se dieron entre las décadas de los 60 y los 80. Todos estos procesos con fuertes implicaciones en la transformación de los ecosistemas, en las dinámicas de la población y, de esta forma, en el metabolismo del territorio.

❖ *Factores Económicos*

Entre la segunda mitad del siglo XX y la actualidad se pueden distinguir dos modelos de desarrollo económico en el país que han sido motores de la transformación socioecológica en el SSET de estudio: un modelo de industrialización por sustitución de importaciones (ISI), que se instauró después de la Segunda Guerra Mundial⁵⁷, y uno de economía abierta, promovido a partir de 1990 e inscrito en un proceso global de apertura económica (Machado, 2001). Tanto el modelo ISI como el de apertura tuvieron profundos efectos en los sistemas agropecuarios que constituían la base económica del SSET, cuyos municipios han sido predominantemente rurales, incluso, a pesar de su crecimiento poblacional en las zonas urbanas.

El modelo ISI, que era el que predominaba entre los años 50 y 90, se concentraba en la protección a las industrias nacionales con el fin de dinamizar el mercado local, aumentando los aranceles a la importación de algunos productos. A pesar de que en teoría este modelo buscaba acelerar la industrialización del país, las dinámicas políticas de entonces propiciaron que los créditos no se otorgaran a los proyectos más rentables y seguros, sino a quienes tuvieran más relaciones con el gobierno, lo que finalmente ocasionó una industrialización en función de la política y no de la habilidad empresarial (Kalmanovitz y López, 2006, p. 146). Sumado a la importancia otorgada al sector industrial, la dinámica de crecimiento urbano y la migración campo-ciudad contribuyeron con el debilitamiento de la economía agrícola, para darle paso a una economía urbana más compleja y especializada (Kalmanovitz y López, 2006, p. 148), lo que afectaba a los municipios que basaban su economía en la producción agropecuaria.

La agricultura en este modelo era considerada un “sector subsidiario” proveedor de insumos, alimentos y materias primas para el sector industrial (Machado, 2001, p. 197). Adicionalmente, bajo este modelo,

⁵⁷ Una vez terminada la Segunda Guerra Mundial, los países del norte global se encontraban en una fuerte crisis de desabastecimiento, por lo que direccionaron la economía mundial para su recuperación orientando el desarrollo en todos los países por la vía de la industrialización. Justamente, es después de esta guerra, que comienza la carrera por el desarrollo expresada por Harry Truman en su discurso en 1949 (Escobar, 2007).

se desarrolló una política que imitaba modelos de países desarrollados, recomendada por misiones extranjeras⁵⁸, que llegaron al país entre los 40 y 50, y que orientaron las políticas hacia un modelo intensivo en capital (Machado, 2001). Gracias a esta política, el país orientó su agricultura hacia la producción de cereales y cultivos oleaginosos, lo que explica la predominancia del cultivo de trigo y cebada en el SSET (cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca), como se evidenció con datos del DANE (1960), en la Figura 3-7. El estímulo para los agricultores de los municipios que configuran el SSET era principalmente el abastecimiento de cebada para la cervecería Bavaria, como se mencionó en el numeral 3.3, que, gracias a su crecimiento, mantenía una alta demanda que hacía rentable el cultivo de cebada para los municipios de estudio.

A pesar de lo anterior, el modelo ISI no orientó políticas de desarrollo de economías campesinas, al considerar el sector rural únicamente como proveedor de los sectores industriales y urbanos por lo que no se desarrolló realmente una estrategia de superación de las condiciones de pobreza rural (Machado, 2001). En este contexto, las economías predominantemente agrarias de los municipios de Villapinzón, Suesca y Chocontá continuaban rezagadas al igual que las del resto del país. La agricultura multifuncional tradicional quedaba atrás, luego de un proceso de homogenización que le otorgaba una función netamente económica y de productividad. El proceso de modernización agrícola que ya había comenzado al entrar la segunda mitad del siglo tenía como fundamento la garantía de derechos de propiedad a aquellos productores que adoptaran las tecnologías promovidas por la revolución verde y buscaran horizontes de exportación, particularmente, durante los años 70 y 80 (Machado, 2001, p. 199). Además:

La revolución verde consistió en el uso de un conjunto de tecnologías integradas por componentes materiales, como las variedades mejoradas de alto rendimiento, el riego o abastecimiento de agua controlado, los fertilizantes y plaguicidas y las correspondientes técnicas de gestión (Machado, 2002, p. 166).

Esta orientación tecnológica generó concentración de la propiedad y de la riqueza, afectó la distribución del ingreso y aumentó la desigualdad relativa, la pobreza y la exclusión (Aguilar, 1991; Machado, 2001, 2002). Machado (2001) adicionalmente, destaca que este modelo mantuvo la “bimodalidad” o la dualidad en la agricultura en donde se hacía más grande la diferenciación de los actores sociales, entre el

⁵⁸ Algunas de estas misiones extranjeras fueron la Misión Chardón, la Misión belga Denemoustier, la Misión estadounidense Currie, la Fundación Rockefeller, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (Ruiz-Nieto, 2022, p. 69).

campesinado (sin tierra o con poca tierra) y los empresarios (propietarios de grandes extensiones de tierra), distinción heredada de la colonia, que se vivió en el SSET de estudio. La promoción de estas nuevas tecnologías tuvo efectos negativos no solo en términos de desigualdad, inequidad e injusticia social sino también en términos ecológicos y de salud humana (Fajardo, 2018).

A partir de los años 90 y con un proceso de modernización incipiente, pero en marcha, se desató el fenómeno de apertura económica que impactó fuertemente a los pequeños campesinos y agricultores del país y, en particular, a las poblaciones del SSET de estudio, en su mayoría minifundistas. En este proceso, se eliminaron los subsidios y la protección a la producción nacional tanto agrícola como industrial, y el estado disminuyó su participación dejando las decisiones de la economía a expensas del mercado (Machado, 2001).

Este modelo de apertura económica se pone en marcha en 1990, pero rápidamente genera una profunda crisis en el sector agrícola⁵⁹, especialmente en cultivos que se fortalecieron durante la ISI como los cereales, el maíz, el trigo y la cebada, que disminuyeron su área sembrada y, en ocasiones, desaparecieron del panorama agrícola de la región, como se puede observar para el SSET de estudio en la Figura 3.9. Adicionalmente, aumentaron las áreas en ganadería y la agricultura busca un modelo de especialización (Machado, 2001), que, finalmente para esta área, se tradujo en la homogenización de la producción agrícola en papa y ganadería de leche prácticamente como únicas alternativas para la población rural.

Esta homogenización de las prácticas agrícolas y la producción intensiva incrementó el uso de maquinaria, fertilizantes, plaguicidas, semillas “mejoradas” y todo el paquete tecnológico que había llegado con la modernización agrícola a comienzos del siglo. De esta manera, los agroecosistemas que coevolucionaron en el SSET abandonaron casi por completo la base orgánica sobre la que se sustentaban (biomasa reciclada, abonos orgánicos y tracción animal) y viraron hacia una alta dependencia de insumos externos y maquinaria, que se tradujo en altos precios para los agricultores y crecientes entradas de flujos externos de energía basada en combustibles fósiles, una ruptura metabólica, como se mencionó en el primer capítulo de esta investigación.

El cambio de modelos fue el mayor factor direccionador económico de las transformaciones en el área de interés en términos agropecuarios. Lo anterior, fue reiterado en varias comunicaciones informales

⁵⁹ Machado (2001) señala que, en razón de esta crisis, en 1994, se ponen en marcha algunas medidas como los convenios de productividad y las alianzas productivas.

con productores y habitantes de los municipios, quienes, independientemente de las fechas exactas en que se dieron los fenómenos, tenían claro que la libertad del mercado, la flexibilidad en las importaciones y la falta de apoyo del gobierno al sector agrícola fueron las causas de la transformación hacia un modelo de intensificación agropecuaria en la región.

En el caso de la floricultura, ambos modelos económicos favorecieron su crecimiento teniendo en cuenta que, desde sus inicios, ha sido una actividad económica con orientación de exportación⁶⁰. Es por esto que, desde su surgimiento en la década del sesenta en el país (en Suesca en 1975), ha experimentado un crecimiento casi sostenido. Al ser una actividad de vocación exportadora ha sido muy sensible a las variaciones en el precio del dólar y del petróleo y ha experimentado grandes desafíos, especialmente en los últimos años, pues muchos de sus insumos, como el plástico de los invernaderos, los capuchones para cubrir los ramos y los fertilizantes y plaguicidas de síntesis química, son derivados del petróleo. Adicionalmente, se suma la desaceleración de la economía norteamericana que ha causado una disminución en la demanda de flores (Zambrano, 2015), al ser estas un producto suntuario y no un producto de primera necesidad, lo que hace que, al momento de contraerse la economía, sea más factible optar por no consumirlo más.

❖ *Factores Institucionales*

Los motores institucionales de las transformaciones en el período de estudio para el SSET están relacionados con el ámbito agropecuario y ambiental. A mediados del siglo XX, se había consolidado en el país la institucionalidad en el ámbito agropecuario y ya se estaban implementando importantes cambios técnicos y tecnológicos para la producción. En la dimensión ambiental, a partir de la Ley 99 de 1993 se contó con instituciones ambientales en el país y en la región, por lo cual, a partir de este año, la institucionalidad en este ámbito se suma a las dinámicas generadas por las instituciones de tipo agropecuario.

De acuerdo con Ruiz-Nieto (2022), la institucionalización de la agricultura moderna comenzó en las primeras décadas del siglo XX (1906-1948) y se consolidó a través de instituciones oficiales como el Ministerio de Agricultura y Comercio en 1913, instituciones privadas como la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), que fue creada en 1871 (Machado, 1991), y con las misiones extranjeras mencionadas que influyeron en la investigación y en la transferencia de conocimientos, en particular, a

⁶⁰ Para ampliar la historia de la floricultura en el país, consultar Zambrano (2015, p. 186).

los grandes productores que tenían el poder adquisitivo para desarrollar innovaciones. De acuerdo con Machado (1991, p. 475), la SAC, desde su creación, ha tenido una gran influencia en la generación de política macroeconómica y sectorial, especialmente agrícola, influencia que se mantiene hasta hoy especialmente en representación de gremios nacionales que han sido conformados, en principio, por grandes productores, dejando aún más rezagadas las economías de pequeños productores campesinos y concentrando los incentivos y subsidios estatales.

En la primera mitad del siglo, la institucionalidad agropecuaria venía desarrollando estrategias para importar maquinaria e insumos químicos, generar información estadística sobre agricultura y fomentar la investigación y capacitación técnica y profesional (Ruiz-Nieto, 2022). Si bien desde 1943 ya existía un programa de intercambio científico con la Fundación estadounidense Rockefeller, fue en 1950 que se concretó un proyecto cooperativo agrícola a solicitud del gobierno colombiano en cabeza del Ministerio de Agricultura con esta fundación⁶¹. Este programa buscó desarrollar y probar el modelo de revolución verde a través de la investigación y experimentación genética con variedades de maíz, trigo, frijol, cebada, papa, entre otros productos, que resistieran a las diversas plagas y aumentaran su rendimiento por unidad de área (Méndez-Rojas, 2016).

De acuerdo con Méndez-Rojas (2016), este programa trajo consigo un paquete de tecnologías que implicaba experimentación en semillas y altas inversiones en maquinaria, irrigación e insumos químicos sintéticos como fertilizantes y plaguicidas. También, incidió en la configuración de los actores sociales y reforzó las diferencias entre estos, teniendo en cuenta que quienes podían acceder a estas altas inversiones eran medianos y grandes productores. Durante la primera década de este programa, también se desarrolló investigación en ganadería de leche, cría de animales, cultivos forrajeros y variedades de pastos (Rockefeller Foundation, 1960). Este programa fue administrado por la Oficina de Investigaciones Especiales (OIE) hasta la creación del Departamento de Investigación Agropecuaria (DIA) en 1955 (Ruiz-Nieto, 2022, p. 86).

En términos de subsidios para la producción agrícola, una institución esencial en el sector, que tuvo gran relevancia en todo el país y por supuesto en la zona de estudio, fue la Caja Agraria, creada desde 1931 hasta 1999. Esta incentivó la producción agropecuaria bajo la mirada de la modernización y la tecnología

⁶¹ De acuerdo con la información consignada en el reporte anual de 1949 de la Fundación Rockefeller, el gobierno colombiano, gracias al conocimiento que tuvo de programas similares en México, extendió una invitación a esta fundación en 1948 para prestar asistencia técnica en el sector agrícola; el convenio se firmó a finales de 1949 y se desarrolló a partir de 1950 (Rockefeller Foundation, 1949).

de la revolución verde, y, a la vez, ayudó a ampliar la frontera agropecuaria. De igual manera ocurrió con el Fondo Financiero Agrario (Finagro), creado en 1973, que estableció como obligación la contratación de asistencia técnica y la utilización de semilla certificada (Méndez, 2007).

La ley de reforma social agraria (Ley 135 de 1961) creó otra institución de gran relevancia, el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), cuyas funciones, entre otras, estaban relacionadas con la adjudicación de tierras baldías⁶² y la disminución de la distribución inequitativa de la tierra (Fajardo, 2018). Estas funciones hicieron que este instituto encontrara fuerte rechazo entre los grandes empresarios y productores agropecuarios, por lo que los pequeños campesinos que no poseían tierras tuvieron que buscar opciones en zonas más alejadas (Luque, 2021). Entre 1979 se creó el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT), adscrito al Ministerio de Agricultura, que llevó tecnología de irrigación a las zonas rurales, así como conocimiento sobre atmósfera, agua y clima aplicado al sector agropecuario. Este instituto se transforma en 1993 y se crea el Instituto Nacional de Adecuación de Tierras (INAT) que se liquida diez años más tarde bajo el Decreto 1291 de 2003. En ese mismo año, se liquidó el INCORA con el Decreto 1292 y se creó el Instituto de Desarrollo Rural (INCODER) bajo el Decreto 1300, que, a su vez, en 2015, fue reemplazado por la Agencia Nacional de Tierras (ANT), creada a través del Decreto 2363.

La ley sobre reforma social agraria, además, tuvo incidencia en la organización del Instituto Colombiano para la Agricultura (ICA), que en 1962 reemplazó al DIA (Ruiz-Nieto, 2022) y continuó con las actividades de apoyo en investigación y transferencia de tecnología agrícola (Fajardo, 2018). También, se creó, en este entonces, el Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA), que se destinó a “gestionar la compra de cosechas para asegurar precios de sustentación y comercialización de productos no perecederos, así como una agencia para la capacitación en cooperativismo” (Fajardo, 2018, p. 85).

Luque (2021) advierte de las dificultades que enfrentaron estas instituciones, especialmente el IDEMA, una vez instaurado el modelo neoliberal de apertura económica. Desde 1944, el IDEMA comercializaba el trigo intentando mantener el equilibrio de todos los actores de la cadena de producción, comercialización y consumo. En 1968 quedó facultado para importar este producto para cubrir el déficit de producción y, finalmente, la diferencia de precios afectó al campesino pequeño productor que, en el caso de Suesca, se vio obligado a migrar a otras actividades, como la minería de carbón, que había

⁶² En el Archivo General de la Nación, fue posible evidenciar los documentos de adjudicación de baldíos por parte del INCORA a 9 predios en el municipio de Chocontá y 17 en el municipio de Suesca.

disminuido su auge, pero aún se mantenía, y, unos años más adelante, a la producción de flores de corte (Luque, 2021, p. 77). De acuerdo con las cifras reportadas por el DANE (1960), Villapinzón era un municipio con una producción importante de trigo, incluso más que de cebada, por lo que este tipo de dinámicas también afectaron a los productores de este lugar.

En el año 1958, se aprobó el Plan Vallejo, una serie de medidas que incentivaban las exportaciones y buscaban nuevos productos para mercados externos (Zambrano, 2015), liberar aranceles de importación para materias primas y otros insumos para procesos de producción con vocación de exportación. Este paquete de medidas dinamizó el despegue de la floricultura, primero, en municipios ubicados al occidente de Bogotá, como Mosquera, y, posteriormente en toda la sabana de Bogotá, expandiéndose hacia el norte en el municipio de Suesca y en algunas pocas hectáreas en Chocontá (Montañez *et al.*, 1994), como se mostró en la caracterización de la economía en el SSET (numeral 3.3).

En la década del 90, a la institucionalidad agropecuaria se suma la institucionalidad ambiental, con fuertes injerencias en las transformaciones del SSET. Con la Ley General Ambiental de Colombia (Ley 99 de 1993), se creó el Ministerio de Medio Ambiente, se organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se definió el ordenamiento ambiental territorial. Dentro del SINA, se dieron encuentro entre otras instituciones, institutos de investigación como el IDEAM, que asumió algunas de las funciones del HIMAT, el IAvH y otros, y también la Unidad de Parques Nacionales Naturales y las Corporaciones Autónomas Regionales, en el caso del sistema de estudio, la CAR Cundinamarca, cuyas funciones han sido de autoridad ambiental desde entonces.

En particular, esta corporación (CAR Cundinamarca) ha tenido mucha relevancia en el SSET desde su creación como Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá (bajo la ley 3 de 1961), institución que, para entonces, no era autoridad ambiental, sino encargada del desarrollo económico de la región. Bajo esta figura, se desarrollaron proyectos de electrificación en Suesca en 1964 (Herrera *et al.*, 1974) y, durante la década del 80, esta corporación recomendó la modernización en la industria de curtiembres con el paquete tecnológico de la curtición con sales de cromo (comunicación personal, 29 de noviembre de 2020). Estos dos sucesos direccionaron una transformación importante en los ciclos hidrosociales y en las formas de transformación de energía del SSET. Adicionalmente, durante esta misma década del 80, esta institución también direccionó

transformaciones drásticas en los ecosistemas al recomendar la reforestación con Acacias⁶³, especie que no es nativa, genera dificultades para la germinación de otras especies cerca de ella y que, además, tiene altas tasas de dispersión.

❖ *Factores Tecnológicos y de Infraestructura*

Como se mencionó en párrafos anteriores, los factores direccionadores o fuerzas impulsoras de las transformaciones en el SSET interactúan entre sí y, de esta manera, han orientado los cambios. Así las cosas, una vez analizados los factores de tipo demográfico, económico e institucional, es posible tener el contexto de aquellos motores de tipo tecnológico que han impulsado los cambios socioecológicos en el área de interés. Han existido factores tecnológicos relacionados con las formas y prácticas de producción agropecuaria en los dos modelos económicos, el de ISI y de apertura económica, también en lo relacionado al ciclo hidrosocial y a las formas de transformación de energía.

Entre los dos modelos económicos señalados en párrafos anteriores se dieron cambios a nivel tecnológico en función de las prácticas agropecuarias. El cambio más relevante a nivel agrícola, en términos de herramientas, se dio con el paso del azadón al tractor (Fals Borda, 2017) que, a su vez, generó una drástica transformación en la relación de los agricultores con el suelo y los ecosistemas. A pesar de que el uso del tractor significaba mayor comodidad y reducción del tiempo de las labores agrícolas, no era lo mismo utilizar esta maquinaria en países tropicales que en las grandes planicies norteamericanas o en las planicies centrales de Alemania (Fals Borda, 2017, p. 297).

Los agricultores se enfrentaron a las dificultades de la consecución de repuestos, las reparaciones, las condiciones de las carreteras, de los suelos e incluso de la mano de obra local. Lo anterior, según advirtió Fals Borda (2017, p. 298), representó para los agricultores excesivas inversiones en capital con bajos rendimientos relativos y, en ocasiones, pérdida total. A pesar de esto, la introducción del tractor facilitó la superación de las barreras naturales impuestas por las condiciones de relieves escarpados y, a la vez,

⁶³ Esta información fue conocida a través de conversaciones informales con habitantes de los municipios y adicionalmente, a través de los resultados del proyecto Checua implementado desde 1980 por la CAR con el apoyo del Ministerio Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) a través de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) y del Banco Alemán para la Reconstrucción (Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW) (CAR, 2006), proyecto que tuvo como objetivo el control de erosión y se desarrolló en la cuenca del río Checua. Desafortunadamente se intentó controlar la erosión con especies que no son nativas de la región y que generaron otras consecuencias que en lugar de controlar este proceso lo acentuaron.

disminuyó el requerimiento de mano de obra para la preparación del terreno para la siembra (Méndez, 2007).

En algunos casos, a pesar de que la maquinaria agrícola ya estaba a disposición de los agricultores, muchos continuaron realizando labores agrícolas con la ayuda de animales como bueyes o caballos. Adicionalmente, el trabajo en el suelo con uso de maquinaria pesada y no apta para este tipo de suelos generó fuertes efectos e impactos contraproducentes para el rendimiento de los cultivos y para la sustentabilidad del agricultor. El uso intensivo de esta maquinaria (tractor, rastrillo, rotovator, entre otras) ha ocasionado problemas de compactación del suelo y pulverización del mismo, lo que ha eliminado la vida en este fondo natural y ha generado problemas de infiltración que se han traducido en encharcamientos y bajos rendimientos en las cosechas. En el caso de las poblaciones agrícolas de los municipios que conforman el SSET, también fueron importantes a mediados del siglo XX las trilladoras de trigo, que funcionaban en su mayoría con animales. Algunos grandes propietarios tuvieron la posibilidad de adquirir trilladoras mecánicas, pero, en general, a mediados de siglo, los pequeños agricultores se valían de trilladoras con tracción animal (Fals Borda, 2017).

El gran cambio que revolucionó la agricultura y la ganadería en esta región fue justamente la mecanización de las labores agropecuarias, pasando de la tracción animal y la fuerza humana a los motores de combustión interna, que tiene lugar gracias a productos derivados de combustibles fósiles como el petróleo, con grandes contenidos de energía. El uso de tractores, guadañas, trilladoras mecánicas, entre otros, disminuyó la mano de obra, el trabajo humano y, en principio, mostraba unos grandes rendimientos en estas labores; sin embargo, también generó fuertes impactos socioecológicos, al desplazar a las personas que podían ejercer estas labores a buscar empleo en industrias cercanas o migrar a la ciudad y, además, al afectar dramáticamente la estructura y la vida en el suelo, esencial para la sustentabilidad. A pesar de que la introducción de algunas máquinas disminuyó el requerimiento de mano de obra, los sistemas agropecuarios de la zona continuaron demandando un número importante de trabajadores, por lo que no se puede hablar de un reemplazo de mano de obra por maquinaria en su totalidad.

Además del cambio tecnológico relacionado con los sistemas de producción agropecuaria, en este período, el SSET experimentó un cambio importante en las tecnologías relacionadas con el manejo de agua y de la energía, lo que no solo influyó en las dinámicas domésticas, sino en las dinámicas agropecuarias. En cuanto al agua, de acuerdo con conversaciones, entrevistas y talleres realizados con algunos actores sociales y con el trabajo de Fals Borda (2017) y Luque (2021), a mediados del siglo XX, la población rural se abastecía de agua transportándola a través de chorotes y vasijas de barro desde los

aljibes, pozos, quebradas o desde el río y, en los centros poblados, se encontraban pilas a través de las cuales se abastecía la gente de este sector. A mediados de los años 80, se construyeron en los tres municipios que conforman el SSET complejos sistemas e infraestructuras de captación, conducción, tratamiento (en algunos casos) y distribución de agua.

Este cambio tecnológico hizo que en algunos sectores se ampliara la frontera agropecuaria, pues los agricultores y ganaderos, que se encontraban en zonas altas y que debían transportar agua hasta los predios o desarrollar estrategias para recoger el agua de la lluvia, tuvieron acceso casi que inmediato al agua. Esto particularmente se evidenció durante conversaciones informales con habitantes del municipio de Suesca en referencia a la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), ubicada en la vereda Tausaquira, que capta agua del río Bogotá y, posterior a su tratamiento, es conducida a la parte alta de la montaña para ser distribuida, por gravedad, a una parte del casco urbano del municipio y a 5 veredas. Las infraestructuras de conducción y/o tratamiento de agua, cruda, potable y residual, son factores tecnológicos que orientaron cambios socioecológicos en el SSET y que están vinculados estrechamente con los factores demográficos, económicos e institucionales analizados en párrafos anteriores.

Otro factor tecnológico que direccionó cambios importantes en el SSET en este período de tiempo fue la construcción de la represa del Sisga. Fals Borda (2017) advirtió sobre algunos de los cambios drásticos que implicó la construcción de esta represa, cuyo fin era el control de inundaciones en la sabana de Bogotá y la generación de energía en el embalse del Muña. En términos de empleo, hubo un cambio temporal de la actividad agropecuaria en las parcelas hacia el trabajo mecánico y otros oficios asociados con la construcción de la represa que fueron mencionados en secciones anteriores.

Especialmente en el área circundante a la represa, en el municipio de Chocontá, en particular, y durante esta gran obra de ingeniería, hubo una mayor circulación de dinero en el municipio, dinamismo de precios, mercado, arrendamiento de casas a los ingenieros y trabajadores de la obra, y, en general, el nivel de vida mejoró mientras la represa del Sisga estuvo en construcción (Fals Borda, 2017). Esta situación no fue permanente; sin embargo, para muchos jóvenes agricultores, la represa del Sisga significó un adiós a la vida rural. Esta nueva tecnología para el manejo del agua modificó las dinámicas rurales de los habitantes de la región y permitió que fuerzas impulsoras externas estimularan cambios radicales en la región.

En cuanto a las tecnologías de provisión de energía a nivel doméstico, durante el período de tiempo, también se dio un fuerte cambio vinculado a los motores demográficos, económicos e institucionales a

nivel nacional y regional. A mediados de siglo, ninguno de los municipios del SSET tenía electricidad, todos los actores consultados relataron el uso de velas, incluso fabricadas localmente, lo que también fue relatado por Fals Borda con respecto al municipio de Chocontá. Suesca era el único municipio, entre los tres, que había logrado una electrificación incipiente en algunas zonas, gracias al desarrollo de la minería de carbón (Luque, 2021), aunque la cobertura no era significativa. Sin embargo, durante la década del 60, como se mencionó en los factores institucionales, la Corporación Autónoma de entonces, dedicada a temas de desarrollo regional, electrificó el municipio de Suesca, a pesar de que no fue posible corroborar la procedencia de esta forma de energía.

En Molina-Prieto (2015), se relatan algunos intentos locales de provisión de energía eléctrica en Villapinzón, incluso una Empresa Eléctrica del municipio que funcionó desde 1915 a 1930; sin embargo, la planta eléctrica de esta empresa tenía poca cobertura, “llegó a tener 220 bombillos que iluminaban la iglesia, la alcaldía, algunas calles del pueblo y unas cuantas casas” (Molina-Prieto, 2015, p. 255). En este mismo trabajo, se encuentra un relato que indica que, para 1940, no se tenía cobertura de energía eléctrica.

Por lo anterior y con base en las conversaciones con habitantes de la región que narran que hace 50 años no había provisión de energía eléctrica, se infiere que, en las primeras décadas del período de estudio, no se contaba con una cobertura de energía eléctrica en la región. Teniendo en cuenta que para los tres municipios las infraestructuras de abastecimiento de agua se construyeron en los años 80, ya para esta década los municipios probablemente contaban con un buen suministro de energía eléctrica. Además, en la década del 70, se construyó la central hidroeléctrica de Chivor, relativamente cerca a estos municipios (aproximadamente 110 km), por lo cual es muy posible que esta central suministre desde entonces energía eléctrica de manera más constante y con mayor cobertura al SSET⁶⁴.

La tecnología ha sido una fuerza importante en los cambios socioecológicos en esta región, con relación a las dinámicas agropecuarias, determinantes en esta zona, y también en las formas de abastecimiento de agua y suministro de energía, en términos de actividades domésticas y de actividades económicas (agropecuarias, extractivas e industriales). Los cambios en las tecnologías agropecuarias, en el manejo de agua y de la energía han sido determinantes en las formas en que las sociedades que se han asentado en estos espacios los han apropiado y transformado, y han dinamizado también los flujos de agua, energía

⁶⁴ Durante las entrevistas realizadas con funcionarios de las alcaldías municipales, no se obtuvo respuesta frente a la proveniencia de la energía eléctrica para los municipios. Únicamente, dos personas durante los talleres “Los Caminos del Agua”, dibujaron en sus mapas mentales la hidroeléctrica de Chivor.

e información no solo en función del número de habitantes, sino también en la intensidad de las actividades económicas agropecuarias o industriales y los modelos económicos sobre los cuales se han erigido estas actividades.

❖ *Consideraciones Finales sobre los Factores Direccionadores de las Transformaciones*

Las interacciones entre los factores direccionadores de las transformaciones socioecológicas en este SSET, demográficos, económicos, institucionales y tecnológicos, han sido los motores principales de las transformaciones directas en los ecosistemas que componen la base natural de este territorio. En este sentido, Van der Hammen (1998) afirmaba que, para finales del siglo XX, los ecosistemas de la cuenca alta del río Bogotá estaban fuertemente intervenidos y poco o nada quedaba de la vegetación original; de bosque primario se estimó menos de un 1% y de bosque secundario apenas un 5%, aproximadamente.

En la actualidad, la situación no ha cambiado, la estructura ecológica principal propuesta por el profesor Van der Hammen para contrarrestar esta dramática situación no ha sido tenido en cuenta, la conectividad entre las zonas de páramo y bosques de las partes altas de las montañas con los ríos y quebradas a través de cercas vivas no se ha promovido por las instituciones y las acuciantes situaciones económicas de los pobladores, reforzadas por el modelo económico vigente, no permiten que estos conciban la importancia de esta conectividad, las funciones que cumplen estos sistemas naturales y los beneficios que de ellos recibe la población.

Los procesos de transformación mencionados han generado, entre otras cosas, la pérdida de coberturas de vegetación, la pérdida de conectividad entre los ecosistemas de las partes altas, piedemontes y los ríos y quebradas, la degradación y erosión de los suelos y, en muchos casos, la desaparición de quebradas afluentes al río Bogotá. Los servicios que los ecosistemas han prestado a la población, relacionados al agua, al suelo y a la biodiversidad, han sido afectados a través del tiempo, por la deforestación en toda cuenca, la ampliación de la frontera agropecuaria y la contaminación de las quebradas y del cauce principal (Santos, 2021). Sin embargo, a pesar de estas dramáticas transformaciones socioecológicas, el río Bogotá, en su cuenca alta, aún puede considerarse una zona de importancia ecológica, de alta diversidad y prioridad de conservación (Rosselli *et al.*, 2014) por lo que es necesario y urgente buscar trayectorias alternativas de transición hacia la sustentabilidad.

3.5 Configuraciones Territoriales

Vinculadas a las transformaciones socioecológicas e impulsadas por los diferentes factores direccionadores analizados en la sección anterior, se analizan, en este acápite, las configuraciones del SSET en relación a los sistemas productivos más representativos, a la luz del concepto de *configuración territorial* propuesto por Santos (1996). Como se mencionó en el numeral 1.3.1, esta categoría hace referencia al “territorio más el conjunto de objetos existentes en él; objetos naturales u objetos artificiales que lo definen” (Santos, 1996, p. 73). Teniendo en cuenta la conceptualización de territorio que se ha acogido en esta investigación, la configuración territorial implica entonces el análisis de la red de relaciones entre los SSET que coevolucionan en el espacio geográfico definido más los elementos naturales y artificiales que lo componen.

Con respecto a estas configuraciones, no es posible pensar una única configuración territorial en un proceso de transformación, porque no es posible pensar en un único territorio. Los territorios son múltiples y diversos por ser productores y producidos por diferentes relaciones sociales (Fernandes, 2008; 2009) y coexisten, porque son producto de la interacción constante de SSE en diferentes dimensiones y a diferentes escalas. Dice Fernandes que: “el territorio es el lugar donde desembocan todas las acciones, todas las pasiones, todos los poderes, todas las fuerzas, todas las debilidades, es donde la historia del hombre plenamente se realiza a partir de las manifestaciones de su existencia” (2008, p. 274).

Como se ha evidenciado hasta ahora, los sistemas productivos más representativos en el SSET de estudio en la actualidad son los sistemas agropecuarios, principalmente, el cultivo de papa y la ganadería de leche en los tres municipios y la floricultura en el municipio de Suesca. Las configuraciones territoriales que se analizan en esta sección están relacionadas con estos tres sistemas de producción y expresan la especialización en el uso del espacio y la intensificación de estas actividades productivas. Se utilizan algunas fotografías de los paisajes que han resultado de la consolidación de estas actividades para identificar la constelación de recursos naturales y de recursos creados que, al disponerse como sistema, forman una configuración territorial (Santos, 1996, p. 73).

Si bien el paisaje no es la configuración territorial, hace parte de ella y aporta a la comprensión de los elementos y las relaciones que forman el sistema que es esa configuración. El paisaje nunca se presenta como un todo, mientras que la configuración territorial sí, “es el conjunto total, integral de todas las cosas que forman la naturaleza en su aspecto superficial y visible” (Santos, 1996, p. 74). La fotografía, entonces, ayuda a identificar elementos, relaciones y patrones de organización, lo que, sumado al

conocimiento que se tiene sobre estos sistemas, más allá de lo que muestran las fotografías, ayuda a consolidar el análisis de la configuración territorial.

Los paisajes agropecuarios son los paisajes predominantes en todo el SSET, como lo muestran las Fotografías 3-1 (a) y (b), en las que se observan elementos socioecológicos en continua interacción y que de manera coevolutiva configuran diferentes territorios y territorialidades. En la Fotografía 3.1 (a), se observa un cultivo de papa en el momento de la cosecha y se identifican elementos naturales, como el suelo, la papa, que está dentro de los costales, los pastos, un perro y algunos relictos de bosque, probablemente con algunas especies nativas y otras que no lo son, como pinos, eucaliptos o acacias, especies que son comunes en la región y que se combinan con las especies nativas en estas franjas de bosque. Como elementos artificiales, se observan los costales donde se ha recogido la papa, cercas de madera que ayudan a separar las zonas de pastoreo con las zonas de cultivo, empaques plásticos, una carretilla de madera, una manguera y una estructura de madera y polisombra semejante a un pequeño invernadero que probablemente sirve para almacenar algún material necesario para los trabajadores en el proceso de producción.

Fotografía 3-1: *Sistemas de Producción Agropecuaria Papa-Pastos.*



Nota. Fotografías de Carolina Tobón-Ramírez en los Municipios de Villapinzón y Chocontá

En medio de las áreas de bosque, es posible identificar un área que también hace parte del cultivo de papa, que muestra la intensidad de estos cultivos y la presión que ejercen sobre el bosque remanente en este sector. Todos estos elementos naturales y artificiales están relacionados, forman un sistema y no están allí por azar, sino que están vinculados a componentes socioecológicos y territoriales, que, a pesar de no ser visibles en la fotografía, están relacionados inherentemente con los elementos que se observan

allí. La interacción de estos últimos da como resultado esta configuración territorial y evidencia unas formas de apropiación y de transformación de los espacios naturales que resultan en territorios diversos; el de la producción agrícola intensiva y el del campesino que trabaja estas tierras.

La producción agropecuaria típica de la región se observa a través de mosaicos de predios con diferentes colores que evidencian la presencia de actividades agrarias y pecuarias y algunas zonas erosionadas, probablemente por la intensidad en estas prácticas, como se puede observar en la Fotografía 3.1(b). También, se ven infraestructuras de vivienda, donde probablemente habitan las personas que trabajan estas tierras. A diferencia de la Fotografía 3.1 (a), no se observan relictos de bosque en las partes altas, solo escasos parches de árboles que posiblemente no sean de especies nativas, sino de eucaliptos. En la primera fotografía, la franja de bosque representa un sustento natural para este territorio que no se observa en la segunda.

La presión que ejercen estos sistemas agropecuarios sobre los suelos y los bosques puede observarse también en las Fotografías 3-2 (a) y (b), que presentan otros sistemas agropecuarios de papa y pastos en el municipio de Chocontá. En estas, se identifican algunos de los elementos mencionados para las Fotografías 3-1 (a) y (ab), al ser los mismos sistemas de producción; sin embargo, presentan suelos de diferentes colores que evidencian mucha mayor erosión y menos presencia de agua. En la Fotografía 3-2 (a), se evidencia que, a pesar de la presión que ejerce el cultivo de papa sobre los pequeños parches de bosque, estos se mantienen en pie.

El hecho de que los cultivos se presenten en estos terrenos pendientes hace pensar que, seguramente se usó un tractor para el arado y la preparación del terreno. Es un elemento artificial que hace parte de la configuración territorial, aunque no se muestre en la fotografía. Se observa, además, la pequeña estructura de madera y plástico como en la fotografía anterior (3-1 (a)), que, probablemente, se utiliza también para el almacenamiento de algún material. Adicionalmente, las fotografías muestran áreas de pastos y, en la segunda fotografía (3-2 (b)), se observan animales en áreas de bastante erosión. La presión de ambos sistemas (agrícolas y ganaderos) fue corroborada durante el trabajo de campo en los tres municipios.

Fotografía 3-2: *Sistemas de Producción Agropecuaria Papa-Pastos. Municipio de Chocontá*

Nota. Fotografías de Carolina Tobón-Ramírez en el municipio de Chocontá

El fuerte deterioro del suelo es evidenciado en la Fotografía 3-2 (a), en la que se observa que el suelo que bordea los parches de bosque está completamente erosionado y se muestra un color verde más intenso alrededor, que corresponde al cultivo de papa, en este caso, no en época de cosecha, sino en pleno ciclo de producción. En la Fotografía 3-2 (b), la erosión del suelo es mucho más evidente y la presencia de algunos costales muestra que el cultivo ya se encontraba en etapa de cosecha. La erosión generada en estos suelos, probablemente por la mecanización y compactación, es evidente y se expresa en los colores del suelo, en la exposición del material de arrastre que, fácilmente puede ser transportado por el viento o la lluvia. También, se observan en las dos fotografías, algunas zonas de pastos, que, por sus colores, no parecen tener muchos contenidos de agua y nutrientes, y se visualizan, en general, muy pocos elementos naturales asociados al bosque.

Estos sistemas de producción son manejados por diferentes actores: unos, que son los dueños de la tierra; otros, que administran los cultivos; y otros, los trabajadores de los cultivos, que componen la mano de obra. Especialmente estas personas deben desplazarse diariamente a los cultivos para trabajar desde el mismo municipio o desde otros municipios de la región, lo que implica un flujo diario de personas desplazándose desde sus hogares al trabajo de producción agrícola. En el caso de la ganadería, usualmente requiere menos mano de obra que el cultivo de papa y quienes administran los cultivos suelen vivir en el terreno donde se encuentra la producción, por la dedicación que implica el cuidado de los animales y las labores de ordeño. Cada uno de estos actores apropia estos espacios de maneras diferentes, los transforma y hace que materiales como el agua, el suelo y la materia vegetal circulen, se

transformen también y, una vez se hayan utilizado, continúen su proceso de degradación, ya sea excretado como vertimiento directo a alguna fuente de agua o al suelo de manera difusa.

Los sistemas de producción que se identifican en la Fotografía 3-3 (a) son la floricultura y los sistemas de ganadería de leche en la parte plana del municipio de Suesca. Estos dos forman la configuración territorial de esta parte del municipio que, además, corresponde con la llanura de inundación del río Bogotá. La producción florícola contribuye al paisaje con un elemento esencial, que son los invernaderos de plástico; también, se pueden identificar algunas edificaciones que hacen parte de los cultivos, que es donde se llevan a cabo las actividades de postcosecha, como las que se muestran en la Fotografía 3-3 (b). En esta última, se observa la mano de obra femenina, principal en estas labores culturales de empaque y clasificación.

Las extensiones de pastos y algunos parches de árboles también se observan en la Fotografía 3-3 (a), en este caso, estos árboles no corresponden a especies nativas, sino principalmente a plantaciones de pino y eucalipto que están asociados a la producción de madera, usada para la construcción de los invernaderos. Las flores en la Fotografía 3-3 (b), clasificadas y empacadas en ramos que posteriormente se trasladarán a cuartos fríos para ser despachadas a su destino final, son el componente central, el corazón de este sistema de producción y expresan, en su materialidad, todas las relaciones que se tejen (y de han dejado de tejer) para que sea producida y transportada a su cliente final, además de las altas cantidades de agua, materiales y energía que requirió su producción.

En estas relaciones y procesos metabólicos, tienen relevancia grandes grupos económicos que direccionan el proceso de metabolismo: la apropiación de los ecosistemas, la transformación, el consumo y la circulación de agua, de diferentes materias primas y de formas de energía, tanto internas como externas, para, luego, después de su consumo y circulación, excretar los residuos del proceso, dentro del sistema o fuera de él, de manera sólida, líquida o gaseosa, de forma directa, difusa o virtual. También, tienen una gran relevancia las personas que trabajan en estos cultivos, la mano de obra femenina y masculina que trabaja con intensos ritmos para lograr las exigencias diarias de producción, que han abandonado sus huertas, en ocasiones a sus hijos, y que son los actores directos de este metabolismo territorial.

Estos sistemas de producción han sido representativos en el SSET, a través de las últimas cinco décadas, se han consolidado y han configurado territorios diversos, producto de las diferentes relaciones que se han tejido entre los actores sociales y los espacios naturales donde se han asentado estos procesos de

producción. Hay unos territorios del capital, expresados en las ganancias que generan las exportaciones de estas flores o las utilidades de los propietarios de grandes extensiones de pastos o cultivos de papa.

Fotografía 3-3: *Sistemas de Producción de Flores – Municipio de Suesca*



(a)

(b)

Nota. Fotografías de Carolina Tobón-Ramírez en el municipio de Suesca

Además, hay un territorio configurado por la mano de obra que trabaja para estos propietarios o grupos de empresarios, que tiene formas distintas de apropiar estos mismos espacios y de vivirlos día a día, exponiéndose a los efectos que en sus cuerpos y en los entornos naturales puedan tener los insumos químicos que se utilizan en los procesos de producción. Estos dos territorios se entretajan de manera coevolutiva, interactúan con los elementos naturales y sociales que están en continua interacción en estos sistemas de producción y expresan, a su vez y continuamente, una serie de procesos metabólicos, desde la apropiación hasta la excreción.

4. METABOLISMO TERRITORIAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ: VILLAPINZÓN, SUESCA Y CHOCONTÁ

Esta sección analiza el SSET de estudio caracterizado en el capítulo anterior, a partir del modelo de interpretación y análisis de metabolismo territorial propuesto, teórica y metodológicamente, en los primeros dos capítulos de este documento. En coherencia con la propuesta metodológica, este capítulo se estructura en función de las categorías propuestas: ciclo de la información, coberturas de la tierra, ciclo hidrosocial y flujos de energía. A partir de este análisis, se propone en la última sección un modelo conceptual general de metabolismo territorial que integra estas categorías con las relaciones o procesos metabólicos de apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción. Además, tomando como base este análisis de metabolismo territorial realizado para el SSET de estudio, emergen otras categorías de análisis para la sustentabilidad, que se proponen con miras a abrir caminos futuros de investigación para la construcción de un índice de sustentabilidad territorial. Este modelo podría adaptarse a otros contextos socioecológicos-territoriales y a diversas unidades de análisis definidas con criterios biogeofísicos, ecológicos, político-administrativos o sociales.

El análisis integral que se realizó para este SSET, que se presenta en este capítulo, articula información cualitativa y cuantitativa a diferentes escalas y en diferentes momentos en el tiempo. Debido a la disponibilidad de información y a las diversas unidades de análisis, es necesario hacer algunas estimaciones que son detalladas en cada caso. La escala temporal mantiene el período de tiempo propuesto para la investigación sobre el que se realizó el análisis de transformaciones socioecológicas, desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, en especial, para las coberturas de la tierra, el agua y la energía. La información disponible para estas últimas se detalla a continuación, la información cualitativa utilizada se encuentra en el Anexo B, los procedimientos cuantitativos se incluyen en el Anexo C y la información cartográfica utilizada en el estudio se presenta en el Anexo D.

Para la segunda mitad del siglo XX, se utilizaron fotografías aéreas de 1958 disponibles en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para el área de estudio, información hidrometeorológica disponible en las estaciones del IDEAM y la CAR para 1960 y el primer censo agropecuario (DANE, 1960), para el análisis de flujos de energía en agroecosistemas. Para los períodos intermedios de análisis (década del 80 del siglo XX y primera década del siglo XXI), se dispuso de las imágenes satelitales de 1987 (Landsat 30 m) y 2010 (Landsat 7 - 15 m) y de la información hidrometeorológica disponible en las estaciones del IDEAM y la CAR para estos períodos.

Para el último período de análisis, al que se ha hecho referencia como el período actual, que corresponde a la década 2010-2020, se utilizó la imagen satelital del 2020 (Sentinel 10 m) para el análisis de coberturas, información hidrometeorológica disponible en las estaciones del IDEAM y la CAR para 2018, información oficial producida por el DANE (2018) sobre población, el tercer censo agropecuario (DANE, 2016), y la cartografía e información disponible en el IGAC para los años 2012, 2013, 2017, 2018 y 2021⁶⁵. Para el análisis de flujos de energía en los agroecosistemas se utilizan, de manera complementaria, otros estudios que se especifican en cada caso.

4.1 El Ciclo de la Información en la Construcción del Metabolismo Territorial en la CARB

El ciclo de la información constituye el soporte inmaterial del metabolismo territorial, la estructura intangible que soporta el ciclo hidrosocial y las formas de transformación de energía en un determinado SSET y que articula estos ciclos y flujos con los actores y las instituciones. En este sentido, los procesos de este ciclo de información, explicados en el numeral 2.2, se entretajan para dar como resultado esta estructura o soporte inmaterial y son analizados a la luz de información cualitativa recabada durante el trabajo de campo de la investigación. Posteriormente, de manera complementaria, se realizó una encuesta virtual a diferentes actores sociales e institucionales, que tienen relación o habitan en la cuenca alta del río Bogotá. La información primaria recolectada en el campo, complementada con la información proveniente de los actores a través de la encuesta, permitió comprender la red de flujos intangibles sobre los ciclos y flujos materiales de agua y energía, en el contexto socioecológico-territorial de los primeros tres municipios de la cuenca del río Bogotá.

⁶⁵ La guía de capas utilizadas se encuentra en el Anexo D.

De acuerdo con esto, el análisis del ciclo de información sobre agua y energía en el SSET de estudio se realiza en dos secciones. La primera, analiza los procesos de este ciclo con base en las diferentes herramientas aplicadas durante el trabajo de campo de la investigación, especialmente, en las entrevistas y conversaciones con diferentes actores sociales y en los talleres denominados Los Caminos del Agua, realizados con asociaciones de usuarios de agua y con estudiantes de instituciones educativas departamentales⁶⁶.

La segunda sección, analiza los resultados de la encuesta realizada a diversos actores sociales e institucionales, relacionados con la cuenca alta del Río Bogotá. Estos actores corresponden a: veedores ciudadanos, representantes de iniciativas ciudadanas y organizaciones no gubernamentales (ONG), expertos académicos, miembros de Concejos Municipales y de Consejos Territoriales de Planeación. El detalle de estos participantes se encuentra en el Anexo A, junto al instrumento de encuesta y a las gráficas resultantes de las respuestas de estos actores.

4.1.1 Los Flujos de Información Sobre Agua y Energía en el SSET

La información sobre agua y energía fluye de manera bidireccional en el SSET y conforma el almacén inmaterial dentro del cual se dan los procesos metabólicos en el territorio. Fluye, de manera bidireccional, entre los sistemas naturales y los sociales. Los procesos metabólicos de apropiación, consumo, circulación, transformación y excreción ocurren de diversas formas y en diferentes intensidades y magnitudes, por uno u otro nivel de conciencia y conocimiento de los actores y las instituciones sobre las dinámicas hídricas y energéticas, por determinadas formas de crear redes sociales o físicas para manejar estas dinámicas, de generar fuentes de información sobre ellas; de comunicarse y de tomar decisiones. Esta primera sección analiza cada uno de estos procesos del ciclo de la información, a partir de la visión que diferentes actores sociales compartieron en entrevistas, conversaciones informales, recorridos territoriales, y durante los talleres denominados Los Caminos del Agua.

❖ La Conciencia de los Actores Sociales sobre el Agua y la Energía

Los talleres con actores sociales y las entrevistas con entidades territoriales, permitieron ver que el nivel de conciencia es mayor con relación a las fuentes y usos de agua que en relación con las fuentes de energía y sus procesos de transformación. En especial, durante los talleres con acueductos rurales, los

⁶⁶ Una selección del material, resultado de los talleres, se encuentra en el Anexo A.

actores que participaron de estas actividades no dudaron en responder la pregunta: ¿de dónde viene el agua?, pues tenían toda la claridad de que el agua provenía de los llamados nacederos, del páramo o de las montañas. Identificaron con facilidad los caminos del agua: pozos, aljibes, quebradas o ríos que pasan por sus casas o que han conocido en los recorridos que hacen diariamente en sus veredas. También, identificaron con claridad los usos que le han dado al agua, principalmente, el uso doméstico y agropecuario y, a su vez, tenían conciencia sobre el destino del agua después de su uso.

Durante talleres realizados con estudiantes rurales de Suesca, se evidenció también un nivel de conciencia frente a la existencia de fuentes y usos de agua. Si bien, no tenían la misma claridad que los representantes de los acueductos sobre el punto exacto donde se encontraban los nacimientos, sí los identificaban, y habían visto, en sus recorridos cotidianos por las veredas, las infraestructuras asociadas al manejo del agua rural. En el caso de los estudiantes de Chocontá, que pertenecían a una escuela urbana, tenían claro que la fuente del agua del municipio es la laguna de El Choque, ubicada en la zona oriental.

Frente a la energía, la situación no fue la misma; inicialmente, frente a la pregunta: ¿de dónde viene la energía?, los participantes, en general, respondían en primera instancia que la energía provenía de la “luz” o la “electricidad”. Con ayuda del intercambio entre los actores y la investigadora, poco a poco, relacionaron la fuente de esa forma de energía, en este caso, una hidroeléctrica y, con mayor intercambio, encontraban que, la fuente principal de energía es el sol. Una vez identificada esta, se reconocieron las formas que tomaba la energía en sus diversos procesos de transformación, la energía en forma de biomasa contenida en las plantas, en los cultivos, en los alimentos, la relación del agua y la energía en el proceso de transformación de energía potencial y cinética a energía eléctrica, que ocurre en las hidroeléctricas, y, finalmente, el proceso de disipación de energía en forma de calor. En particular, este último proceso fue identificado por varios actores, como parte de la influencia antrópica en el proceso de calentamiento global.

En las entrevistas realizadas a las entidades territoriales, se evidenció la misma situación, un nivel de conciencia mayor con relación a las fuentes, usos y problemáticas asociadas al agua que, en relación a la energía, precisamente porque la única forma de energía que está presente en el imaginario colectivo es la energía eléctrica. Debido a que la entrevista, a pesar de ser semiestructurada, no permitía el mismo nivel de intercambio que el taller, no se profundizó con los actores institucionales en las diversas formas de transformación de la energía; sin embargo, se complementaron las preguntas con frases alusivas a formas alternativas de generación de energía, como la eólica o la solar. No obstante, las respuestas se concentraron en la energía eléctrica únicamente.

Frente a la pregunta sobre las problemáticas relacionadas con el agua, los actores hicieron referencia a una gran variedad de problemas: los relacionados con la distribución y abastecimiento en la red de usuarios, la deforestación en nacimientos y quebradas, la erosión del suelo, la contaminación directa por vertimientos domésticos o industriales sin tratamiento, o con tratamientos deficientes, la contaminación difusa por uso excesivo de agroquímicos en los cultivos de papa y el pastoreo de animales dentro de las quebradas o en sus rondas hídricas. También, se hizo énfasis en el deterioro de las quebradas y en la ocupación de cauces o captaciones ilegales, en usos inadecuados como el uso de agua para consumo humano en los sistemas de producción avícola cultivos de flores e, incluso, problemas asociados a la tenencia de la tierra en las zonas de nacimientos de agua.

Sin embargo, frente a la misma pregunta relacionada con la energía, en seis de las nueve entrevistas, las respuestas indicaron que no había una problemática de relevancia en este sentido. Las problemáticas que se identificaron en tres entrevistas estaban relacionadas con fallos esporádicos en el servicio de suministro de energía eléctrica, falta de cobertura en algunas zonas rurales, falta de alumbrado público y baja o nula cantidad de experiencias en formas alternativas de generación. Nuevamente, la única forma de energía identificada fue la energía eléctrica.

A pesar de no identificarse un alto nivel de conciencia con relación a la energía, llamó la atención que, durante los talleres, se mencionó la relación agua-energía por la generación de energía a través de las hidroeléctricas. Al no tener clara la fuente principal de energía, el sol, no se identificaron en un comienzo relaciones de la energía solar con el ciclo del agua; sin embargo, una vez iniciado el intercambio de conocimientos entre investigadora-actores, ellos mismos iban develando esta relación.

Tanto para los actores sociales de las comunidades, como para los actores institucionales de las entidades territoriales, se encontró un nivel alto de conciencia en relación a problemas de contaminación de agua y deforestación en las fuentes; no obstante, no se evidenció conciencia en relación con la biomasa que contienen los bosques, como forma de energía, ni tampoco se reconocieron los contenidos energéticos asociados a la producción agropecuaria, de los insumos y productos de síntesis química, como fertilizantes y plaguicidas, o de los productos agrícolas principales. A pesar de lo anterior, para los actores institucionales, sí es relevante la relación entre energía y contaminación de agua, en términos de los altos consumos energéticos implicados en el funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua potable y sus respectivos procesos de conducción y distribución.

❖ *El Conocimiento de los Actores sobre los Ciclos del Agua y Flujos de Energía*

El conocimiento de los actores sobre los ciclos de agua y flujos de energía tuvo mucha relación con la situación que se evidenció sobre el nivel de conciencia. Hay un nivel mayor de conocimiento sobre las fuentes, los usos y los destinos del agua, pero no, sobre las fuentes, usos y destinos de los flujos de energía. Lo anterior, fue evidenciado, tanto en los talleres como en las entrevistas y conversaciones. Los actores sociales de las veredas, los actores institucionales de las alcaldías y otros habitantes (líderes y productores, entre otros), compartieron su conocimiento sobre las diversas fuentes de agua y su ubicación, tenían conocimiento sobre los diferentes usos que se le dan al agua en todo el municipio: doméstico, agropecuario, industrial y, en algunos casos, conocen las cantidades utilizadas. Además, también conocían, en mayor o menor medida, las problemáticas relacionadas a los vertimientos y a las diferentes formas de saneamiento y manejo: alcantarillado y plantas de tratamiento en zonas urbanas, pozos sépticos o vertimientos directos al suelo en zonas rurales.

A pesar de esta estrecha relación entre conciencia y conocimiento, también fue posible evidenciar, en algunas conversaciones con habitantes locales, que, muchas personas tenían conciencia de la existencia del nacimiento del río Bogotá en el páramo de Guacheneque, pero nunca lo habían visitado, incluso, personas del mismo municipio de Villapinzón. Además, fue posible revelar, durante un taller con una institución educativa del sector urbano en Chocontá, que algunos estudiantes sabían dónde nace el agua del municipio e identificaban la Laguna del Choque, pero tampoco la habían visitado por primera vez. Los guardabosques de estos municipios señalaron que no era tan común que los habitantes locales realizaran visitas a estos espacios naturales, a pesar de que sabían de su existencia y eran conscientes de que el agua que consumían provenía de estos ecosistemas.

En el caso de la energía, si bien los actores mencionados tenían conocimiento de la forma de energía que utilizan, energía eléctrica, solo algunos actores de la zona rural tenían conocimiento del lugar de generación de este flujo energético. En su mayoría, los actores consultados, solo conocían la empresa que provee el servicio y, en términos generales, el proceso de generación de energía eléctrica, pero no el lugar exacto de su procedencia. Durante los talleres en Villapinzón y Chocontá, los actores sociales hicieron énfasis en la falta de conocimiento sobre agua y energía aplicado a sus contextos locales, y la necesidad de aumentar los procesos de fortalecimiento de capacidades para todos los pobladores de diferentes edades, tanto en instituciones educativas, como en otras instancias de agremiación o asociación, como acueductos, asociaciones de productores y población en general.

La experiencia del proyecto *Manos a la Cuenca: Laboratorio Social para la Gestión Integrada del Agua y el Territorio en el municipio de Suesca* (en adelante Manos a la Cuenca)⁶⁷, permitió evidenciar resultados positivos frente a la construcción colectiva de conocimiento, especialmente, sobre el ciclo del agua, aplicado a los contextos locales. En este proceso, la generación colectiva de conciencia y conocimiento se realizaron con apoyo de una institución educativa rural, la alcaldía municipal y las organizaciones sociales de dos veredas: JAC y asociaciones de usuarios rurales de agua. Procesos como este, pueden configurar modelos que den respuesta a la necesidad expresada por los actores sociales de los otros dos municipios, en términos de los procesos de capacitación para fortalecer la conciencia y el conocimiento sobre el agua y la energía, aplicados a los contextos locales en sus territorios.

❖ *Los Tipos de Redes en los Caminos del Agua y de la Energía*

El SSET que corresponde a la Cuenca Alta del río Bogotá: municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca, es una red de interconexiones entre los SSE y el territorio, que, a su vez, son redes, y cada uno de los elementos que los componen, sean ecológicos o sociales, pueden configurarse también como una red. En el marco de esta complejidad, se habla en este apartado, de dos tipos de redes que se tejen en la gran red que es el SSET: redes sociales que se configuran alrededor del metabolismo del agua y de la energía y redes físicas que soportan estos procesos de intercambio, como las redes de manejo de agua o de provisión de energía. Debido a que la conciencia y el conocimiento son mayores respecto al agua, justamente las redes físicas relacionadas con el agua son las que mayor importancia tienen dentro de la población y, por esta razón, son las que se analizan en esta sección.

En el caso de las redes sociales alrededor del agua y de la energía, se pueden relacionar con algunas instituciones formales y no formales a las que se hizo referencia en la sección 3.3, sobre la caracterización de la base social. Es el caso, por ejemplo, de las asociaciones de usuarios de agua en zonas rurales de los municipios que conforman el SSET de estudio. En general, estas asociaciones se han configurado en el tiempo a partir de las relaciones alrededor del abastecimiento de agua (captación, almacenamiento y

⁶⁷ Este proyecto fue financiado, en una primera fase, por la convocatoria Extensión Solidaria 2016 de la Universidad Nacional de Colombia, fue dirigido desde el departamento de Geografía y tuvo la participación de los departamentos de Ingeniería Civil y Biología. Una segunda fase, fue aprobada en la reciente convocatoria de Extensión Solidaria 2022, en esta ocasión, dirigida desde el departamento de Ingeniería Civil, y cuenta con la participación de los departamentos de Geografía, Biología y Ciencias Agrarias. La continuidad entre la primera y la segunda fase se logró gracias al trabajo conjunto del grupo Núcleo Local MAC, conformado después de la primera fase del proceso, junto con la Institución Educativa Departamental Pablo VI de Santa Rosita, en Suesca, aliado estratégico de esta iniciativa. La investigadora ha participado en las dos fases del proceso y hace parte del grupo Núcleo Local MAC.

distribución principalmente) y, al ser el agua un elemento esencial en la vida humana, estas asociaciones son redes, en el sentido en que se componen de fuertes lazos e intercambios de información y, son el resultado de los patrones de organización social alrededor del agua, en consonancia con la definición de red de Capra y Luisi (2014), señalada en el primer capítulo.

En algunos casos, estas asociaciones o redes sociales alrededor del agua, se configuran como instituciones formales, al entrar en el proceso de legalización que, implica constituir personerías jurídicas, crear normas escritas (estatutos) y tomar decisiones a partir de estas normas y procesos legales. En contraposición, también hay algunas asociaciones de usuarios rurales de agua que no están conformadas legalmente, de manera que no serían en estricto sentido instituciones formales. No obstante, rigen sus acciones, comportamientos y decisiones frente al abastecimiento de agua y los procesos asociados, de acuerdo con unas reglas o normas que no están necesariamente escritas, pero que, sí corresponden a acuerdos cognitivos y voluntarios. Estas asociaciones son instituciones no formales y también son redes que responden a un patrón de organización social, que tiene al agua como su eje central.

Estas redes sociales que se configuran alrededor del uso del agua, así no sea explícito, también están estrechamente relacionadas con las formas de energía y sus procesos de transformación, teniendo en cuenta la relación intrínseca del ciclo del agua con la energía solar, el rol de las coberturas vegetales y los suelos en las zonas de nacimiento de agua y, también, de manera más directa, los consumos de energía eléctrica de los sistemas de acueducto o tratamiento (bombeos y funcionamiento en general). No obstante, como se mencionó en los apartados anteriores, al no haber conciencia ni conocimiento sobre las diversas formas de energía, estas redes se reconocen en relación con el agua y no con la energía, a pesar de tener una estrecha relación.

Dentro del SSET de estudio, también se pueden considerar redes sociales alrededor del agua y la energía a las asociaciones de productores o agremiaciones, pues las relaciones entre ellos se fortalecen por la necesidad de un determinado servicio en alguna etapa dentro del proceso productivo principal o, para la distribución y comercialización del producto final, y, por lo general, no solo se articulan alrededor del manejo del agua, sino también de la energía. Estas redes, al igual que las asociaciones de usuarios de agua, pueden ser de tipo formal o informal, legalizando su funcionamiento para acceder a proyectos específicos o, únicamente organizándose de manera informal para optimizar su producción.

En este sistema predominan estas redes a nivel local, especialmente, en los pequeños y medianos productores. Los grandes productores, por lo general, se articulan a redes externas al territorio, que tienen incidencia a una escala mayor, incluso a escala global, como es el caso de la agroindustria de las

flores, actividad que, desde sus comienzos, ha tenido una vocación de exportación. Algunos cultivos pertenecen a la Asociación Nacional de Floricultores (ASOCOLFLORES) y otros, son miembros de grupos empresariales más grandes, de tipo internacional, con sede en otros países diferentes a Colombia.

Además de las redes sociales que se han configurado alrededor del manejo del agua o de la producción, y que articulan principalmente pobladores locales, también, se han identificado redes que se han dinamizado gracias a la presencia de población neorrural. Se trata de redes constituidas alrededor de procesos de defensa ambiental, en el caso de zonas de extracción de material o directamente por el cuidado del río, redes sociales para crear reservas naturales en la cuenca, para la restauración ecológica, para el establecimiento de corredores de conservación y para la producción agroecológica, especialmente de producción hortícola.

La población neorrural ha jugado un papel importante en la dinamización de estas redes, lo cual se ha comprobado durante el trabajo de campo de la investigación, en recorridos y conversaciones y al ser parte de la comunidad de uno de los municipios y miembro de algunas de estas redes. En estos escenarios, se ha evidenciado la influencia que esta población ha generado en la conciencia y en el conocimiento alrededor de los elementos socioecológicos relacionados con el agua y la energía en estos territorios. Estos nuevos actores han creado redes y se han insertado a las redes de actores locales, como las JAC o a las asociaciones de usuarios de agua, han constituido colectivos ciudadanos y han buscado intercambiar conocimiento con los habitantes locales nacidos en el territorio para, de esta manera, fortalecer la conciencia y el conocimiento sobre el territorio y generar otros patrones de organización.

Las redes físicas que se configuran alrededor del agua y de la energía, que son de relevancia para este análisis, tienen que ver principalmente con la infraestructura relacionada al manejo del agua, esto es, los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento, para agua potable y agua residual. Estos sistemas son también actores fundamentales en los SSET, pues son nodos de estas redes donde confluyen muchas relaciones o flujos, pero también son, a la vez, redes en sí mismas y tienen una estructura física que soporta el intercambio de agua, energía e, incluso, de información. Como se analizó en el numeral 3.4, la aparición de estos sistemas y nuevas tecnologías en el manejo de agua, han dinamizado el metabolismo de este territorio, han incrementado la circulación de flujos de agua y de energía y han aumentado el crecimiento de la población y las actividades económicas, no solo a nivel local, sino también regional.

❖ *Existencia y Calidad de Fuentes de Información sobre el Agua y la Energía*

En términos de fuentes de información, el análisis se realiza en relación a la existencia de fuentes y a la calidad de las mismas. A partir del intercambio realizado con los actores sociales durante los talleres, conversaciones informales y, en algunas de las reuniones de socialización de diagnóstico del ajuste del POMCA del río Bogotá, se evidenció un descontento generalizado de la población local en relación a la generación de información sobre el territorio desde las oficinas, unas ubicadas en la ciudad de Bogotá y, otras, en la sede regional de la autoridad ambiental en Chocontá. Adicionalmente, al realizar ejercicios de análisis de contenido a algunos de los documentos de nivel municipal, regional e instrumentos de planeación local, como los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT), los PUEAA y PSMV y el POMCA, se evidenció una débil conexión con los espacios locales y la realidad de sus pobladores.

Es importante anotar que esta zona, al ser parte de la cuenca más poblada del país, y con una importancia económica estratégica en términos del PIB, mencionada en el capítulo 3, cuenta con un alto número de estudios, algunos de ellos mencionados en la introducción del presente capítulo. En general, tanto las entidades oficiales como las autoridades ambientales de orden nacional y regional producen muchas fuentes de información de esta zona; sin embargo, se observa poca relación entre algunos de ellos y poca articulación con el contexto local, situación que expresan los pobladores.

Con relación a documentos de gran importancia como el POMCA, base para el ordenamiento a todas las escalas, gracias al análisis de contenido realizado, se encontró también una falta de integralidad de los elementos que conforman los SSE del territorio. Las caracterizaciones y diagnósticos que se realizan en estos instrumentos no reflejan la realidad sistémica y la continúan fragmentando, al describir uno a uno los elementos naturales o sociales, pero sin una verdadera conexión entre ellos. Adicionalmente, fue posible evidenciar que, en ocasiones, la autoridad ambiental no utiliza fuentes de información generadas por las universidades y centros de investigación sobre el territorio y, a veces, ni siquiera utiliza los estudios desarrollados por la misma entidad para la toma de decisiones. Lo anterior se corroboró en comunicación con dos investigadores que participaron de la generación de estas fuentes de información dentro de la entidad y en alianza con ella, y posteriormente, en una organización ambiental externa⁶⁸.

⁶⁸ Los ejemplos puntuales referenciados en estas comunicaciones fueron: el Plan de Manejo Integral del Recurso Hídrico en la Cuenca del río Bogotá (Contrato de Consultoría No. 753 – 2015), con fecha de 2017, que no fue tenido en cuenta en el ajuste del POMCA entregado en 2018 y la Guía de implementación de Medidas de adaptación al cambio climático para ecosistemas de alta montaña bajo el enfoque de soluciones basadas en la naturaleza (SbN), que no ha sido tenido en cuenta en el proyecto de Adecuación Hidráulica de la Cuenca Alta del Río Bogotá. Ambos proyectos de gran envergadura y financiados por la misma autoridad ambiental.

Durante la investigación, fue posible evidenciar también que, el alto número de estudios que se desarrolla sobre la zona no es de amplio conocimiento para las entidades territoriales y mucho menos, para los pobladores locales. Hay una débil conexión de los estudios desarrollados por diferentes instituciones (academia, ONG nacionales e internacionales, entidades gubernamentales, autoridad ambiental) con la población local. Si bien, esta población tiene como fuente de información su propio territorio y sus experiencias de habitarlo, es necesario partir, en primera instancia, del reconocimiento de este conocimiento como fuente de información para la toma de decisiones y, posteriormente, articularlo en la realidad, con las demás fuentes de información y los actores e instituciones que las producen.

❖ *La Comunicación entre Actores y con Instituciones en la Cuenca Alta del Río Bogotá: municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca*

Durante todas las actividades relacionadas con el trabajo de campo de la investigación, fue posible evidenciar una comunicación débil entre pobladores locales con las entidades territoriales y la autoridad ambiental. Además, se observaron también debilidades en la comunicación entre los grandes productores con estas mismas entidades, especialmente, con las entidades territoriales. Es el caso de los grandes productores de papa, grandes haciendas lecheras o cultivos de flores. Por lo general, la comunicación de estos productores con las entidades municipales es mínima y, eventualmente, se da en épocas electorales (Comunicación personal, 15 de noviembre de 2019).

Las entrevistas a productores de la zona evidenciaron que las entidades municipales no reciben, por lo general, ningún tipo de información del funcionamiento de estas grandes producciones, registros de producción, manejo de agua o energía, prácticas relacionadas con el uso del suelo, entre otras. En el caso de Suesca, por ejemplo, los impuestos que se derivan de la producción de flores no son dirigidos al municipio, sino a nivel nacional, por ser una actividad con orientación de exportación⁶⁹. A pesar de que no es posible generalizar para todos los grandes productores, la relación que se da entre estos y los municipios es únicamente a voluntad del productor y, lo que se infiere de los recorridos y conversaciones con funcionarios y productores, es que, en general, no hay comunicación entre estos actores incluso, en ocasiones, ni siquiera se sabe de su existencia en el territorio.

⁶⁹ Esta situación fue relatada por un funcionario de la alcaldía municipal durante el proceso de socialización de los resultados preliminares de esta investigación.

Adicionalmente, la forma en la que se realiza el arrendamiento de grandes terrenos para la producción agropecuaria, especialmente para la producción de papa, genera un alto nivel de rotación de los productores, por lo que, para las entidades territoriales y la autoridad ambiental, es difícil regular o controlar la actividad y esto afecta la comunicación entre estos. En el mismo escenario, la comunicación entre los pobladores locales y estos grandes productores también es escasa, en ocasiones, ni siquiera existe tal, debido a que este tipo de productores no suele estar en el territorio de manera permanente y, tampoco, el propietario de los terrenos que, por lo general, no se relaciona con la población. En el caso de la agroindustria de las flores esta falta de comunicación entre productores es también preocupante en el entendido en que esta actividad económica genera importantes externalidades ambientales (en agua, suelo, aire y salud de los trabajadores y trabajadoras) y éstas no son dimensionadas por las autoridades y por la población.

La comunicación entre los pobladores suele ser mucho mejor que con actores externos a la comunidad y los espacios para comunicar las situaciones que ocurren con relación al manejo de agua, en particular, se dan en las reuniones de JAC o acueductos y, adicionalmente, en las tiendas durante las tardes o fines de semana o en reuniones de padres de familia en las instituciones educativas. Sin embargo, este tipo de comunicación no suele tener una incidencia real en el resto de los procesos del ciclo de la información y, por lo tanto, se dificulta su impacto en unas nuevas configuraciones metabólicas del territorio con miras a la sustentabilidad.

❖ *La Visión de los Actores frente a la Toma de Decisiones*

El proceso de toma de decisiones, como se observó en la Figura 2.2, está influenciado por los anteriores procesos analizados: la generación de conciencia, la producción de conocimiento, la formación de redes, la existencia y calidad de fuentes de información y los procesos de comunicación entre los actores sociales e institucionales. A la vez, este proceso de toma de decisiones retroalimenta a los anteriores procesos mencionados y, ocurre en diferentes escalas, pues las decisiones se toman desde lo local hasta el nivel nacional⁷⁰. En el nivel local, por ejemplo y con relación al agua, se toman decisiones entre los miembros de las asociaciones de usuarios de agua sobre la operación o el mantenimiento del sistema abastecimiento y se pone en consideración de todos los usuarios si hay algún tipo de problemática en relación al funcionamiento de la red o a algún miembro de la misma. En general, todos los miembros

⁷⁰ Si bien las decisiones también se toman a nivel individual, para efectos del análisis, se analizan únicamente las decisiones a nivel local, regional y nacional.

tienen conocimiento de cómo funciona el sistema, del lugar de procedencia del agua y tienen cierto nivel de conciencia y conocimiento sobre ello, como ya se mencionó.

En el nivel municipal, la toma de decisiones con relación al agua se ve afectada por los débiles procesos de comunicación entre los pobladores locales, los grandes productores externos al territorio y las entidades territoriales. También, por las fuentes de información que se generan, por el nivel de conocimiento y conciencia de las entidades territoriales con respecto a la complejidad del territorio que gestionan y, por los bajos niveles de desempeño a nivel institucional. Es necesario, además, incluir las influencias que se generan desde los niveles superiores en términos de jerarquías burocráticas, es decir, desde las escalas de cuenca y a nivel nacional. En el caso del ordenamiento del territorio, las decisiones del nivel municipal se ven influenciadas de manera directa por el ordenamiento de cuenca y, este, a su vez, gestionado por la autoridad ambiental, como se mencionó, no se realiza teniendo en cuenta las particularidades del contexto local y no cuenta con una comunicación eficiente entre los diferentes actores involucrados.

Frente a las decisiones sobre los flujos y formas de energía, los actores sociales e institucionales no tienen mayor incidencia en esta toma de decisión, al estar restringida la conciencia y el conocimiento a una única forma de energía y, a que su generación, transmisión y suministro se realiza por parte de una única empresa privada. Adicionalmente, el hecho de que haya un sistema interconectado a nivel nacional para la generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, hace que las decisiones relativas a la energía estén orientadas por el nivel nacional y en ocasiones, internacional y, las decisiones a nivel local y regional tengan poca trascendencia.

De acuerdo con lo analizado, en todas las etapas del ciclo de información sobre agua y energía y su influencia en el proceso de toma de decisiones en el SSET, se observa que estas decisiones están influenciadas por relaciones de poder, jerarquías burocráticas y propietarios y productores con altos niveles de ingreso y producción. Sumado a lo anterior, estos procesos de toma de decisiones se realizan sin un contexto local real y de una manera centralizada, “desde las oficinas”, como lo mencionan los pobladores, y, en muchas ocasiones, atendiendo a intereses particulares y no al interés común. Lo anterior, entonces, evidencia un ciclo de información de agua y energía que, si bien tiene algunos procesos relativamente fuertes, en general, refleja un soporte inmaterial débil para sustentar el metabolismo territorial.

4.1.2 El Ciclo de Información sobre Agua y Energía: Actores Sociales e Institucionales de la CARB

Como se mencionó en la introducción de este capítulo, el análisis que se realizó sobre los procesos del ciclo de la información, a partir del trabajo de campo con diferentes actores del territorio, se complementó con una encuesta virtual realizada a otros actores sociales e institucionales, relacionados de diversas maneras con la CARB. La encuesta fue respondida por 37 personas⁷¹; entre estas, se encuentran habitantes de los municipios de la cuenca alta, académicos o expertos relacionados con la zona, profesores de escuelas rurales de uno de los municipios de estudio, miembros de entidades oficiales (alcaldías, concejos municipales, consejos territoriales de planeación) y de organizaciones no gubernamentales (fundaciones o iniciativas colectivas). A continuación, se presentan los resultados de cada etapa del ciclo de la información que, de igual manera, se realizó en la sección anterior y se presentan, en formato tabular, las respuestas de cada uno de los procesos.

❖ Nivel de Conciencia frente al Agua y a la Energía

De acuerdo con los actores consultados, el nivel de conciencia sobre las fuentes y usos de agua se considera, en su mayoría, bajo, tanto en las comunidades locales, como en los productores y en las instituciones, como se observa en la Tabla 4-1. En términos de energía, se consideró bajo especialmente para comunidades y productores, pero llama la atención que se calificó, en mayor medida, medio para las instituciones. Según estos resultados, los actores consultados consideran que el nivel de conciencia es más bajo en relación a la energía que al agua en las comunidades locales y en los productores. Esto coincide con lo que se analizó en la sección anterior sobre la visión de los actores sociales e institucionales con quienes se realizaron diferentes actividades durante el trabajo de campo. Sin embargo, contrasta con el resultado obtenido para el nivel de conciencia sobre la energía por parte de las instituciones, que, de acuerdo con los resultados, tienen una mayor conciencia sobre la energía.

❖ Nivel de Conocimiento sobre Fuentes y Usos de Agua y Energía

En términos del nivel de conocimiento sobre fuentes y usos de agua y energía, los actores consideraron un nivel medio para instituciones y bajo para productores y comunidades locales, en ambos casos. A pesar de lo anterior, el porcentaje fue mayor para el nivel bajo de las comunidades locales en relación a

⁷¹ Los detalles de los actores encuestados, el formulario de preguntas y las gráficas resultantes se encuentran en el Anexo A.

la energía, mientras que para los productores el porcentaje fue similar, es decir, los actores consideraron, casi en igual medida, que el nivel de conocimiento sobre el agua y la energía en los productores es bajo. En el caso de las instituciones, a pesar de que el nivel de conocimiento sobre agua y energía fue calificado como medio, el porcentaje es mayor para el caso de la energía. Estos resultados se observan en la Tabla 4-2.

Tabla 4-1: *Resultados de la encuesta sobre el nivel de conciencia sobre agua y energía (Tasa de participación⁷²)*

NIVEL DE CONCIENCIA			
	<i>Comunidades Locales</i>	<i>Productores</i>	<i>Instituciones (alcaldía/gobernación/CAR/MADS)</i>
Agua	64,9% bajo 32,4% medio 2,7% alto	67,6% bajo 27% medio 5,4% alto	45,9% bajo 45,9% medio 8,1% alto
Energía	75,7% bajo 21,6% medio 2,7% alto	64,9% bajo 27% medio 8,1% alto	40,5% bajo 54,1% medio 5,4% alto

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

Tabla 4-2: *Respuestas en relación al Nivel de Conocimiento sobre Agua y Energía (Tasa de participación)*

Nivel de Conocimiento			
	<i>Comunidades Locales</i>	<i>Productores</i>	<i>Instituciones (alcaldía/gobernación/CAR/MADS)</i>
Agua	45,9% bajo 40,5% medio 13,5% alto	59,5% bajo 27% medio 13,5% alto	43,2% bajo 45,9% medio 10,8% alto
Energía	56,8% bajo 40,5% medio 2,7% alto	54,1% bajo 40,5% medio 5,4% alto	40,5% bajo 54,1% medio 5,4% alto

Nota: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

❖ **Formación de Redes en torno al Agua y a la Energía**

Como se presenta en la Tabla 4-3, en términos de formación de redes, el 51,4% de los encuestados considera un nivel medio de formación de redes en cuanto al agua; sin embargo, el 54,1% considera bajo el nivel de formación de redes en cuanto a la energía. En este caso, las redes a las que se hace referencia corresponden a redes de tipo social, como formas de organización de los actores sociales alrededor del agua o de la energía. Es necesario mencionar esta diferencia con respecto al análisis realizado en la sección anterior, que incluyó redes de tipo físico. A pesar de esta diferencia, con respecto a las redes

⁷² La tasa de participación equivale al porcentaje con respecto al número de respuestas totales

sociales alrededor del agua y de la energía, los resultados presentados en la tabla corresponden con lo analizado anteriormente sobre este proceso, debido a que, a pesar de que la formación de redes en torno al agua es calificada en un nivel medio, es superior a la formación de redes en torno a la energía.

Tabla 4-3: *Respuestas sobre Formación de Redes alrededor del Agua y la Energía (Tasa de participación)*

Redes			
Agua	45,9% bajo	Energía	54,1% bajo
	51,4% medio		43,2% medio
	2,7% alto		2,7% alto

Nota: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

❖ *Existencia y Calidad de las Fuentes de Información sobre Agua y Energía*

Sobre las fuentes de información alrededor del agua y de la energía, se realizaron dos preguntas: una en relación a la existencia de suficientes fuentes de información y otra sobre la calidad de estas fuentes. En la Tabla 4-4, se observa que la mayoría de encuestados, el 64,9%, considera que no existen suficientes fuentes de información acerca del agua y el 70,3% considera que no existen suficientes fuentes en relación a la energía. En términos de calidad, el 54,1% consideró que las fuentes existentes sobre el agua son de calidad regular, mientras que el 45,9% consideró deficiente la calidad de las fuentes de información sobre energía.

Llama la atención en este proceso, la consideración de que no existen suficientes fuentes de información, especialmente sobre agua, pues como se ha mencionado ya, sobre esta región se han realizado una gran cantidad de estudios a nivel académico y a nivel oficial. Lo anterior, refleja justamente la desarticulación entre las instituciones que producen estas fuentes de información con los actores sociales en el territorio. Adicionalmente, es de notar que, teniendo una gran cantidad de estudios se evalúe como deficiente su calidad.

Tabla 4-4: *Respuestas en relación a las Fuentes de Información sobre Agua y Energía (Tasa de participación)*

Fuentes de Información		
Agua	<i>Existen fuentes suficientes</i>	<i>Calidad de fuentes</i>
	64,9% no 35,1% si	35,1% deficiente 54,1% regular 10,8% buena
Energía	<i>Existen fuentes suficientes</i>	<i>Calidad de fuentes</i>
	70,3% no 29,7% si	45,9% deficiente 43,2% regular 10,8% (4) buena

Nota: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

❖ *La Comunicación entre Actores e Instituciones en torno al Agua y a la Energía*

Con relación a la comunicación entre actores e instituciones sobre agua, el 46,7% consideró que la comunicación es regular, mientras que, con respecto a la energía, el 53,3% la consideró deficiente. A pesar de que algunos actores consideraron buena la comunicación entre los actores e instituciones sobre agua y energía, los porcentajes son muy bajos (10% y 6,7% respectivamente), en comparación con quienes respondieron que la consideraban regular o deficiente. Este resultado coincide con lo analizado en la sección anterior, en términos de la comunicación entre los actores y entre actores e instituciones en lo relativo al agua y a la energía, como se observa en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5: *Respuestas sobre la Comunicación entre Actores e Instituciones acerca de Agua y Energía (Tasa de participación)*

Comunicación	
Agua	51,4% deficiente 40,5% regular 8,1% buena
Energía	62,2% deficiente 32,4% regular 5,4% buena

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

❖ *Toma de Decisiones alrededor del Agua y de la Energía. Realidad Local y Estado del Proceso*

En relación con la toma de decisiones sobre agua y energía, los resultados presentados en la Tabla 4-6, muestran que, el 83,8% de los encuestados consideró que el proceso no involucraba información certera sobre las realidades locales en cuanto al agua y el 81,1% consideró, de igual manera, que el proceso no involucraba información certera sobre las realidades locales en cuanto a la energía. El estado del proceso de toma de decisiones fue considerado deficiente, tanto para el agua (56,8%), como para la energía (62,2%).

El alto porcentaje de respuestas, en relación a la desconexión con las realidades locales en el proceso de toma de decisiones también corresponde con el análisis de este proceso en la sección anterior, evidenciando que esa fuerte desconexión entre los actores, las instituciones y la toma de decisiones constituye una amenaza importante para la sustentabilidad territorial, en la medida en que este proceso deficiente y sin conexión a las realidades locales, sumado a la deficiencia de los demás procesos del ciclo

de la información, debilita profundamente la estructura intangible que se construye con base en los flujos informacionales para sustentar un metabolismo territorial.

Tabla 4-6: *Resultados sobre el Proceso de Toma de Decisiones relacionado al Agua y a la Energía (Tasa de participación)*

Toma de decisiones		
Agua	<i>Involucra información certera sobre las realidades locales</i> 83,8% no 16,2% si	<i>Estado del proceso de toma de decisiones</i> 56,8% deficiente 35,1% regular 8,1% bueno
Energía	<i>Involucra información certera sobre las realidades locales</i> 81,1% no 18,9% si	<i>Estado del proceso de toma de decisiones</i> 62,2% deficiente 32,4% regular 5,4% bueno

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

Las secciones 4.1.1 y 4.1.2 coinciden en señalar que, la mayoría de los procesos que constituyen el ciclo de la información, se encuentran en un nivel crítico. Si bien durante los talleres, entrevistas y conversaciones realizadas en el campo con algunas comunidades, se evidenció un nivel de conciencia, de conocimiento y de formación de redes importante, no es posible concluir lo mismo de la totalidad de los procesos. Además, los resultados de la encuesta muestran una mayoría de calificaciones deficientes y bajas para la totalidad de los procesos del ciclo de la información.

Estos resultados evidencian unos altos niveles de incertidumbre y azar en la toma de decisiones, a la luz de los conceptos de información discutidos en el capítulo 2, especialmente aquel que indica que la información es algo útil, que “permite hacer predicciones con una mayor precisión que el azar” Adami (2016, p. 1), que permite tomar decisiones de manera más acertada o generar políticas públicas que realmente busquen dar respuestas a problemas urgentes de la realidad local. Lo anterior tiene fuertes implicaciones, al pensar en escenarios de futuro que propendan por la sustentabilidad territorial.

Un ciclo de información que evidencia desconexión dentro del SSET, entre los actores sociales frente a sus entornos naturales y entre los mismos actores sociales y las instituciones que realizan la gestión de estos sistemas de base, afecta al SSET como totalidad y afecta las características claves de estos sistemas complejos, de autoorganización de respuesta y capacidad de adaptación. Teniendo presente el concepto de Abel (2014), sobre la autoorganización como proceso constructivo, un sistema complejo como el SSET de estudio, que vea afectadas estas características, ya sea por fuerzas externas o internas, estaría dirigiendo este proceso constructivo hacia un proceso de autodestrucción.

Adicionalmente, estos procesos de autoorganización, como procesos cognitivos de auto generación y auto perpetuación de redes vivas (Capra y Luisi, 2014), al verse profundamente afectados, podrían conducir al sistema a un escenario irreversible de insustentabilidad en el que, los sistemas naturales, por las retroalimentaciones que reciben de los sistemas sociales con quienes coevolucionan, pierdan poco a poco la habilidad inherente que tiene de sustentar la vida.

4.2 Las Coberturas de la Tierra y su Transformación, Elementos de Integración

Las coberturas de la tierra se consideran, desde esta investigación, como una interfase de la relación naturaleza-sociedad, un reflejo de las interacciones que surgen en un SSET y, es por esto, que emergieron en el transcurso de la investigación, como una categoría transversal para la interpretación y análisis del metabolismo territorial. De esta manera, al ser una expresión de las interacciones que configuran el sistema en un momento del tiempo determinado, dan cuenta de la organización espacial de los sistemas sociales dentro del sistema natural o el conjunto de ellos. Analizar diferentes momentos en el tiempo permite ver, desde una escala espacial y temporal, la transformación del SSET en su conjunto, para, posteriormente, analizar los ciclos hidrosociales y las formas de transformación de energía predominantes en el sistema de estudio.

De acuerdo con lo anterior, esta sección presenta los resultados del análisis multitemporal de transformación de coberturas de la tierra entre los años 1958 y 2020. El primer momento (1958), es analizado a partir de la interpretación de fotografías aéreas disponibles en el IGAC para ese año y, los tres momentos siguientes (1987, 2010, 2020), son analizados a partir de las imágenes satelitales disponibles para esos años. Se analizarán aquí, los cuatro momentos definidos (1958, 1987, 2010, 2020), para los cuales se siguió el procedimiento detallado en el numeral 2.3 y, posteriormente, los cambios más relevantes en los siguientes períodos: 1958-2020, 1958-1987, 1987-2010, 2010-2020. Las matrices de cambios y permanencias de los períodos de análisis, donde se detallan todos los cambios entre clases, se encuentran en el Anexo D. Al finalizar la sección, se realizan algunas consideraciones sobre las coberturas de la tierra, como categorías analíticas de integración en los estudios de metabolismo territorial y sobre algunos métodos que pueden ser útiles para complementar este tipo de análisis.

Con respecto a la interpretación de las fotografías aéreas del año 1958, disponibles en el IGAC, se presentaron algunos retos que es necesario mencionar antes de presentar y analizar los resultados. El primero tiene que ver con la georreferenciación, pues no fue posible hacerla de manera precisa para todas las fotografías que componen el mosaico que cubre el área de trabajo, debido a la resolución de

estas, por lo cual, se presentaron algunos pequeños desfases. No obstante, teniendo en cuenta que se está trabajando a partir de un nivel regional a escala 1:100 000, lo anterior no constituye un problema significativo para el análisis final.

El segundo reto, tiene que ver con la calidad visual, puesto que, a pesar del buen detalle que tienen, las ortofotografías se encuentran en blanco y negro, por lo que se dificulta la interpretación en el sentido de distinguir, por ejemplo, entre algunas coberturas similares, como pastos limpios y mosaicos de pastos y cultivos. Por esta razón, se hace referencia a las clases, como las define el IDEAM (2010), de acuerdo con la metodología CLC, y, además, se distinguen dos “macro clases” o clases agregadas en términos de coberturas de tipo agropecuario, que agregan coberturas como pastos limpios, mosaicos de pastos, cultivos y otras similares y coberturas de tipo natural, que agregan las clases arbustales, herbazales, bosque denso, bosque de galería, entre otras referidas a sistemas naturales.

El tercer reto es la cobertura espacial, puesto que el área total es de 50 945 ha, aproximadamente, y se dificultó la consecución de todas las fotografías que contienen el área, por lo que, algunos pequeños espacios quedaron sin cobertura; sin embargo, por la escala manejada, lo anterior no constituye un problema real para la interpretación y análisis final. La diferencia entre el área total interpretada en las fotografías y el área total que presentan las imágenes satelitales es de 48,7 ha aproximadamente, lo cual representa un porcentaje de 0,09% del área total.

4.2.1 Una mirada a las Coberturas de la Tierra.1958-2020.

En primera instancia, se presentan los principales resultados de la interpretación de coberturas de la tierra de los años 1958, 1987, 2010 y 2020, señalando las clases predominantes y los porcentajes que representa cada clase. Como se mencionó, también se analiza la agregación de coberturas en dos macro clases: de tipo agropecuario y de tipo natural. Lo anterior, toma relevancia en el análisis de metabolismo territorial, en el entendido de que, como se ha sostenido en esta investigación, los sistemas naturales constituyen la base sobre la cual se sustentan los sistemas sociales que incluyen, por supuesto, a los sistemas económicos y a todas las relaciones de tipo cultural-político-institucional.

El Mapa 4-1 presenta las coberturas de la tierra interpretadas para el año 1958 del área en cuenca de los municipios que conforman el SSET de estudio. De acuerdo con la interpretación realizada, y como se aprecia en el pre mapa que se incluye en el mapa principal, la cobertura predominante para este año es la de mosaico de pastos y cultivos, que ocupa un 41,8% del área total. Le siguen, en tamaño, las

coberturas de pastos limpios con un 31,6%, la de arbustales con 12,98% y la de herbazales, que ocupa un 7,5% del área total analizada. El área de las demás coberturas identificadas se encuentra en un rango entre 0,01% a 1,82%.

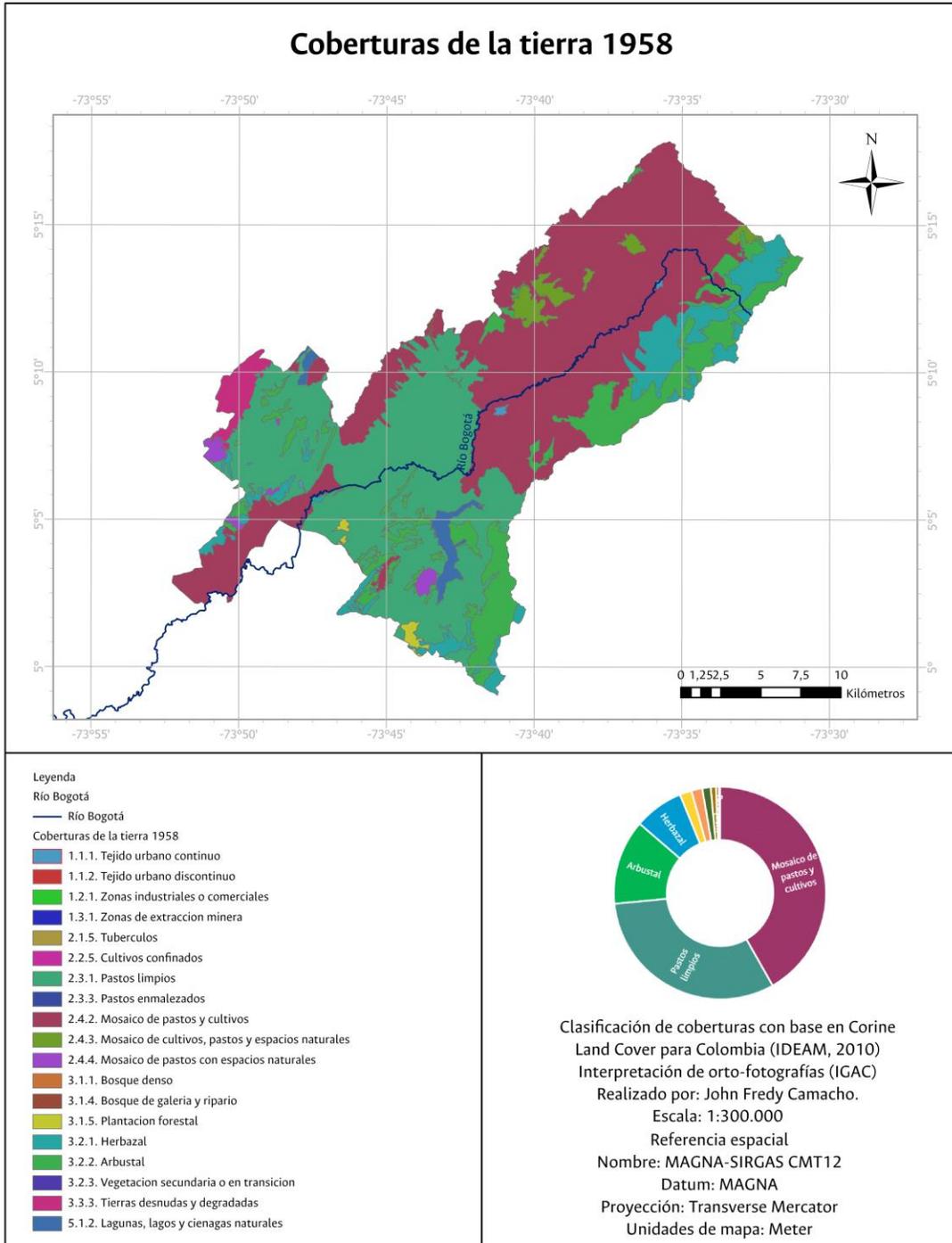
Con respecto a la clasificación más agregada entre coberturas de tipo agropecuario y coberturas de tipo natural, se encuentra que el 76% aproximadamente del área de estudio tiene cobertura agropecuaria, que agrega las coberturas de pastos limpios, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, y mosaico de pastos y cultivos. En ese mismo sentido, el 21,8% aproximadamente es área con cobertura de tipo natural, representada en las coberturas de arbustales y herbazales principalmente, pero también agregando las coberturas de bosque denso, bosque de galería y ripario y lagunas, lagos y ciénagas naturales. El bosque denso es la cobertura de menor área con 4,4 ha.

Las coberturas que ocupan el 2,2% restante están relacionadas con el tejido urbano continuo que corresponde a los cascos urbanos de los municipios de estudio (67,1 ha - 0,13%), las plantaciones forestales, como áreas de cultivos de eucaliptos y pinos (210,12 ha - 0,41%), y tierras desnudas o degradadas (848,67 ha - 1,67%), que se ubican en la zona sur occidental del municipio de Suesca, específicamente, en la vereda Barrancas y una parte de la vereda Susatá. Estas veredas tienen dos particularidades importantes, están en la zona identificada por Van der Hammen y Gaviria como bad lands (Van der Hammen, 1998), es decir, que es una zona seca con predominancia de erosión natural; además, estas veredas fueron parte del área en la que tuvo gran auge el sistema económico extractivo de minería de carbón, que se mantuvo activo hasta el presente siglo.

En el Mapa 4-2, se presentan las coberturas de la tierra en el año 1987 en el SSET de estudio. Como se aprecia en el pre mapa, la cobertura predominante en el momento de la imagen fue la de mosaicos de pastos y cultivos, que ocupa un 39,2% del área. Posteriormente, predomina la cobertura de pastos limpios, con un 32,5% y la de arbustales, con un 11,9%. Con porcentajes menores, le siguen la cobertura de herbazales (5,3%), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2,3%) y mosaicos de pastos con espacios naturales (2,1%). Las demás coberturas ocupan porcentajes en el rango entre 0,01% y 1,7%. La cobertura que ocupa una menor área nuevamente es la de bosque denso, con un área de 5,7 ha, ubicada en la franja oriental del área en los municipios de Chocontá y Villapinzón y se ubica entre el páramo de Guacheneque (nacimiento del río Bogotá) y la reserva natural El Choque, en la zona oriental del municipio de Chocontá.

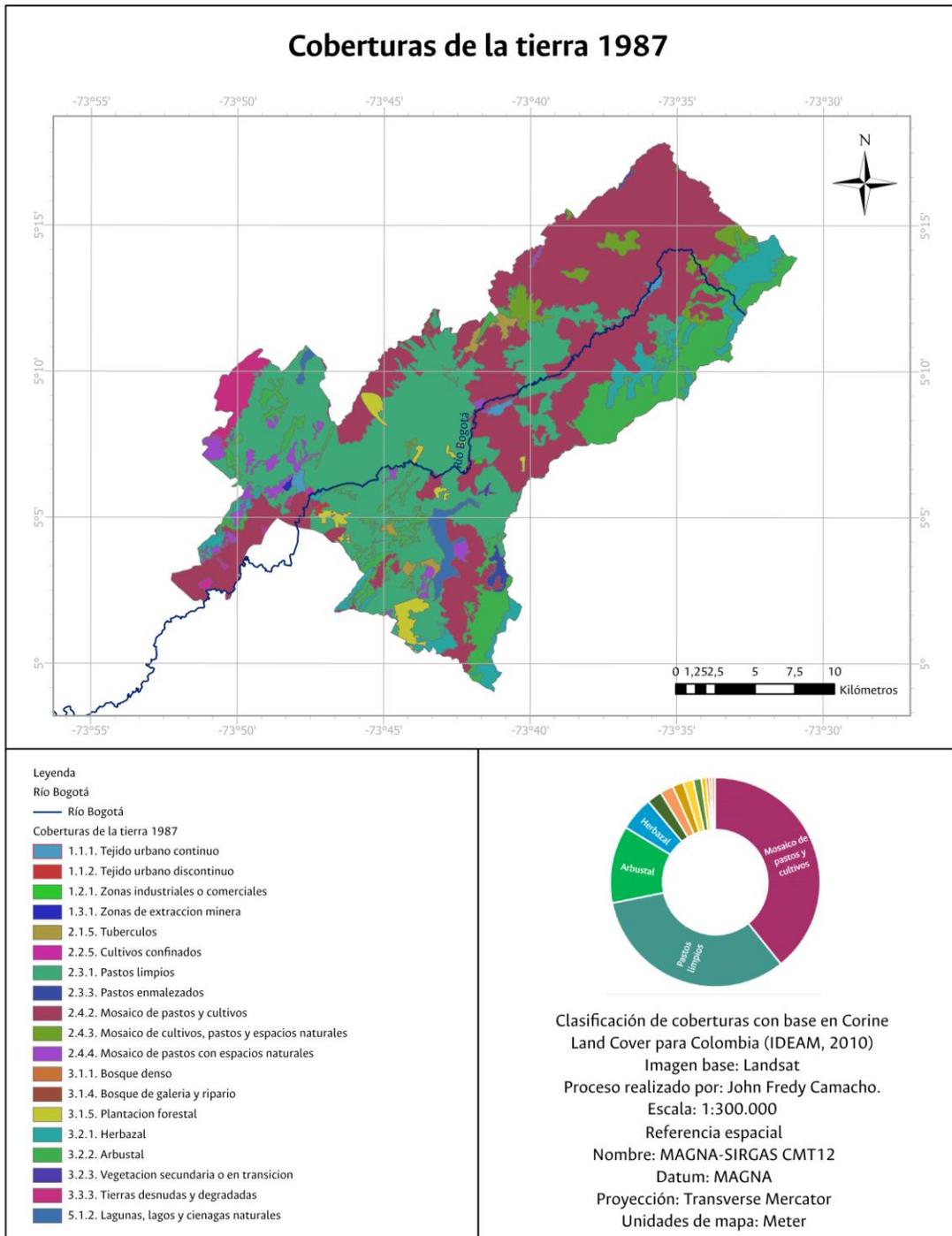
En referencia a las macro clases definidas, la agregación de coberturas de tipo agropecuario representa, para 1987, un porcentaje de 77,2%, mientras que la agregación de coberturas de tipo natural, representa un 18,6%, tres puntos porcentuales menos que el año anteriormente analizado (1958).

Mapa 4-1: Coberturas de la Tierra para el año 1958



Nota. Elaboración propia

Mapa 4-2: Coberturas de la Tierra para el año 1987



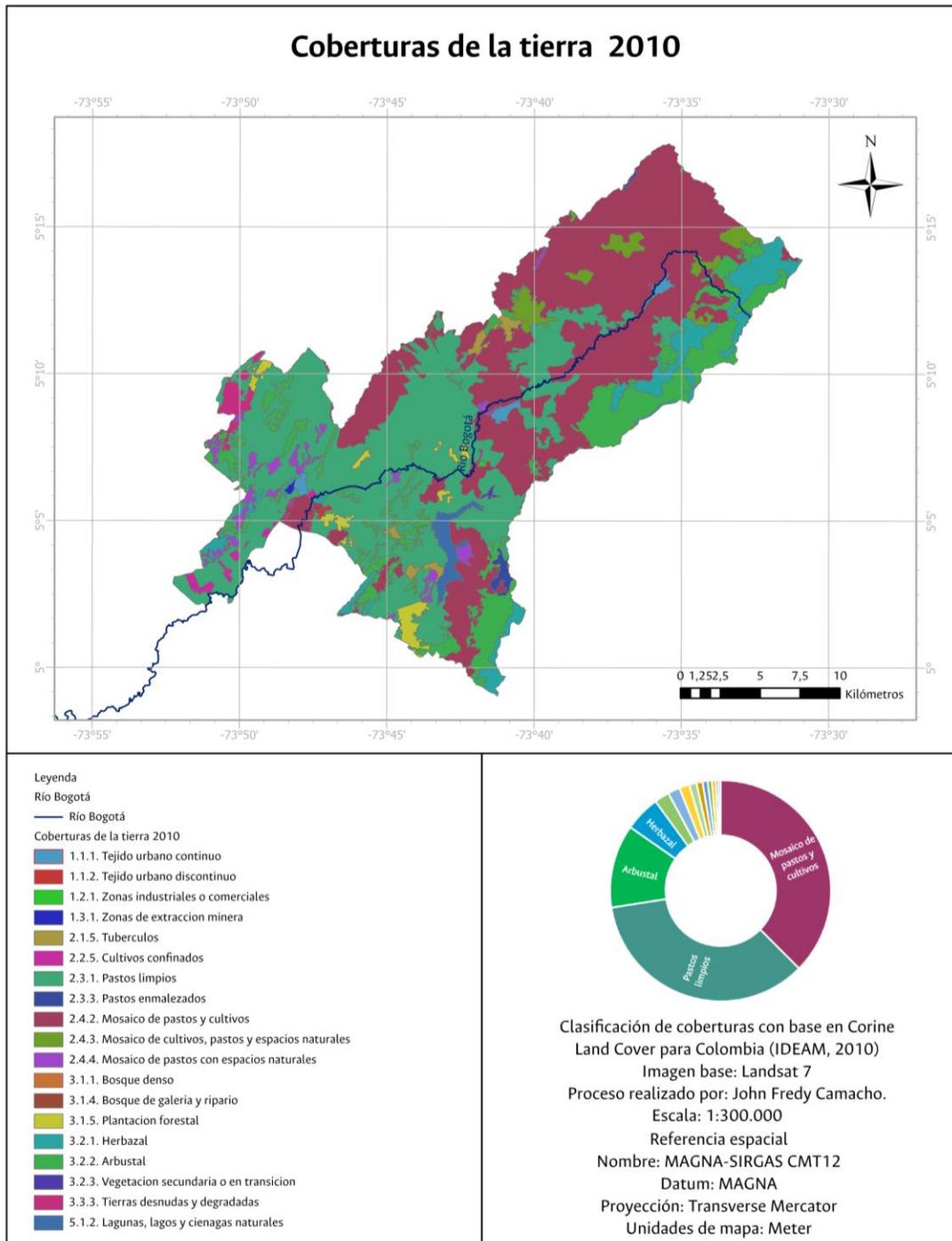
Nota. Elaboración propia

Estas coberturas naturales se ubican principalmente en la franja oriental del SSET y, en menor medida, en los alrededores de la represa del Sisga y algunas áreas dispersas en la zona occidental de Chocontá y Suesca. Dentro de las demás coberturas que ocupan el 4,1% restante, se encuentra el área de tejido urbano, que corresponde a un área de 293,8 ha (0,58%) (243,7 continuo, 50,1 discontinuo), las plantaciones forestales (principalmente eucalipto, pino y acacia), que ocuparon un área de 799,2 ha (1,57%) y las tierras desnudas y degradadas con 856,4 ha (1,68%), nuevamente localizadas en las veredas Barrancas y Susatá en el municipio de Suesca, y el área de cultivos confinados, que se refiere principalmente a cultivos de flores para exportación, ubicados en el municipio de Suesca con 114 ha (0,22%).

Esta cobertura no se identificó en el año 1958; los cultivos de flores llegaron a Suesca en la década del 70 y se ubicaron al lado del cauce principal del río Bogotá, principalmente, en las veredas Cacicazgo, Chitiva bajo, Guita y Palmira, que corresponden a la parte plana del municipio, que ha sido una zona propicia para la ubicación de invernaderos de flores desde su establecimiento en la región, especialmente por la disponibilidad de agua. Las zonas planas del municipio de Suesca, comparten algunas de las características edafológicas e hidrogeológicas que se presentan en el resto de la Sabana de Bogotá hacia el sur occidente de la cuenca y que corresponden con la zona en la que más auge ha tenido este tipo de actividad. En las décadas del 80 y 90, los cultivos de flores presentaron un crecimiento importante en el país (ver sección 3.3) y la Sabana de Bogotá (incluyendo el municipio de Suesca) fue la región de mayor crecimiento y productividad.

El año 2010, al igual que 1987 y 1958, presenta la cobertura predominante de mosaicos de pastos y cultivos, que ocupa un 37,4% del área total. Le siguen, en importancia, las mismas coberturas de pastos limpios con un 35,2% y la de arbustales con un 12,2%. Lo anterior, se puede observar en el Mapa 4-3 y en el pre mapa incluido. Las siguientes coberturas, en orden descendente de área, también corresponden a las mismas que en 1987, estas son: herbazales (5,2%), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2,2%) y mosaicos de pastos con espacios naturales (1,75%). La cobertura con menor área es de igual manera la de bosque denso, con la misma área de 5,7 ha en la misma ubicación.

Mapa 4-3: Coberturas de la Tierra para el año 2010



Nota. Elaboración propia

Para este año, las coberturas de tipo agropecuario ocupan un 77,7% del área total y las coberturas naturales un 18,6%. El 3,7% restante, corresponde a tejido urbano, con 356,5 ha (0,7%) (306,4 ha

continuo y 50,1 ha discontinuo), cultivos confinados con un área de 284,1 ha (0,56%), ubicados también en el municipio de Suesca, al margen del río Bogotá, plantaciones forestales con 762,35 ha (1,5%) y tierras desnudas y degradadas, con un área menor que los años anteriores de 459,02 ha (0,9%).

En 2020, las coberturas predominantes se mantienen de igual forma que para los tres momentos anteriormente analizados: mosaicos de pastos y cultivos con el 42,8% del área total, pastos limpios con un 27,2% y arbustales con un 11,5%. Le siguen, las coberturas de mosaico de pastos con espacios naturales con un 5,5%, herbazales con 4,9% y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con un 2,1%. El bosque denso es nuevamente la cobertura de menor área, con 5,7 ha en la misma ubicación de los años anteriores. El mapa de coberturas de la tierra para este año se presenta en el Mapa 4-4, junto con el respectivo pre mapa, que muestra las clases predominantes. Al igual que para los años anteriores, la cobertura agropecuaria es la predominante en todas sus clases, un 79% con respecto al área total. Las coberturas naturales ocupan para este año el 17,7% del área total. El 3% restante se compone de las coberturas de tejido urbano que, para este año, corresponden a 367,43 ha (0,72%) (317,02 continuo, 50,41 discontinuo), cultivos confinados con un área de 165,23 ha (0,32%), plantaciones forestales con 660 ha (1,3%), y las tierras desnudas a degradadas que ocuparon un área de 417,4 ha (0,82%).

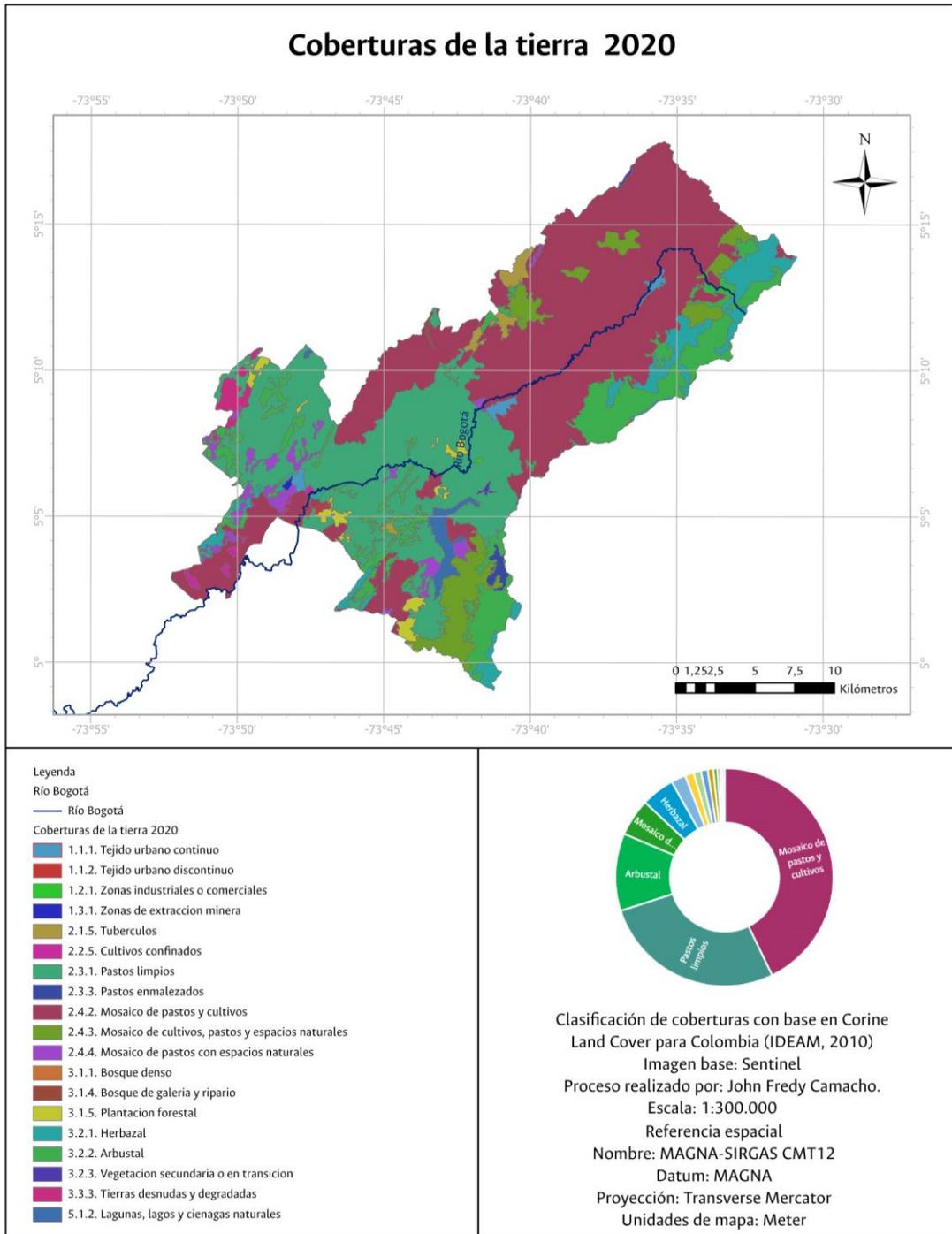
Para los cuatro momentos de análisis, la macroclase agropecuaria ha superado el 70% del área total, aumentando del 76% en 1958 al 79% en el último momento de análisis, el año 2020. Con la tendencia contraria, la macro clase natural ha disminuido del 21,8% en 1958 al 17,7% en el 2020. Los datos agregados en porcentaje, para cada tipo de macroclase, en los cuatro momentos de análisis, se presentan en la Tabla 4-7. Estos resultados indican que los sistemas naturales, que corresponden al 20% aproximadamente del área total del SSET, son la base del metabolismo territorial y están sustentando el 80% restante del área total, a las actividades agropecuarias, que son las predominantes en la región, pero también a los demás sistemas económicos y a las actividades domésticas de la población.

Tabla 4-7: *Porcentajes de Área de estudio por Tipo de Macroclase en los Cuatro Momentos de Análisis*

Tipo de Macroclase	Año			
	1958	1987	2010	2020
Agropecuaria	76,0%	77,2%	77,7%	79,0%
Natural	21,8%	18,6%	18,6%	17,7%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la interpretación de coberturas de la tierra

Mapa 4-4: Coberturas de la Tierra para el año 2020



Nota. Elaboración propia

4.2.2 Cambios Relevantes en los Períodos de Tiempo

A partir de la interpretación de coberturas de la tierra de los años 1958, 1987, 2010, 2020 presentada en la sección anterior, este apartado analiza los cambios más relevantes en los períodos de tiempo comprendidos entre estos años, esto es: 1958-2020, 1958-1987, 1987-2010, 2010-2020. El análisis multitemporal de transformación de las coberturas predominantes, en términos generales, indica que, el área de los tres municipios en la cuenca alta del río Bogotá no ha sido muy dinámica entre 1958 y 2020 a la escala de trabajo. Lo anterior, se evidencia en la medida en la que, en los cuatro momentos analizados, las tres clases principales fueron siempre las mismas: mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios y arbustales. Esta dinámica corresponde con la caracterización actual de ecosistemas presentada en el Mapa 3-4, que evidenció que los ecosistemas generales predominantes, de acuerdo con la cartografía actualizada disponible, son los agroecosistemas ganaderos (37,5%), los mosaicos de cultivos y pastos (35,1%) y el ecosistema de páramo (10,7%) que, para efectos de la interpretación de coberturas con la metodología CLC, corresponde a las clases de arbustales y herbazales, principalmente.

En términos de las macro clases definidas, como se presentó en la Tabla 4-7, el porcentaje de cobertura agropecuaria se ubicó entre el 76% y el 79%, y, en correspondencia con este aumento, las coberturas naturales se ubicaron entre un 21,8% y un 17,7%, lo que sugiere que el porcentaje de aumento en clases agropecuarias, probablemente, corresponde a la pérdida de cobertura natural. Como se puede observar en las matrices detalladas de cambios y permanencias (Anexo D), algunos de los cambios ocurrieron con respecto a clases parecidas (e.g. de pastos limpios a pastos enmalezados o a mosaicos de pastos y cultivos), por lo que, en términos del área total y de las macro clases definidas, no representan un cambio significativo en la escala de trabajo.

En las matrices de cambios y permanencias mencionadas, el período completo de análisis 1958-2020 registra 68 transiciones, mientras que, en los períodos intermedios, el período 1987-2010 registra 29 transiciones y el período 2010-2020 registra 52, en solo 10 años. En los polígonos más grandes que se observan en los mapas de cambio no cambió la forma, sino la clase, pero, como se mencionó, no es un cambio significativo, puesto que se mantiene la cobertura de tipo agropecuario, y puede responder a la dinámica de rotación propia de la actividad agropecuaria de esta región.

El período comprendido entre la segunda mitad del siglo XX (1958) hasta la actualidad (2020), representa el período de tiempo completo definido para la investigación, y es el que permite analizar los cambios más drásticos en las últimas seis décadas. Es necesario resaltar que algunas clases identificadas para 2020 no se identificaron en la cobertura de 1958, estas son: tejido urbano discontinuo, zonas industriales o

comerciales, zonas de extracción minera, tubérculos, cultivos confinados, pastos enmalezados y vegetación secundaria o en transición.

En términos de las macro clases definidas, la actividad agropecuaria se ha mantenido como predominante en todo el territorio, como lo sugiere no solo la permanencia de las coberturas agropecuarias, sino también su incremento, pasando de ocupar el 76% del área total en 1958 al 79% en 2020. En este sentido, a pesar de que, en los municipios que hacen parte del territorio de estudio también se encuentran otras actividades económicas (floricultura, curtiembres, granjas avícolas y actividades de extracción de material), la actividad agropecuaria continúa siendo la actividad principal y, en términos de área, es la que mayor extensión ocupa. Lo fue en 1958 y continúa siéndolo en 2020, incluso aumenta su área de cobertura en un 3% con respecto al total.

La ubicación de las coberturas de tipo natural (arbustales, herbazales, bosques densos, riparios y de galería, vegetación secundaria o lagunas, lagos y ciénagas), fue prácticamente la misma para el año 1958 y para el año 2020 e, incluso, disminuyó un punto porcentual más que el aumento en las clases agropecuarias (4%, de acuerdo con los datos presentados en la Tabla 4-7). A pesar de esto, en los mapas de cobertura presentados en la sección anterior, y en las matrices de cambio y permanencias que se muestran en el Anexo D, es posible observar que, el área que ha disminuido en coberturas naturales, se presenta principalmente en la franja oriental en los municipios de Villapinzón y Chocontá, lo que corresponde con la reserva natural Nacimiento del río Bogotá y El Choque, en la zona que limita con las coberturas agropecuarias predominantes. Este cambio y disminución del área de amortiguación de bosque andino y páramo, corresponde con el proceso de ampliación de la frontera agropecuaria, que continúa siendo un fenómeno a nivel nacional, regional y local, y que fue destacado por los actores sociales e institucionales, durante la aplicación de algunas de las técnicas cualitativas en el trabajo de campo de la investigación.

Al analizar con mayor detalle la matriz de cambios y permanencias, con respecto a las macro clases definidas, llama la atención que, si bien la matriz señala un cambio neto negativo de la cobertura de pastos limpios de 2250 ha entre 1958 y 2020, también se presenta un cambio neto positivo de 1900 ha de la cobertura de mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, de 687 ha en cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales y de 506 ha de mosaico de pastos y cultivos. Este detalle de cambio, corresponde a lo que se mencionó en párrafos anteriores con un cambio de clase, pero dentro de la macro clase agropecuaria.

Dentro de la macro clase de tipo natural, la matriz presenta dos cambios netos negativos importantes, que se presentan principalmente en las coberturas de arbustales y herbazales que, en total, suman 2030 ha aproximadamente (cobertura de tipo natural perdida entre 1958 y 2020). Además, es importante destacar una pérdida de 92,7 ha de cobertura de lagunas, lagos y ciénagas que, corresponde por su ubicación, a una parte de la Laguna de Suesca, área que se ha perdido en cuerpo de agua y se ha ganado en cobertura de pastos. De acuerdo con los procesos más recientes alrededor de este cuerpo natural, la situación de la laguna es crítica, por la ocupación y uso que han dado a esta y su ronda. Los actores sociales cercanos indican que, en las épocas secas, al bajarse el nivel de la laguna, los propietarios corren las cercas hacia dentro, “ganando” espacio que corresponde a la laguna. En estos tiempos secos, el ganado ocupa la tierra y es retirado cuando comienzan las lluvias, tiempo en el que se observan las cercas dentro del espejo de agua. Un cambio neto positivo, que vale la pena resaltar, es el área de tierras desnudas o degradadas, que disminuyó en 432,3 ha en 2020, casi un 50% con respecto al área que cubría en 1958. El cambio se dio a varios tipos de coberturas: pastos limpios, plantaciones forestales y algunas áreas más pequeñas de mosaicos de pastos con espacios naturales y cobertura de arbustal.

También, es importante destacar el crecimiento de los centros urbanos de los municipios del SSET en el período 1958 a 2020, como también se evidenció en el crecimiento demográfico presentado en la sección 3.3. El cambio neto de tejido urbano en este período fue de 300 ha aproximadamente, pasando de 67 ha a 367. En el año 1958, no se interpretaron áreas de tejidos urbanos discontinuos que, para el 2020, correspondieron a 50 ha. Este incremento en las coberturas de tejido urbano (continuo y discontinuo), se suma a la evidencia del crecimiento poblacional en estos territorios que, como se ha mencionado, a pesar de ser principalmente agropecuarios en sus economías rurales, se han enfrentado continuamente a fuertes desafíos que han ocasionado que, muchos habitantes rurales decidan migrar a las zonas urbanas, arrendando o vendiendo sus propiedades en la zona rural.

En el municipio de Suesca particularmente, funcionarios de la alcaldía municipal, atribuyen el acelerado crecimiento en el casco urbano o los centros poblados a la dinámica de las empresas de flores, pues estas generan un gran porcentaje del empleo para la población (cercano al 80%), principalmente para la población urbana, que se encuentra mucho más cerca de los puntos de producción. Adicionalmente, los transportes que ofrecen las empresas a los trabajadores y trabajadoras, no se desplazan a las zonas rurales, por lo que, quienes viven en estos espacios deben caminar en algunos casos más de una hora hasta alguna vía central, para ser transportados a sus lugares de trabajo. Estas dinámicas generan fuertes presiones en términos de provisión de agua, alimento y energía en estos espacios urbanos, que no han sido adecuadamente planificados y que también están viviendo fuertes problemas sociales asociados a salud pública, por manejo de agua, residuos y seguridad.

Durante el período comprendido entre 1958 y 1987, disminuyeron las coberturas naturales, del 21% al 18% del área total, principalmente, en arbustales y herbazales. Las coberturas agropecuarias aumentaron 1%, pasando de 76% a 77%; sin embargo, se dieron varios cambios entre clases parecidas: aumentó la cobertura de pastos limpios (de 31 a 32%) y disminuyó la de mosaico de pastos y cultivos (de 41% a 39%). También, disminuyó la cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y aumentó la de mosaico de pastos con espacios naturales.

Entre 1958 y 1987, aumentó también el tejido urbano, que pasó de ocupar 0,13% del área total a ocupar 0,48%, lo que equivale a 243,7 ha. En 1958, no se identificó tejido urbano discontinuo, que comenzó a identificarse en 1987 y equivale a 50 ha, área que se mantiene en todos los momentos de análisis. Para 1987, se interpretaron las coberturas de zonas industriales, comerciales, de extracción minera, tubérculos y también, aparece la cobertura de cultivos confinados que, como se mencionó, corresponde a cultivos de flores de exportación.

Entre 1987 y 2010, se mantuvieron los mismos porcentajes de área de coberturas de tipo agropecuario y de tipo natural y, nuevamente el cambio se dio dentro de las clases agropecuarias, aumentando la cobertura de pastos limpios (de 32% a 35%) y disminuyendo la de mosaico de pastos y cultivos (de 39% a 37%). Se identificó, también, una disminución de la cobertura de lagos, lagunas y ciénagas naturales en la ubicación de la laguna de Suesca que, a pesar de ser un valor bajo (0,2%), se considera de relevancia teniendo en cuenta la historia y afectación de este cuerpo natural.

Un cambio de este período que vale la pena resaltar, es la disminución de la cobertura de tierras desnudas o degradadas, que pasó de 856 ha, en 1987, a 459 ha, en 2010. Como ya se mencionó, esta cobertura se ubica en el municipio de Suesca, específicamente, en las veredas Barrancas y parte de Susatá, veredas que hicieron parte del proyecto Checua, implementado desde 1980, como se mencionó en el capítulo anterior⁷³. A pesar de lo positivo que podría parecer este cambio en términos de disminución de tierras degradadas, durante el trabajo de campo (observación y conversaciones), se evidenció que, esta transformación se dio hacia coberturas de bosque no nativo, como pinos y acacias, que fueron las especies que utilizó y recomendó la CAR en esa época para procesos de reforestación y son especies

⁷³ De acuerdo con el informe de la CAR (2006), la segunda fase del proyecto en el municipio de Suesca finalizó en diciembre de 1987 por lo que, es probable que, la disminución de tierras desnudas y degradadas corresponda a un mejoramiento de los procesos erosivos y restablecimiento de la cobertura vegetal en estas áreas.

que, generan efectos negativos en el suelo, el ciclo del agua y los procesos de restauración ecológica con especies nativas.

En otra vereda del municipio de Suesca (Tenería), se evidenció la misma situación en un bosque conocido como el *bosque San Marino* o *el bosque de la CAR*, que es administrado por la corporación y que hace 35 años fue reforestado con acacias. En la actualidad, al parecer, la corporación ha comenzado a realizar verdaderos procesos de restauración ecológica con especies nativas; sin embargo, las acacias son especies arbóreas de difícil control, por tener altas tasas de dispersión de semillas y por generar una hojarasca en sus alrededores que no permite el crecimiento de otras especies con facilidad.

Es importante resaltar que la última década, comprendida entre 2010 y 2020, es el período más corto entre los cuatro analizados y en que ocurrieron un alto número de transiciones (52), registradas en las matrices de cambios y permanencias, incluso, mayor número que entre 1987 y 2010 y entre 1987 y 2020. En este, aumentó en 2% el área total de coberturas de tipo agropecuario y disminuyó en 1% la cobertura de tipo natural. Así como en los períodos anteriores, se dio un cambio entre clases de tipo agropecuario, disminuyeron los pastos limpios en 7% y aumentaron los mosaicos de pastos y cultivos en casi 6%. Aumentó también la cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en 3% y, en menor medida, la de pastos con espacios naturales. En las coberturas de tipo natural, disminuyó el área de arbustales y herbazales. Dentro de esta macro clase, se identificó un pequeño aumento de área de lagos, lagunas y ciénagas naturales (laguna de Suesca), pero es apenas de 0,04%, probablemente, ocasionado por la época de captura de la imagen satelital o un aumento en las precipitaciones, más que por un cambio en las orientaciones o prácticas de ocupación del suelo en esta área.

4.2.3 Consideraciones Finales del Análisis Multitemporal de Coberturas en el Metabolismo Territorial

A partir de los resultados de la interpretación y análisis multitemporal de coberturas de la tierra, se corrobora que esta categoría es relevante para comprender la interfase de la relación naturaleza-sociedad y, así, acercarse a la comprensión de las dinámicas materiales e inmateriales del metabolismo territorial. Si bien, no es posible afirmar que la cobertura de la tierra refleje el uso exacto del suelo en un determinado momento de análisis, sí refleja el resultado biofísico visible que surge, a partir de una respuesta espectral a una serie de procesos socioecológicos-territoriales, que se han producido en estos espacios geográficos a través del tiempo, en el momento en que se realiza la interpretación. En este sentido, es importante enfatizar que, existen diferencias importantes entre las categorías de coberturas

de la tierra y usos del suelo, y que es la cobertura de la tierra la que emerge como categoría transversal en esta investigación⁷⁴.

Por otra parte, a pesar de que la metodología CLC para Colombia es una metodología valiosa para el análisis de coberturas puntual y multitemporal, es necesario complementar este trabajo con el intercambio de conocimientos y saberes con los habitantes del territorio que se estudia, puesto que puede enriquecerse en gran medida el análisis de transformación. Es preciso poner en conversación las escalas locales y regionales, que aportan diferentes niveles y escalas de información, para lograr una visión más completa y compleja de la realidad. Algunos fenómenos y transformaciones que los actores sociales relatan, no pueden ser observados en la escala de trabajo de una imagen satelital. Los análisis multitemporales y a escalas agregadas, como la que se usa para esta investigación, pueden dejar pasar desapercibidos procesos que han sido muy importantes en los territorios, pero que quizá por su menor escala no pueden ser identificados a una escala mayor, que pueden verse fuera de contexto o con poca importancia.

Para el análisis de metabolismo territorial, resulta fundamental el uso de diferentes escalas espaciales, no solo porque la perspectiva multiescalar es central en la teoría geográfica en general, y en el enfoque territorial en particular, sino porque gracias a la integración de estas, es posible acercarse a una mejor explicación y comprensión del fenómeno geográfico de interés, el proceso metabólico territorial y a las fuerzas internas y externas que influyen en él. Gutiérrez-Puebla (2001, p. 90), indica justamente que la adopción de distintas escalas en los estudios geográficos es clave para entender la complejidad de la realidad.

En este sentido, vale la pena destacar tres ejemplos que evidencian esta situación. Por un lado, está el caso del nacimiento del río Bogotá, una zona que, de acuerdo con fuentes orales consultadas en el campo, ha tenido una recuperación importante, especialmente, a partir del comienzo de la década de los 80, por ser la época en la que se creó la reserva natural y se comenzaron a adquirir predios para restauración. De acuerdo con las conversaciones, en la segunda mitad del siglo XX, esta zona estaba invadida por sistemas agropecuarios de papa y ganadería y fue, a partir de los 80, que comenzó la mayor recuperación. Sin embargo, esta dinámica no se observó a la escala de trabajo en el análisis multitemporal de las coberturas.

⁷⁴ Para ampliar la información sobre las diferencias entre coberturas de la tierra y usos del suelo, se pueden consultar fuentes oficiales nacionales, como el IDEAM (<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>) o instituciones a nivel internacional como la FAO (Di Gregorio, 2016; Di Gregorio y Jansen, 2000, 2005) y la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Coffey (2013) puntualiza también sobre estas diferencias y Vargas (2020) recoge y discute literatura sobre el tema.

Por otro lado, en el municipio de Suesca, se encontraron dos casos que vale la pena traer para este análisis: el caso de la extracción de material en el casco urbano y la ronda del río a la altura de las Rocas de Suesca. Si bien, la transformación ocasionada por la empresa Cementos Tequendama, a 200 metros del casco urbano, no parece relevante a la escala de trabajo, sí lo es a una escala menor, como demuestra la comparación de fotografías de esta zona, que se presenta en el Anexo B, y como lo han evidenciado los drásticos impactos que ha causado esta actividad en el paisaje, en la configuración territorial, en los ecosistemas y en la calidad de vida de la población.

Adicionalmente, la ronda del río en las Rocas de Suesca tampoco refleja una transformación positiva importante en el análisis multitemporal realizado, pero, con fotografías de la zona en dos momentos entre los últimos 30 años, se observa que la cobertura de bosque ripario ha aumentado. Además, se ha creado una reserva natural de la Sociedad Civil (Reserva Natural El Turpial) que, por su pequeña área en comparación con toda el área de trabajo, no se evidencia en los mapas de coberturas (4-1 a 4-4), ni tampoco se logra visualizar en el mapa de ecosistemas (Mapa 3-4); sin embargo, se encuentra incluida como área protegida inscrita en el RUNAP y tiene una gran importancia a nivel local.

Estos casos evidencian la necesidad de articular los análisis multitemporales de coberturas de la tierra que se realizan a partir de la información producida por sensores remotos, y la respectiva interpretación y validación de esta con información recogida durante trabajo en el campo, información primaria de los actores sociales que han habitado estos territorios en el tiempo y que han sido testigos de las transformaciones. Esta integración metodológica, se encuentra en la línea de las propuestas de Sui y DeLyser (2014; 2013; 2012), Yeager y Steiger (2013) y de Elwood *et al.* (2010), sobre el necesario cruce de barreras metodológicas en geografía. En este sentido, esta investigación busca también contribuir con la integración teórica y metodológica que se realiza con la propuesta de metabolismo territorial, para la interpretación y análisis de la sustentabilidad desde la perspectiva multiescalar.

4.3 El Ciclo Hidrosocial en el SSET

Una vez abordados algunos procesos que configuran el soporte inmaterial del metabolismo territorial del agua y la energía, y la interfase de ese metabolismo a través de las coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial abre la puerta al análisis integral de uno de los elementos esenciales del metabolismo en todas sus escalas, el agua. Se habla de esta como flujo material que circula en el SSET entre los ecosistemas y las poblaciones, a través de redes físicas y naturales, y que, como ya se ha visto en secciones anteriores,

también circula en el sistema como un flujo social. Esta sección, se estructura a partir del ciclo hidrosocial esquematizado en la Figura 2-3, que integra la materialidad del agua, las relaciones sociales y las tecnologías del agua en el marco de los procesos metabólicos.

De acuerdo con este esquema, se estructura un primer apartado con una aproximación a los procesos que involucran la materialidad del agua, esto es: el balance hídrico, la información sobre usos de agua y calidad; la segunda parte, incluye el análisis de las relaciones sociales, de poder, discursos y lenguajes del agua en el SSET de estudio, a partir del trabajo cualitativo realizado; y, como tercera subsección, presenta el análisis de las tecnologías en el ciclo hidrosocial, que son nodos fundamentales en la red hídrica, que se configura en este sistema. Cada uno de estos apartados, hace referencia al marco de procesos metabólicos en los que se inscribe este tejido de relaciones socioecológicas-territoriales alrededor del agua, procesos que se refieren a la apropiación, la distribución, la transformación, el consumo y la excreción.

4.3.1 La Materialidad del Agua en el Ciclo Hidrosocial

La materialidad del agua se explica, en primera medida, a partir de los procesos que influyen en el ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, infiltración y escorrentía. Estos, en interacción con otros componentes de los ecosistemas, como las coberturas vegetales y las texturas de suelo, son los responsables de que, las poblaciones puedan abastecerse de agua para los diferentes usos, domésticos, agropecuarios, industriales y de generación de energía, entre otros. Esta agua, que circula entre la atmósfera, las coberturas vegetales, el suelo y las formaciones geológicas, es también necesaria para que los ecosistemas tengan una correcta organización y estructura, y puedan desarrollar plenamente sus funciones, gracias a las cuales generan beneficios para la población.

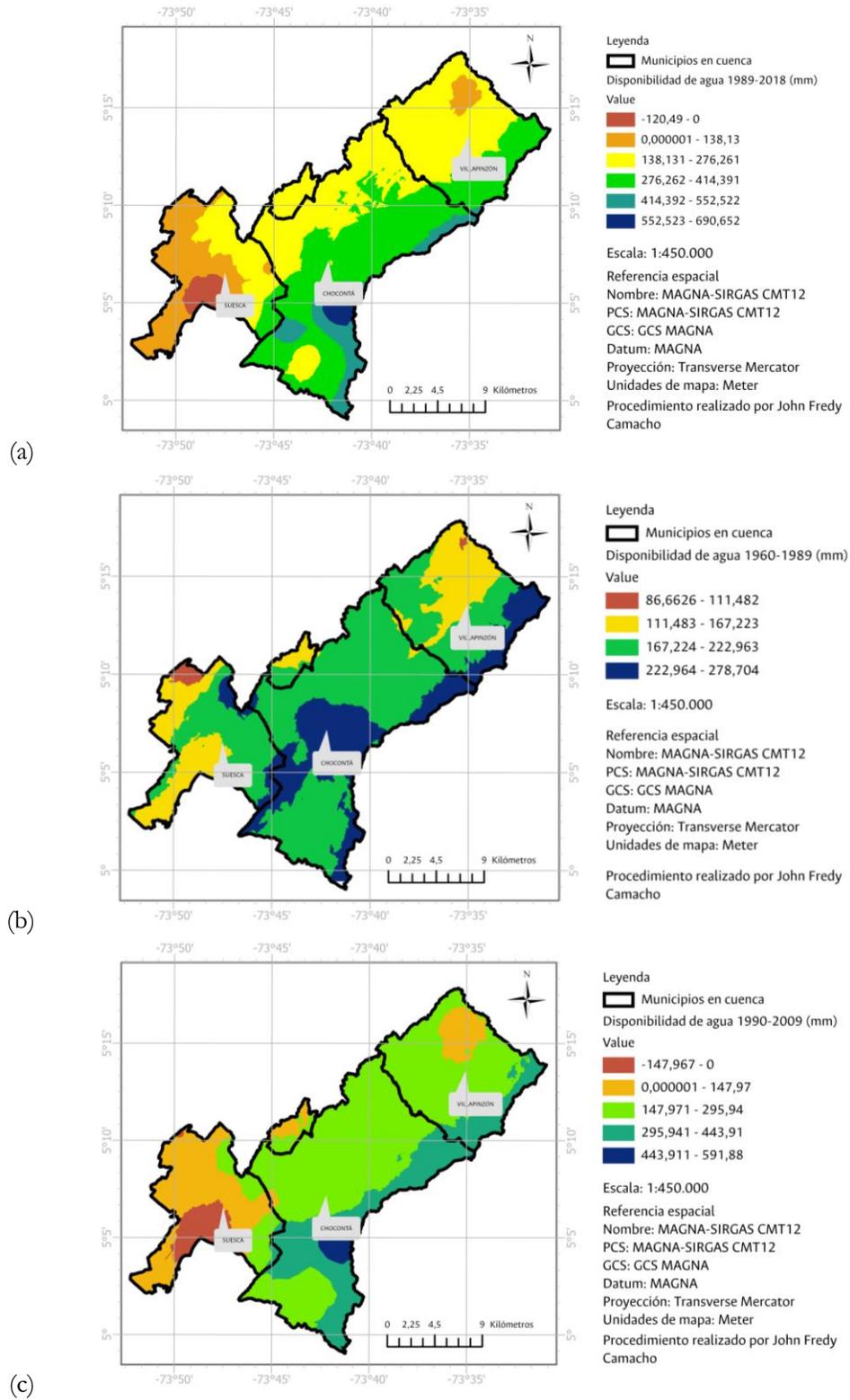
Una vez las poblaciones se abastecen de agua (superficial o subterránea), la utilizan en diferentes actividades, su calidad se transforma y, posterior a su uso, esta se dirige nuevamente a la naturaleza, completando el proceso de metabolismo del agua y reincorporándose a la naturaleza, al río, a las quebradas o al suelo, con diferentes condiciones de calidad. La base natural del SSET, así como cumple unas funciones que permiten que los habitantes y actividades económicas se abastezcan de agua, también cumple funciones de regulación, control de inundaciones y de autodepuración, que hacen que, pueda recibir una determinada calidad de agua y tratarla de manera natural. Esta función, la cumplen los ecosistemas hídricos en relación con los demás ecosistemas que los rodean, en este caso, el río Bogotá, sus quebradas afluentes, humedales, bosques riparios, bosques inundables, de galería, entre otros.

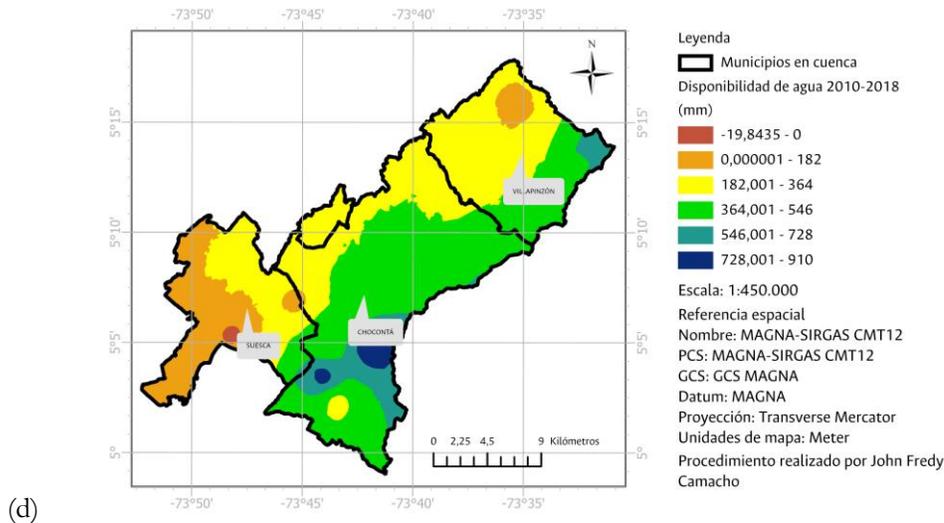
En este orden de ideas, para comprender cómo se distribuyen espacialmente los flujos de agua disponibles, se analizó la variabilidad espacial de la precipitación y de la evapotranspiración y, aplicando la ecuación del balance hídrico, se presenta la oferta neta de agua que, corresponde a la infiltración y la escorrentía (agua subterránea y superficial, respectivamente). Posteriormente, se hace referencia a los principales usos del agua, de acuerdo con la información disponible para módulos de consumo, censos agropecuarios y de población. Finalmente, se analiza la calidad de agua con base en la información disponible para el SSET. La información de balance hídrico, aporta en la comprensión de los procesos de apropiación y circulación, la referente a los usos de agua, permite entender el consumo o distribución y el proceso de transformación, y lo relativo a la calidad del agua, contribuye a comprender el metabolismo del territorio en su proceso de excreción.

❖ *Representación Espacial del Balance Hídrico*

Los procesos del ciclo hidrológico natural son interdependientes entre sí y con otros componentes de los sistemas naturales, como los suelos, las formaciones geológicas o las coberturas de la tierra, pues estos elementos son intermediarios del agua en su ciclo natural. Se calculó espacialmente la oferta natural de agua, que corresponde a los excedentes superficiales (escorrentía) y subterráneos (infiltración), en tres períodos de tiempo (1960-1989, 1989-2009, 2010-2018). Esto se realizó a través de una aproximación a la representación espacial del balance hídrico, desde el análisis de variables de precipitación y evapotranspiración, definiendo así la oferta natural, como la suma del agua superficial y subterránea, que estaría disponible para ser usada por la población y por los ecosistemas. Los Mapas 4-5 (a), (b), (c), (d), presentan el resultado de este análisis en el periodo de treinta años (1989 – 2018) y en los tres períodos señalados. El detalle del proceso realizado para llegar a este resultado se incluye en el Anexo C.

Mapa 4-5: *Oferta Natural de Agua en el SSET entre 1960 y 2018*





Nota. Salidas gráficas de elaboración propia con base en procedimientos realizados por John Fredy Camacho, detallados en el Anexo C: (a) 1989-2018, (b) 1960-1989, (c) 1990-2009, (d) 2010-2018

La oferta natural de agua que presenta el Mapa 4-5 (a), (b), (c) y (d) muestra, en todos los períodos, zonas de déficit y baja oferta en el municipio de Suesca, especialmente en la zona sur-occidental. También hay una zona de baja oferta en la zona noroccidental del municipio de Villapinzón; sin embargo, no alcanza a tener un déficit real (valores negativos). La oferta media se presenta casi en todo el SSET en toda la franja occidental del área, especialmente en los municipios de Villapinzón y Chocontá. Los cuatro períodos analizados muestran que, la franja oriental de estos municipios presenta los mayores valores de oferta natural de agua, que corresponde justamente a las zonas donde se encuentran los ecosistemas de páramo y, prácticamente, son los que soportan en términos hídricos todo el SSET, situación que se evidenció de la misma forma en el análisis multitemporal de coberturas de la tierra. Teniendo en cuenta los datos de todos los períodos, se observa un leve aumento de los valores de oferta natural de agua, especialmente en el último período en la zona de la represa del Sisga. También, se mantiene la zona de déficit hídrico en el municipio de Suesca y, en general, una baja oferta en el área de este municipio.

Teniendo en cuenta el mapa de ecosistemas presentado en la sección 3-2 (Mapa 3-4) y los mapas de cobertura mostrados en la sección anterior (Mapas 4-1 a 4-4), la zona que presenta un nivel medio de oferta natural de agua corresponde al agroecosistema ganadero, y la cobertura predominante es de mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios, coberturas que, al no tener raíces muy profundas, no permiten una buena absorción, retención ni infiltración de agua. La situación que presenta el municipio de Suesca llama la atención, teniendo en cuenta la fuerte presión de los agroecosistemas ganaderos y agrícolas en zonas que deberían tener ecosistemas de páramo y áreas delimitadas como RFPP (de acuerdo con el Mapa 3-4), zonas estratégicas para la oferta natural de agua. La situación es similar en la

zona noroccidental del municipio de Villapinzón, que también se caracteriza por ser una zona seca, que evidencia baja oferta hídrica, y donde también hay una fuerte presión por sistemas agropecuarios. Durante el trabajo de campo realizado en este municipio, en conversaciones y entrevistas, se confirmó que la zona oriental del municipio, que corresponde a la franja de páramo de la reserva del nacimiento del río Bogotá es la que soporta, en términos hídricos, a las veredas de la zona occidental que, efectivamente, tienen menor oferta natural de agua.

El nivel de intensificación de los sistemas de producción agropecuaria, expresado, entre otras, en el aumento en el número de animales, el uso intensivo de agroquímicos y de maquinaria pesada como los tractores, puede estar disminuyendo la capa orgánica y aumentando la compactación del suelo. Estos fenómenos, sumados a la falta de cobertura vegetal que permita la retención y absorción de agua, ocasionan que el agua que entra al sistema por precipitación no pueda infiltrarse a través del suelo y almacenarse en sistemas subterráneos, y, además, también producen un aumento de la evapotranspiración, lo que afecta, en general, todo el ciclo natural de agua. De esta manera, puede aumentar la escorrentía superficial, lo que incrementa el riesgo por inundación en zonas planas más bajas, y también, aumenta la erosión en el suelo, al haber más material disponible para ser arrastrado.

Adicionalmente, la interpretación de texturas de suelo y sistemas hidrogeológicos presentada en el Mapa 3-3 muestra que la textura predominante en toda el área es arcillosa, lo que implica una baja permeabilidad y lo que puede ser un indicador de la compactación de los suelos. Esto significa que, el agua efectivamente se escurrirá con mayor facilidad, pues la capa de arcilla tiene una saturación más rápida de agua y no se infiltrará en el suelo, dejando de alimentar a los sistemas subterráneos. Por su parte, los sistemas hidrogeológicos interpretados con ayuda de la geomorfología muestran que, en la franja oriental del SSET, que corresponde a ofertas medias y bajas según los Mapas 4-5 (a, b, c, d), predomina el sistema acuitardo, que se caracteriza por una porosidad media-alta, pero una baja conductividad hidráulica. Esto implica que, el sistema subterráneo podría tener una buena capacidad de almacenar agua, pero el agua no se transportaría a través de él.

El Mapa 3-3, también indica que la franja central y occidental del SSET presenta sistemas hidrogeológicos de acuitardo y acuífero, que tienen también media a alta porosidad y una media-alta conductividad hidráulica. No obstante, la predominancia de suelos arcillosos de poca permeabilidad y la falta de cobertura natural boscosa, con buena absorción y retención de agua, afectaría la recarga de estos sistemas acuíferos. La franja occidental, al tener una buena cobertura de bosque y páramo, presenta una buena retención de agua, de manera que se posibilita mucho más la infiltración y la recarga de los sistemas hidrogeológicos (acuitardos y acuíferos).

A partir de este análisis, se observa que toda la franja occidental del SSET, especialmente hacia el sur en el municipio de Suesca y en el extremo noroccidental en el municipio de Villapinzón, es la zona más crítica en cuanto a oferta natural de agua, al presentar baja oferta neta, suelos poco permeables, sistemas hidrogeológicos de baja conductividad hidráulica y una cobertura vegetal de cultivos y pastos que, al tener raíces cortas, no permite una buena absorción, retención e infiltración.

❖ *Usos del Agua*

Los usos que se le han dado al agua en el SSET están relacionados con las actividades humanas que se han realizado en estos espacios, domésticas y económicas principalmente. Las actividades económicas más representativas, se han caracterizado en el tercer capítulo en la sección 3.3, que corresponde a la base social del SSET, mientras que las actividades domésticas, corresponden a aquellas realizadas usualmente en los hogares, como limpieza, alimentación, baño, riego de jardines, consumo de las familias y los animales domésticos, entre otros. Muchas de estas actividades fueron identificadas en mapas mentales por los actores sociales con quienes se realizaron los talleres de Los Caminos del Agua (una selección de estos mapas mentales se presenta en el Anexo A).

Para tener una idea de los consumos de cada uno de estos usos, se estimó la demanda, utilizando los módulos de consumo asociados a cada uso reportador por la CAR (2018), los datos presentados en los censos de población (DANE, 1965, 2018), pecuario (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2017) y agropecuario (DANE, 1960, 2016). Los datos de demanda de agua por uso doméstico, pecuario y agrícola, se presentan en la Tabla 4-8 para la década del 60 y, en la Tabla 4-9, para el período actual, en el que se incluye la demanda de agua estimada para los cultivos de flores, estimada a partir de la información de consumo reportada por floricultores durante las entrevistas. Los valores presentados en estas tablas indican un aumento en la demanda total, doméstica, agrícola y pecuaria, teniendo en cuenta el incremento en la población y la intensificación de los sistemas de producción agropecuaria, fenómenos que se han evidenciado en secciones anteriores.

Adicionalmente, se suma el alto número de aves de corral en la actualidad, y el aumento del área sembrada en flores de corte, actividades de alto consumo de agua, lo que, a su vez, incrementa la presión sobre la base natural, que es la que regula el ciclo natural del agua y, finalmente, es la que constituye la fuente principal de abastecimiento para la economía y para la población. Sumado a lo anterior, la expansión de la frontera agropecuaria y la falta de conectividad de los ecosistemas naturales, principalmente los bosques y los ecosistemas hídricos, en una verdadera estructura ecológica principal,

que sustente el metabolismo del territorio, pone de presente un riesgo importante en términos de sustentabilidad.

Tabla 4-8: *Demanda de Agua Aproximada por Uso en el SSET – Década del 60*

Municipios	Demanda de Agua (m ³ /s)					
	Doméstica	Pecuaria				Agrícola
		Bovina	Porcina	Equina	Aviar	
Villapinzón	0,016	0,0012	0,00002	0,00008	0,00054	0,33
Chocontá	0,019	0,0022	0,00005	0,00010	0,00054	0,72
Suesca	0,013	0,0015	0,00002	0,00010	0,00074	0,45
Subtotal	0,048	0,006	0,0001	0,0003	0,002	1,50

Nota. *Elaboración propia con base en datos reportados por CAR (2018), DANE (1960, 1965) y Duarte (2011)*

Tabla 4-9: *Demanda de Agua Aproximada por Uso en el SSET – Período Actual*

Municipios	Demanda de Agua (m ³ /s)						
	Doméstica	Pecuaria				Agrícola	Flores
		Bovina	Porcina	Equina	Aviar		
Villapinzón	0,0222	0,0070	0,0002	0,0002	0,0001	0,70	
Chocontá	0,0275	0,0081	0,0014	0,0002	0,0004	1,27	0,0027
Suesca	0,0214	0,0059	0,0000	0,0003	0,0006	0,29	0,097
Subtotal	0,0711	0,0209	0,0016	0,0007	0,0011	2,26	0,10

Nota. *Elaboración propia con base en datos reportados por CAR (2018), DANE (2016, 2018) e ICA (2017)*

Es necesario aclarar que los datos obtenidos de demanda de agua son estimaciones con base en la información disponible y no reflejan en su totalidad la complejidad que subyace en las dinámicas del sistema y la variabilidad que pueden presentar los diferentes sistemas de manejo de agua en la región. No obstante, estas aproximaciones dan una idea de las tendencias en los procesos metabólicos hídricos de apropiación, consumo y circulación del SSET. Es natural que haya un aumento en la demanda de agua, teniendo en cuenta la dinámica de crecimiento poblacional, la intensificación en la producción agrícola y pecuaria entre la década del 60 y el período actual.

Se realizó una aproximación al balance oferta-demanda para el período actual, utilizando el valor medio de oferta del último período (2010-2018) de todo el SSET y las estimaciones realizadas para la demanda

(Tabla 4.9)⁷⁵. Se observa, en esta aproximación, un balance positivo, que indica que el sistema, en conjunto, aún puede abastecerse de agua, al menos para estos usos, sin recurrir a transvases de agua de otros sistemas externos a las unidades municipales. No obstante, esta situación puede invertirse en una trayectoria de futuro a la luz de un metabolismo con tendencias crecientes en todos sus procesos de apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción, que están debilitando la base natural, que es el soporte material que sustenta la vida en el SSET. Prueba de ello, son los fenómenos de escasez de agua en épocas secas que están experimentando en la actualidad, especialmente, en algunas veredas de Suesca y Chocontá, que se han visto en la necesidad de transportar agua en carrotanques a los sitios que presentan dicha escasez.

❖ *Calidad de Agua*

Como se mencionó en el capítulo 3, el río Bogotá ha sido considerado, desde el siglo XX, como un símbolo del problema ambiental de la contaminación del agua, gracias a vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, sin tratamiento y con tratamientos deficientes, descargadas directamente al río o a sus quebradas tributarias. Adicionalmente, aunque con menor evidencia que el cauce central, los nacimientos de agua ubicados en las partes altas de la cuenca se encuentran en riesgo latente de contaminación, por los vertimientos difusos al suelo, provenientes de los sistemas de producción agrícola con uso intensivo de agroquímicos⁷⁶.

Estos sistemas de producción a partir de la consolidación del paquete tecnológico que trajo la modernización de la agricultura y el modelo de revolución verde, han intensificado el uso de insumos de síntesis química, lo que aumenta el riesgo de que estos productos se infiltren al suelo y contaminen los nacimientos de agua. A lo anterior, se suma la exposición de las redes de acueductos rurales al manejo que dan los productores a los puntos de agua que tienen en sus predios⁷⁷. Sin embargo, a pesar del riesgo que supone la presencia de estos contaminantes en el suelo, y potencialmente, en las fuentes de agua superficiales y subterráneas, el seguimiento que se realiza a la calidad de agua de acueductos veredales y

⁷⁵ Las aproximaciones al cálculo de demanda y al balance oferta-demanda, se detallan en el Anexo C con las respectivas consideraciones que se realizaron para estas estimaciones. Si bien, este proceso no se realiza de manera espacial, se utiliza el valor medio de oferta del último período y los datos obtenidos por cálculos de demanda para el período actual.

⁷⁶ En el marco del proyecto Manos a la Cuenca, se evidenció un riesgo medio de contaminación por plaguicidas en el agua de consumo para la población de una de las veredas que se incluyó en esta investigación, la vereda Santa Rosita en el municipio de Suesca.

⁷⁷ En este caso, se evidenció directamente la contaminación de una sección de la red de acueducto de la vereda Tausaquira en Suesca con la mezcla de productos químicos utilizados como fungicidas en el cultivo de papa. En esta ocasión, en julio de 2020, se afectaron cinco viviendas rurales y parte de la red del acueducto rural.

municipales no incluye parámetros relacionados con los insumos de síntesis química utilizados, como plaguicidas y fertilizantes.

En general, el agua para consumo humano en el SSET es de buena calidad, de acuerdo con lo reportado por las alcaldías municipales, en referencia a las plantas de tratamiento que manejan estas entidades. En Villapinzón y Chocontá, el agua de abastecimiento proviene de la zona oriental, correspondiente a la franja de páramo mencionada en secciones anteriores, de la quebrada Quincha en el caso de Villapinzón y de la Laguna del Choque en el caso de Chocontá. El agua que proviene de las dos fuentes es conducida a los respectivos sistemas de potabilización para ser distribuida a las poblaciones.

En el municipio de Suesca, el agua proviene principalmente de dos fuentes: un pozo subterráneo en el casco urbano del municipio y del río Bogotá. Para el agua subterránea, se cuenta con un sistema de tratamiento con torres de aireación, que permiten eliminar el exceso de hierro que viene en estas aguas, y, en el caso del agua del río Bogotá, se cuenta con una planta de potabilización y un posterior bombeo a cinco veredas y una parte del casco urbano. Esta agua tiene una calidad variable y, por lo general, muy deficiente, por lo que esta planta de tratamiento suele tener problemas de operación⁷⁸. A pesar de estos problemas de operación, la planta logra potabilizar el agua y distribuirla a los usuarios con relativa buena calidad.

La situación en las zonas rurales es diversa, pues algunas veredas cuentan con sistemas de tratamiento, mientras que otras solo con sistemas de conducción de agua cruda. En algunos casos, como se pudo evidenciar en la vereda Tenería en el municipio de Suesca, en el proyecto Manos a la Cuenca, el agua tiene presencia del coliformes totales y fecales (con bacterias como la *Escherichia coli*), que está asociada a contaminación en los nacimientos, principalmente, por excremento que proviene de los animales y que también podría provenir de excrementos humanos, por el manejo inadecuado de los pozos sépticos, que son los sistemas de saneamiento más comunes en la zona rural.

En términos de vertimientos de aguas residuales, durante recorridos realizados en algunas microcuencas del municipio de Suesca, se pudo evidenciar el deterioro de la calidad de agua y de los cauces de estas quebradas, especialmente, las aledañas al casco urbano, El Salitre, Cogontá y la Picota. Estas quebradas, fueron señaladas en las entrevistas con la administración municipal como las que mayores problemas

⁷⁸ Este tipo de situaciones fueron reportadas por la secretaría de infraestructura y servicios públicos del municipio y el técnico que opera esta planta de tratamiento.

presentan en términos de manejo de agua, por vertimientos de aguas residuales domésticas, ocupación de cauce y eliminación de la vegetación riparia. En los recorridos, también se evidenció una fuerte erosión del suelo, como se puede observar en las Fotografías 4-1 (a) y (b).

Fotografía 4-1: *Quebrada El Salitre en la Zona Urbana de Suesca*



(a)

(b)

Nota: Fotografías de Carolina Tobón-Ramírez (07 de septiembre de 2019)

Las microcuencas en zonas rurales de este municipio tienen altos grados de intervención, pero su mayor problema no es únicamente la calidad de agua, sino la falta de cobertura vegetal y la presión que sufren por las actividades agropecuarias. En el municipio de Villapinzón, el documento de Plan de Manejo y Saneamiento de Vertimientos (PSMV), presenta en su diagnóstico el grado de contaminación de las microcuencas, señalando como principal causa, la contaminación por agroquímicos y como segunda causa los vertimientos domésticos y de curtiembres (Alcaldía de Villapinzón, 2011).

Con respecto al cauce central del río Bogotá⁷⁹, la CAR (2018) reporta el índice de calidad de agua (ICA) en dos momentos, entre los años 2007 y 2016, como aceptable en los dos primeros puntos (aguas arriba de Villapinzón y puente Villapinzón). Posteriormente, se encuentran valores regulares y aceptables hasta llegar al municipio de Chocontá, en el punto de descarga de aguas domésticas del municipio, reportando valores de ICA malos o muy malos. Nuevamente, la calidad del agua tiene una leve mejora y reporta valores regulares hasta la descarga del municipio de Suesca, donde nuevamente el ICA reporta valores

⁷⁹ De acuerdo con los puntos de muestreo que utiliza la CAR para tomar mediciones, se toman como referencia los primeros 16 puntos de muestreo desde aguas arriba del municipio de Villapinzón hasta aguas abajo del municipio de Suesca.

que alcanzan la escala Malo y Muy Malo. De acuerdo con estos análisis realizados por la autoridad ambiental, los puntos más críticos en el tramo del río, entre su nacimiento y el municipio de Suesca, son los que corresponden a las descargas de aguas residuales domésticas de los municipios de Chocontá y Suesca.

Lo anterior puede constituir una amenaza de desabastecimiento por calidad de agua para la población de Suesca, que se abastece de agua del río Bogotá, como se mencionó en párrafos anteriores, y para poblaciones del municipio de Gachancipá, aguas abajo de Suesca, que también se abastecen de agua del río⁸⁰. En estos casos, las represas del Sisga y Tominé juegan un papel importante para la dilución de los contaminantes, al unirse con la corriente principal del río Bogotá, como lo propone Santos (2021), como parte de un modelo de soporte para la toma de decisiones en cuencas intervenidas como la del río Bogotá. Este fenómeno de dilución, se evidenció durante el trabajo de campo en el punto de confluencia del río Sisga con el río Bogotá, como se observa en la Fotografía 4-2, y en conversaciones con el propietario del predio donde se encuentra esta desembocadura.

A pesar de que el ICA reportado por la autoridad ambiental, informa los peores resultados después de las descargas de aguas residuales, durante recorridos realizados con la Veeduría Nuestro Río Bogotá de Suesca, en dos ocasiones (marzo de 2019 y febrero de 2021), se evidenciaron vertimientos directos sin tratamiento, provenientes del proceso productivo de curtiembres entre los municipios de Villapinzón y Chocontá. También, se observó la presencia de animales muertos en el cauce central del río en el municipio de Chocontá, se verificaron malos olores y se hizo una medición de pH y oxígeno disuelto en el primer recorrido, que permitió corroborar que el punto más crítico entre Villapinzón y Suesca se encuentra después de la descarga de la PTAR de Chocontá⁸¹, como lo muestran las Fotografías 4-3 (a) y (b).

El trabajo de Santos (2021) evidencia el deterioro al que continúa siendo sometido el cauce central del río Bogotá, en el tramo comprendido entre su nacimiento y el municipio de Suesca, que corresponde a los límites del SSET de este estudio. Este trabajo demostró, que no se cumplen los objetivos de calidad de agua propuestos por la autoridad ambiental en 2006 (Acuerdo 043), para los usos de agua en este tramo del río, y, adicionalmente, encontró presencia de metales como mercurio, plomo, níquel y litio,

⁸⁰ Durante recorridos realizados por la zona en 2012, se evidenció la bocatoma del acueducto rural de la vereda San Martín, del municipio de Gachancipá, que también se abastece de agua del río.

⁸¹ Los puntos que hicieron parte del primer recorrido con miembros de la veeduría se encuentran georreferenciados en el siguiente enlace: <https://bit.ly/3cMQEGZ>. El reporte del segundo recorrido está disponible en: <https://bit.ly/3PKrDKZ>.

entre otros contaminantes (Santos, 2021), lo que incrementa el riesgo de desabastecimiento por calidad, ya mencionado.

Fotografía 4-2: *Desembocadura Río Sisga en el Río Bogotá*



Nota: Fotografía Carolina Tobón-Ramírez (26 de febrero de 2021)

Fotografía 4-3: *Descarga de la PTAR Chocontá en el Río Bogotá*



Nota: Fotografía Carolina Tobón-Ramírez (26 de febrero de 2021)

Con respecto a la presencia de plaguicidas en el cauce del río, Salcedo *et al.* (2012) encontraron “presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el río y en el tejido de los peces, y organoclorados y etilentiourea en las muestras biológicas humanas” (p. 29), lo que evidencia que la contaminación

proveniente de los insumos químicos utilizados de manera intensiva en los sistemas de producción de papa y en la floricultura, representan un riesgo real y muy grave para el funcionamiento de los ecosistemas y para la salud de la población.

Como se mencionó anteriormente, no se realiza seguimiento a este tipo de parámetros en los monitoreos de rutina que se realizan a estas fuentes, por lo que, además de la grave contaminación ocasionada por vertimientos de aguas residuales domésticas, la presencia de contaminantes como metales y plaguicidas profundiza la problemática asociada a la calidad de agua. Esta situación, sumada al incremento en la demanda por los diversos usos, y a los riesgos de desabastecimiento por falta de conectividad ecosistémica, cobertura vegetal y compactación de suelo, evidencia una afectación significativa a la materialidad del agua en el ciclo hidrosocial, una ruptura profunda en el metabolismo hídrico del territorio y, así, una seria amenaza a la sustentabilidad territorial.

4.3.2 Poder Social: Relaciones Sociales, Discursos y Lenguajes del Agua

La base social, caracterizada en el numeral 3.3, ha coevolucionado con la base natural del SSET de estudio y es un componente esencial de los procesos involucrados con la materialidad del agua, analizados en la sección anterior. Son estos actores sociales, quienes han apropiado los ecosistemas (páramos, bosques andinos, humedales, río, entre otros), han transformado sus coberturas y, a través de diferentes tecnologías y prácticas, han hecho circular estos flujos en su territorio, los han distribuido de diferentes formas para el consumo en sus actividades domésticas, agropecuarias, industriales y otras, para finalmente excretar estos flujos en forma de agua residual hacia las fuentes de agua o los suelos. Las relaciones sociales, los discursos y los lenguajes en torno al agua y sus caminos configuran otro de los procesos claves del ciclo hidrosocial y, constituyen, junto al ciclo de la información analizado en el numeral 4.1, el soporte inmaterial del metabolismo territorial. Esta sección se estructura a partir de estos componentes.

❖ *Relaciones Sociales*

Las relaciones entre los actores sociales e institucionales y de estos con la materialidad del agua, constituyen un primer punto de análisis en esta subsección. De acuerdo con la mirada de Linton y Budds (2014), cada una de estas relaciones produce diferentes “tipos” o “clases” de agua, que están también interrelacionadas entre sí y con todos los elementos del SSET. En el caso de este sistema, en el río Bogotá, cada actor tiene una visión de un “tipo de agua”; por ejemplo, los agricultores, ganaderos, floricultores o curtidores se interesan por el agua como un insumo concreto para su proceso productivo,

materia prima indispensable para su producto final. Por otro lado, las organizaciones sociales, como las asociaciones de usuarios rurales de agua o acueductos veredales, si bien pueden considerar el agua como un insumo concreto para las actividades domésticas, también tienen una noción más abstracta e inmaterial del agua, como un bien común, como un derecho fundamental que deben distribuir equitativamente a todos sus usuarios y, que es necesaria para la vida, es el eje de su organización social.

Para muchos habitantes, el agua es mucho más que un insumo concreto y material de la actividad humana y está asociado con los ecosistemas que sustentan la vida. En tiempos de comunidades indígenas, como se mostró en el numeral 3.3, el agua era objeto de culto, sus caminos eran sagrados, las lagunas eran sitios rituales como la Laguna de Guatavita, que era un sitio sagrado para la cultura muisca⁸². Incluso en comunidades campesinas, en la primera mitad del siglo XX, como evidenciaron algunos testimonios de Vidal González, el agua, sus caminos (pozos, aljibes, quebradas) y las relaciones que se tejían con estos, eran de gran importancia y merecían mucho cuidado, porque significaba cuidar la vida. Esa agua sagrada y esencial todavía existe para algunos actores y, como lo mencionaba Vidal, muchas personas han recuperado esa visión, al ver que la cantidad de agua ya no es igual a como era antes.

Durante una de las entrevistas realizadas en esta investigación con la alcaldía de Chocontá, se hizo referencia especialmente a la vereda Guanguita, que, según el entrevistado, significaba para los indígenas “cuna del agua” por sus quebradas abundantes, bosques, lagos y pantanos. Paradójicamente, es la única vereda del municipio de Chocontá que, en la actualidad, sufre escasez de agua en tiempos secos y a la que deben suministrarle agua en carro tanques desde el casco urbano del municipio. Esta escasez ha sido generada por los usos del suelo en la vereda y el acaparamiento de algunos propietarios para desarrollar actividades agropecuarias, como se evidenció en el recorrido realizado en este sector.

En el caso de las entidades territoriales y autoridades ambientales, predomina la noción abstracta de agua como recurso, cuya distribución debe ser planificada a través de herramientas locales, y, en muchas ocasiones, esta distribución está mediada por intereses privados, más que por el bienestar común. Los proyectos de adecuación hidráulica realizados por la autoridad ambiental en la cuenca del río Bogotá⁸³ dejan ver que el agua es considerada, para esta institución, como un flujo externo a la sociedad que debe ser controlado y canalizado, y en este caso, el río es visto como un canal que debe ser “adecuado”.

⁸² Como se mencionó en páginas anteriores, en la actualidad, el Resguardo Indígena Muisca de Sesquilé realiza prácticas rituales en la Laguna del Valle, en el nacimiento del río Bogotá.

⁸³ Este proyecto se ha implementado en la cuenca media del río a la altura de la ciudad de Bogotá y, en la cuenca alta, en el tramo Cota-Cajicá.

La autoridad ambiental señala como argumento para este proyecto, la protección contra las inundaciones; sin embargo, en la actualidad, el paradigma de la gestión del riesgo por inundación ha virado hacia las soluciones basadas en naturaleza (SbN) (World Water Assessment Programme (WWAP), 2018; World Wildlife Fund (WWF), 2016), en lugar de la canalización, alternativa propia de una visión que fomenta la fragmentación y separación del río, propia del siglo anterior. Lo que se ha observado en los lugares donde se ha realizado este tipo de intervención en la zona rural (tramo Cota-Cajicá), es que favorece a los intereses de constructoras e industrias que, una vez realizada esta adecuación, tienen la posibilidad de acceder a tierras que anteriormente eran naturalmente inundables, parte del ecosistema del río y, ahora, son zonas cuyo uso de suelo permite la urbanización y la industrialización.

En estas diversas nociones o tipos de agua, que emergen de las diferentes relaciones de los actores sociales y las instituciones con la materialidad del agua, se evidencian también relaciones de poder que no solo se refieren al ciclo hidrológico clásico y a sus flujos, sino a los ecosistemas que los regulan y permiten que se infiltren o escurran por los cauces. Estas relaciones de poder se evidenciaron entre actores institucionales, que ejercen control y regulación sobre estos territorios, como las autoridades ambientales de orden nacional y regional y entidades territoriales, y también, entre los actores sociales que, como se ha mencionado, pueden ser diversos.

En cuanto a estos actores sociales diversos, en este SSET, se encuentran los habitantes locales y productores campesinos, en su mayoría pequeños y medianos, y, también, los grandes propietarios que no suelen habitar en estos espacios, pero cuyas decisiones y prácticas afectan fuertemente el ciclo hidrosocial a escala local. Algunos de estos grandes terratenientes tienen propiedades en las zonas altas, donde se encuentran los nacimientos de agua que abastecen acueductos veredales y, en ocasiones, estos propietarios impiden o dificultan el acceso a estos puntos. Esta situación se evidenció en los municipios de Suesca y Chocontá, durante los recorridos de campo y las conversaciones con los actores. Adicionalmente, desarrollan actividades agropecuarias o arriendan los terrenos para el desarrollo de estas actividades sin ningún control, de manera que se presiona fuertemente el espacio natural, modificando el ciclo hidrológico, afectando la materialidad del agua y, así mismo, a los habitantes que se abastecen de estas fuentes. Estos grandes propietarios ejercen una relación de poder a través de la propiedad privada sobre el derecho fundamental y bien esencial para la vida, afectando la dinámica del ciclo hidrosocial, desde lo material y lo inmaterial.

Por otra parte, a través del trabajo de observación participante, recorridos y conversaciones informales, se evidenció una relación desigual entre los habitantes locales, quienes realmente habitan y desarrollan diariamente sus actividades en estos territorios y, aquellos propietarios externos, que tienen como vivienda principal la capital o, incluso, otro país. Estos actores pasan largas temporadas sin desplazarse al territorio y, toman decisiones sobre él, desde otros espacios externos. En algunas veredas del SSET de estudio, estos propietarios externos a las dinámicas locales son conocidos como “finqueros”, si desarrollan únicamente actividades de ganadería y se conoce como “paperos”, quienes realizan la actividad agrícola de producción de papa.

En algunas conversaciones informales en el municipio de Suesca, algunos habitantes locales nombraron como “los ricos”, a las personas con grandes casas campestres que utilizan estos espacios únicamente con fines de descanso y recreo los fines de semana o épocas vacacionales, y que no suelen tener ninguna relación con los habitantes locales. En el caso de los “finqueros”, estas personas suelen tener al menos dos casas en sus extensiones de terrenos: una pequeña para quienes administran la actividad y otra grande para sus visitas al territorio, evidenciando así la relación de patronazgo, ya mencionada en capítulos anteriores. Los “paperos”, externos al territorio, no suelen tener casas de habitación en los predios donde realizan las actividades, porque únicamente envían a los trabajadores para realizar la actividad productiva.

Las relaciones de patronazgo son más comunes en la actividad ganadera, quienes administran la actividad están en permanente contacto con “sus patrones” y se conocen localmente como *cuidanderos* o *administradores*; viven allí con sus familias y, en algunos casos, se integran con las dinámicas locales del territorio, asistiendo en representación del propietario a las reuniones de acción comunal o de acueducto. En otros casos, estos actores no tienen una representación en estos espacios de decisión locales, ni algún tipo de contacto con la población local.

Los finqueros o patrones hacen visitas eventuales al territorio, llevando generalmente todos los alimentos desde su lugar de origen y, en sus visitas, no tienen mucho contacto con la población local. Sus patrones de consumo de agua son elevados, en comparación con los habitantes locales, y, muestran una relación de superioridad, cuando interactúan con la población local⁸⁴. En muchas ocasiones, superan los consumos básicos de agua para uso doméstico, estipuladas por las asociaciones de usuarios de agua, aunque tienen la capacidad de pagar los excedentes y las multas que se les impone por excesivo consumo,

⁸⁴ Esta situación se evidenció en la vereda Tausaquira en varias reuniones de la junta de acueducto y se presenciaron algunas conversaciones entre estos finqueros y la población local.

que son muy bajas en comparación con los ingresos de estas personas por lo que no representan para ellos una sanción real.

Los grandes cultivadores de papa también utilizan grandes cantidades de agua, para la mezcla con los productos químicos utilizados en la fumigación de plagas⁸⁵, aún sin tener permiso por parte de los acueductos rurales para utilizar el agua para el riego de cultivos de uso comercial. La conciencia de estos actores sobre el uso del agua se encuentra en función de su actividad productiva, desconocen la red de usos de agua local y la responsabilidad que tienen frente a un potencial riesgo de desabastecimiento para la población local que habita estos espacios debido a su consumo excesivo. Las comunidades rurales no tienen las capacidades de recursos humanos o financieros para actuar en contra estas acciones realizadas por los productores y, en este sentido, se ejerce una relación de poder desigual.

En el caso de que los predios no tengan punto de agua en el lugar del cultivo, los obreros transportan el agua en grandes canecas para mezclar y aplicar los productos. Si lo tienen, realizan las mezclas directamente en canecas; sin embargo, como se mencionó en la sección anterior, las redes rurales de abastecimiento de agua son muy vulnerables y existe un alto riesgo de que estas mezclas contaminen las redes de manera directa, o el suelo y los sistemas hidrogeológicos de manera difusa. Esta situación es especialmente problemática puesto que, en estas zonas, donde los cultivadores son externos al territorio, la única presencia que se tiene es de los trabajadores u obreros que migran de cultivo en cultivo y muchas veces de región en región, por lo que son actores externos al territorio que son transportados por quien los contrata para ejercer esta labor.

❖ *Discursos y Lenguajes sobre los Caminos del Agua: Fuentes, Río y Quebradas*

Los discursos sobre el agua y sus caminos (fuentes, quebradas, río), expresados por los diferentes actores sociales durante el trabajo de campo de la investigación, fueron diversos e incluso, en algunos casos, contradictorios. En los tres municipios, se evidenció que las quebradas configuran los límites o fronteras naturales entre poblaciones (veredas o municipios). En algunas conversaciones, el río fue nombrado también como barrera casi impermeable alrededor de decisiones sobre el agua o el bienestar colectivo entre dos veredas. También fue considerado, por otros actores, como un elemento natural común, una interfase de la relación entre vecinos y el gran camino de agua que transporta vida. Además, se tuvieron

⁸⁵ Durante las entrevistas a los productores, se reportó que cada semana las mezclas de productos químicos se hacen con 200 L de agua por hectárea (ver caracterización Anexo B).

conversaciones con habitantes locales, en las que se evidenció una separación frente a este ecosistema hídrico y lenguajes que nombraban al río contaminado como un ente externo, como algo que no tenía relación con la población.

El río, como camino central del agua en este SSET, es considerado en las políticas, planes y proyectos de la autoridad ambiental como un canal que requiere ser adecuado⁸⁶. Específicamente, el mencionado proyecto de adecuación hidráulica es un ejemplo concreto del discurso manejado por la institución ambiental, del río como canal de transporte de agua, y no como ecosistema hídrico y articulador de los ecosistemas y de la población. El argumento, como se mencionó en párrafos anteriores, es el control de inundaciones; sin embargo, se ha visto en otros espacios de la cuenca alta del río, que se está interviniendo para el beneficio económico de algunos grupos o particulares que, posteriormente, pueden tener acceso a los terrenos anegados del río, que constituyen su geomorfología de llanura aluvial o zona de inundación.

Si la estructura ecológica estuviera conservada y conectada, sería posible que los humedales, como ecosistemas que hacen parte del SSET, cumplieran su función ecológica y generaran el beneficio ecosistémico de control de inundación y, además, el de autodepuración de agua que, en este río altamente intervenido, es esencial, como lo evidencia también el trabajo de Santos (2021). Las inundaciones, desde la perspectiva del ciclo hidrosocial de los geógrafos Linton y Budds (2014), constituyen un claro ejemplo de relación intrínseca, bidireccional, constante y dinámica entre el sistema ecológico y el sistema social. Para otros actores sociales (habitantes, académicos y algunas organizaciones sociales), el río es un ecosistema hídrico, un eje articulador de la vida socioecológica en la cuenca, que debe estar conectado con los demás ecosistemas (bosques, páramos, humedales, lagunas, quebradas), para configurar la base natural de este territorio, estructurar el soporte material e inmaterial y sustentar el metabolismo, que equivale al proceso la vida (Capra, 2015).

El discurso más fuerte sobre el río, es aquel que lo señala como un símbolo de contaminación, el río negro, muerto, externo a los habitantes y a las poblaciones. Este discurso se ha fortalecido con el paso del tiempo, por la situación del río y su cuenca, después de recibir aguas residuales domésticas

⁸⁶ Durante las mesas de trabajo sobre el proyecto de adecuación hidráulica, que se conformaron en 2020 con representantes de la sociedad civil y de la autoridad ambiental, de las cuales la investigadora hace parte, el exdirector del Fondo para las Inversiones Ambientales en la cuenca del río Bogotá (FIAB), responsable de este proyecto, expresó la visión que tiene la autoridad ambiental sobre el río, afirmando que: “los ríos son canales” (A. Acosta, comunicación personal, mayo 9 de 2022). Esta visión es contraria a lo que se busca promover desde la propuesta sistémica de metabolismo territorial, donde el río es un eje central de la base natural que soporta el territorio.

especialmente en la ciudad de Bogotá. Sin embargo, desde el municipio de Villapinzón, recibe aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento o con un tratamiento muy deficiente, y, durante los recorridos y conversaciones, también se evidenció este discurso en parte de la población que habita el SSET, especialmente, en las zonas de mayor carga de contaminación.

De manera paradójica, las acciones reales sobre el río y su cuenca, a la altura de la capital, se han concentrado solo en la construcción de grandes y costosos sistemas de tratamiento que, no logran una remoción eficiente de contaminantes, por el gran caudal que genera la ciudad. En el área de estudio, las instituciones también consideran que la única manera de solucionar la problemática de contaminación, es la construcción de grandes sistemas de infraestructura, pero, no se han buscado otras alternativas integrales que articulen a las comunidades locales a través de procesos educativos y, además, procesos de restauración ecológica del río y sus ecosistemas aledaños. Los proyectos de recuperación han estado orientados por los discursos tecnocráticos, que desconocen la integralidad socioecológica-territorial del río Bogotá y lo mantienen como un ente externo, separado de la población y afectando su sustentabilidad.

4.3.3 Las Tecnologías del Agua en el Ciclo Hidrosocial de la CARB

La tecnología que ha desarrollado la sociedad para relacionarse con el agua ha cambiado en el ciclo hidrosocial del río Bogotá a través del tiempo. En el período de tiempo definido para la investigación, se pueden considerar dos momentos de contraste entre las prácticas y las infraestructuras, desarrolladas por la sociedad para intervenir la materialidad del agua. El primero es la mitad del siglo XX, décadas del 50 y 60, aproximadamente y, el segundo momento, es la actualidad, el período comprendido entre los años 2010-2020. En ambos, se hace referencia a continuación, a las tecnologías del agua en los diferentes usos y a tres subprocesos del manejo de agua: abastecimiento, saneamiento y regulación del cauce del río Bogotá.

En las décadas del 50 y 60, no existían grandes infraestructuras de abastecimiento y saneamiento de agua. El abastecimiento se realizaba en las zonas rurales con artefactos como chorotes o vasijas para el transporte de agua desde la fuente hasta el lugar de vivienda. Según narra Vidal González, los padres y madres hacían mucho énfasis a los menores sobre la importancia de cuidar el agua, reconociendo lo esencial que es para la vida:

En ese tiempo que acueductos ni que nada, donde tenían los aljibes que el pocito, que el ojo de agua, que el cántaro, que el no sé qué, bueno...A cada aljibe le tenían su nombre. Y resulta y pasa

de que por lo menos ese señor o mi abuelo viera el cuidado que le tenían a esos aljibes. Tenían una vasija especial que era una tasa litrera de esmalte blanca y la tenían ahí en el pozo o en el aljibe, bueno especial para sacar el agua de ahí y echarla al chorote o al choco o a la múcura o a la perrita de cuero que nos daban nuestros taitas para ir a traer el agua de los aljibes y ojalá juera y metiera uno una vasija tiznada o sucia allá al aljibe, las jueteras que le daban a uno, eso le decían a uno: “chinos pendejos no aprendan a cuidar el precioso líquido y verán, que del agua es la que nosotros vivimos y existimos” (V. González, comunicación personal, 29 de noviembre de 2019)

La información compartida por los habitantes durante los talleres de Los Caminos del Agua y las conversaciones informales evidenciaron, también, la utilización de chorotes y vasijas para recoger el agua en esta época. En las zonas urbanas, existían pilas o fuentes en las plazas principales para el abastecimiento de agua para la población (Fals Borda, 2017; Luque, 2021). En el trabajo de Luque (2021), se encuentra evidencia de un personaje en el municipio de Suesca que ofrecía el servicio de llevar el agua a las casas puerta a puerta.

En esta época, tampoco se tenía infraestructura relacionada con saneamiento del agua residual. El agua que salía de las actividades domésticas después de su uso, era descargada en el suelo directamente o en las quebradas y zanjas. En la zona rural, la conversación con Vidal evidenció que los pobladores en este tiempo no tenían infraestructura sanitaria y, realizaban sus deposiciones, en huecos cavados en el suelo en forma de letrinas. En las zonas urbanas, se conducía el agua residual directamente a las fuentes de agua cercanas y, de hecho, esta dinámica, articulada con el crecimiento demográfico, fue lo que acrecentó el problema de la contaminación del río y sus afluentes, por vertimientos directos sin tratamiento. En una conversación informal con un productor del municipio de Villapinzón, se comentó que, incluso en la actualidad, era normal que, en algunas zonas rurales con viviendas dispersas, el agua residual doméstica se condujera por tuberías a zanjas y directamente al suelo, sin ningún tipo de tratamiento.

Si bien en el abastecimiento y saneamiento de agua no se habían construido grandes infraestructuras, fue justamente al finalizar la década del 40 que se construyó la represa del Sisga, como se mencionó en la sección 3.3, una gran infraestructura de manejo de agua, para la regulación del caudal del río Bogotá, a través del represamiento del río Sisga. Esta nueva tecnología de manejo de agua, orientada por dinámicas externas al SSET, generó grandes transformaciones (Fals Borda, 2017), no solo en la materialidad del agua, sino en las relaciones sociales y en las dinámicas ecológicas y territoriales en todo el sistema.

En contraste, en el período actual, ya se cuenta con grandes infraestructuras con diferentes grados de eficiencia y niveles de complejidad, que se han construido en el territorio para el manejo del agua. Para el abastecimiento a escala urbana, se cuenta con sistemas de captación, tratamiento y distribución de agua potable y, a escala rural, por lo general, se cuenta con sistemas de captación, conducción y almacenamiento de agua cruda y, en algunos casos, tratamiento a escala rural. Para el saneamiento en la zona urbana, hay redes de alcantarillado y sistemas de tratamiento de agua residual en dos de los tres municipios, Suesca y Chocontá. En la zona rural, el agua residual doméstica se maneja en pozos sépticos o, en vertimientos directos al suelo; algunos centros poblados, como Santa Rosita en Suesca, tienen sistema de alcantarillado, pero sin tratamiento, por lo que aún se descarga el agua residual directamente al río, de la misma forma que ocurre en la zona urbana del municipio de Villapinzón.

Para el abastecimiento de agua, los tres municipios tienen plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) para abastecer al sector urbano. Estas plantas, utilizan agua de una o varias fuentes, superficiales o subterráneas. En la zona rural, el agua la manejan las asociaciones de usuarios de agua de manera colectiva, como se ha mencionado en anteriores secciones, y, estas organizaciones, deben gestionar la infraestructura para el tratamiento de potabilización de agua en sus veredas. En ocasiones, esta gestión se realiza con financiación de fondos públicos y con apoyo de los entes territoriales (alcaldía, gobernación). No obstante, no todas las asociaciones de usuarios tienen la posibilidad de realizar esta gestión por múltiples razones, entre ellas, lo que juega un papel transversal, la falta de capacidades (administrativas, técnicas, jurídicas, financieras, entre otras) para realizar trámites de legalización, formalización, gestión, manejo y administración de recursos para construir, operar y mantener estas infraestructuras⁸⁷.

Adicionalmente, existen factores asociados a problemas internos de las comunidades, o relaciones desiguales de poder entre los dueños de los terrenos, donde están las fuentes de agua y los representantes de los acueductos comunitarios, y falta de voluntad política local para la gestión del agua. Se suma a todo lo anterior un ciclo de información muy débil, en relación con el manejo del agua, que fue analizado en detalle en la primera sección de este capítulo (ver numeral 4.1), que dificulta, en muchas ocasiones, el manejo del agua a nivel rural.

⁸⁷ Desde las alcaldías municipales, los funcionarios encargados de las dependencias de servicios públicos y unidades de desarrollo agropecuario, destacaron los procesos de apoyo que se realizan desde las alcaldías a los acueductos rurales. Sin embargo, también se destacaron barreras o limitantes para este apoyo, en ocasiones, por cuestiones sociales y, en otros, por razones físicas o legales en términos de la gestión de la financiación.

En cualquiera de los casos referidos al tratamiento (con o sin PTAP), las tecnologías para el abastecimiento de agua incluyen infraestructura de captación en las fuentes (en algunos casos bocatomas, en otros, únicamente tanques de almacenamiento en concreto), canales de conducción y/o desarenación de agua, que conducen el agua a tanques de almacenamiento de diferentes volúmenes (dependiendo del tamaño de la comunidad que se abastezca), y, de allí, una red de tuberías para conducir el agua a las viviendas o los predios que la requieren para sus diferentes actividades. Desde las alcaldías y las juntas de usuarios de agua, se recomienda a la población el uso de tanques de reserva en sus hogares y muchos de los habitantes tienen estos. Esto, también se evidenció en los dibujos de algunos actores en los talleres de Los Caminos del Agua. Los tanques y redes de tubería hacen parte de los elementos claves en las tecnologías de manejo de agua a nivel doméstico en el período actual.

Una vez el agua ha llegado a los hogares o predios, se utiliza para diversos usos que ya se han mencionado: domésticos, agropecuarios, industriales y agroindustriales. Para todos los usos, se utilizan en mayor o menor medida los mismos elementos: tuberías, mangueras, válvulas, tanques de concreto o de plástico de diferentes tamaños. Los reservorios en las zonas rurales también juegan un papel importante en las tecnologías de manejo de agua, especialmente, para la recolección de agua lluvia para las épocas secas. Los reservorios se manejan también de maneras muy diversas: algunos se cubren en el fondo con geomembranas o materiales cerámicos para evitar la infiltración al suelo; otros utilizan materiales plásticos para generar una cubierta y que el agua no se evapore en los días de mayor radiación; otros utilizan ambos elementos y, otros no utilizan ningún elemento adicional y únicamente se abren los huecos en la tierra para almacenar el agua.

Algunos actores protegen sus reservorios con vegetación nativa, o le generan pequeñas conexiones con quebradas cercanas u otros reservorios con zanjas y/o cercas vivas, mientras que otros evitan la vegetación arbustiva o arbórea en los alrededores de los reservorios y, únicamente, los utilizan para almacenar agua. Para utilizar el agua de los reservorios, se utilizan comúnmente motobombas que son artefactos muy utilizados en los sistemas de manejo de agua a escala local y municipal, y también para uso individual en los predios, para conducir agua de las fuentes o reservorios a los diferentes usos. Algunas de estas motobombas utilizan gasolina o diésel como combustible, o trabajan con energía eléctrica. Las personas encargadas de la gestión de los sistemas de tratamiento a nivel municipal o en sistemas agroindustriales, como las flores, reportaron altos consumos de energía eléctrica para operar estas bombas, una información que se corroboró con los consumos facturados en el sector industrial y oficial, que se presentan en la siguiente sección.

Los acueductos veredales, para evitar altos costos, buscan la alternativa de distribuir el agua por gravedad, para no utilizar bombas; sin embargo, en ocasiones, no es posible únicamente usar la gravedad y, es necesario hacer bombeo, generando altos consumos de energía y, así, altos costos por este consumo. Únicamente, se evidenció un caso de un acueducto veredal en Suesca que ha logrado operar su planta de tratamiento y sistema de bombeo con energía solar, la Asociación de usuarios de agua de la vereda Ovejeras. Entre los actores de los tres municipios, tanto sociales como institucionales, se evidencia interés por utilizar fuentes alternativas de energía, como a la energía solar para alumbrado público o para el uso en los sistemas productivos (ganadería y flores), aunque, por costos y capacidad instalada, aún no se han podido implementar.

Con respecto al saneamiento, como se mencionó en párrafos anteriores, solo Suesca y Chocontá tienen Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), y fueron construidas por la CAR. La de Suesca fue construida en 1994, con un horizonte de diseño hasta 2007 y la de Chocontá, fue construida en 1995 con horizonte de diseño hasta 2005 (Mejía y Pérez, 2016). De acuerdo con estas autoras (2016), la planta de Chocontá, particularmente, trabaja con muy baja eficiencia en la actualidad⁸⁸ y constituye una fuente de contaminación determinante en la cuenca alta del río, tal como se mostró en la subsección de calidad. El municipio reporta que, los trámites administrativos para la contratación de las obras de optimización con la CAR, se están realizando desde hace mucho tiempo y, aún no se han logrado concretar. De igual manera, ocurre con la optimización de la planta de Suesca.

Además de la contaminación generada por las plantas de tratamiento ineficientes, el caso es aún más grave en el municipio de Villapinzón, que no ha construido una PTAR y, vierte todas sus aguas residuales, sin tratamiento, directamente al río. Es la principal fuente de contaminación de aguas domésticas a solo 12 kilómetros del nacimiento. En este municipio, únicamente se tiene un sistema de alcantarillado, para conducir el agua residual y descargarla directamente al río, entendido en estos planes como la “fuente receptora”. Dos entrevistas realizadas en el municipio, dan cuenta de que el proceso de construcción de la planta se está “adelantando” desde la década de los 80 y, aún no se ha materializado en la realidad: “llevan más de 30 años diciendo que ya la van a construir, que en esta alcaldía sí, que ya está la plata, pero no la han construido todavía” (comunicación personal, 24 de julio de 2019).

⁸⁸ La PTAR de Chocontá reportó una eficiencia de 51% de remoción de DBO y 17% de SST, mientras que la de Suesca reportó una eficiencia de 95% de remoción de DBO y 90% de SST (Mejía y Pérez, 2016).

En relación con la represa del Sisga, además de sus procesos de regulación del caudal del río Bogotá para el control de inundaciones, esta regulación también se realiza en función de la generación de energía eléctrica en el embalse del Muña, al sur de la ciudad de Bogotá. Adicionalmente, se podría regular su funcionamiento con respecto a la calidad de agua del río y ayudar a diluir la contaminación (Santos, 2021). Como se mencionó en el numeral 4.3.1, con respecto a la materialidad del agua, esta situación se ha observado de manera natural en la confluencia del río Sisga y el río Bogotá, donde se alimenta el cauce contaminado del río, que viene del norte, con el agua más limpia que va por el cauce del río Sisga (en la Fotografía 4-2 presentada en esta sección se observa el cambio de coloración). De igual manera, ocurre en la desembocadura del embalse de Tominé en el río Bogotá, aguas abajo de la descarga de aguas de la PTAR de Suesca.

Este proceso de dilución natural es relevante para el SSET y debe ser incluido en la operación de los embalses. A pocos metros del cruce de aguas del río Sisga con el río Bogotá, se encuentra la captación de la PTAP de Tausaquira en Suesca, que trata agua del río Bogotá para abastecer a un porcentaje del casco urbano del municipio y a cinco veredas, que no tienen fuentes de abastecimiento disponibles. Sin embargo, el caudal del río Sisga únicamente podría diluir una parte de la contaminación que proviene de Villapinzón y Chocontá y, más adelante, la vereda Santa Rosita en Suesca descarga sus aguas residuales directamente al río sin tratamiento. Unos kilómetros más adelante, la PTAR municipal de Suesca aporta a la contaminación con agua tratada de manera ineficiente. Esta situación se repite en diferentes proporciones en todos los municipios que hacen parte de la cuenca y, en mayor magnitud, en la ciudad de Bogotá, que descarga sus aguas en la cuenca media del río.

Al comenzar el período actual, en el año 2011, ocurrieron grandes inundaciones en la sabana de Bogotá, que superaron cualquier margen de maniobra de las instituciones encargadas de manejar la regulación del caudal del río. Esta se inundó por completo generando grandes pérdidas materiales, afectación a la actividad agropecuaria y el colapso de las PTAR ineficientes ya construidas y de otras infraestructuras. La creciente del río en el municipio de Villapinzón no tenía precedentes y la corriente destruyó algunas viviendas y curtiembres, localizadas en la llanura de inundación. El control de las inundaciones se manejó con la instalación de *jarillones*, falsos diques contruidos con bultos de arena y, a partir de este evento, se realizaron dragados en diferentes partes del río para aumentar la capacidad hidráulica, construir más jarillones y de acuerdo con la autoridad ambiental, “limpiar el cauce del río y su ronda”, lo que significó eliminar la capa vegetal y arbórea de algunos tramos, es decir, la conectividad ecológica del río.

De acuerdo con esto, la tecnología utilizada para el manejo de las inundaciones ha estado relacionada con grandes obras de dragado y construcción de jarillones. Desde algunas organizaciones sociales, se ha

promovido una visión diferente para el manejo de estos eventos naturales, como las mencionadas SbN, que están en línea con la visión del río como ecosistema hídrico, articulador de la estructura ecológica principal de la región. Esta situación refleja la conexión interna de los tres ciclos que conforman el ciclo hidrosocial: de la materialidad del agua como flujos físicos, las visiones del río como canal, por donde fluyen esos flujos o, como ecosistema que los interconecta con otros sistemas, y las tecnologías que se producen en función de estas visiones.

La visión del río como canal, privilegia grandes obras de adecuación y maquinaria pesada para eliminar coberturas vegetales naturales y, la visión del río como ecosistema, promueve la restauración de los ecosistemas de río, bosques riparios, rondas y humedales, como tecnologías propias de la naturaleza para realizar esta función del control de inundación. Como se mencionó en el numeral anterior, las decisiones que se han tomado desde las instituciones, especialmente desde la autoridad ambiental, priorizan la visión del río como canal, así mismo, la tecnología, políticas y relaciones de poder que traen asociadas. Estas diferencias en las visiones del río, de las tecnologías para adecuarlo, y no para adaptarse a él, también pueden alterar profundamente el metabolismo del territorio en lo relacionado al ciclo hidrosocial y conducir al SSET a escenarios de futuro insustentables, al desestabilizar la base natural que es la que sustenta este metabolismo y, finalmente, a todos los procesos de apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción.

Las tecnologías del agua mencionadas, de la primera mitad del siglo XX y del período actual, son esenciales en el metabolismo del territorio, son nodos en la red metabólica hídrica, conectan flujos físicos y relaciones sociales, y son, a la vez, actores esenciales en el ciclo hidrosocial. No responden simplemente a un artefacto inerte, o a una compleja infraestructura material, responden a unas ideas, a unos discursos, están orientadas por unas políticas, reciben y dirigen flujos físicos, que provienen de unos ecosistemas, que han sido apropiados por actores sociales, y han sido transformados y conducidos hacia otros actores o ecosistemas. Las redes metabólicas del agua en el SSET, que se han evidenciado en esta sección, muestran la compleja interacción que se da entre la materialidad, el poder social y la tecnología, en el ciclo hidrosocial.

4.4 Flujos de Energía

El análisis de flujos energéticos en el metabolismo territorial de la Cuenca Alta del Río Bogotá: Villapinzón, Chocontá y Suesca, se realiza a través del estudio de las principales formas de energía, procesos de transformación y los flujos sociales de energía que configuran paisajes energéticos. El primer numeral de esta sección, presenta las formas de energía y los procesos de transformación energéticos,

que predominan en el SSET de estudio. Posteriormente, se integran estas formas y procesos con el análisis de los flujos sociales de la energía, que permiten entenderla en su complejidad, más allá de un flujo físico de intercambio entre la naturaleza y la sociedad, central para el soporte material del metabolismo, como un flujo social que se suma a los ciclos informacionales e hidrosociales, para configurar el almacén inmaterial del metabolismo territorial.

4.4.1 Formas de Energía y Procesos de Transformación

El concepto de *metabolismo* ha estado vinculado, desde sus orígenes, principalmente, con intercambios y transformaciones energéticas en diferentes niveles, desde la célula hasta la sociedad. Es por esto que las diversas formas de energía que están presentes en el SSET son esenciales en la configuración del metabolismo territorial. Como se mencionó en la sección 2.5, para el análisis energético, se hace una aproximación a las formas de energía y procesos de transformación, a partir del análisis de la biomasa, el trabajo humano, los insumos químicos externos en los agroecosistemas predominantes y del consumo de energía eléctrica, como forma principal de suministro de energía en el SSET.

De acuerdo con la disponibilidad de información y a las unidades de trabajo de los censos agropecuarios que se utilizaron para el estudio, el análisis energético de los agroecosistemas se realiza a partir de la unidad municipal. Se presentan los resultados para el SSET en su conjunto (conformado por los tres municipios) en dos momentos de análisis, 1960 y 2014⁸⁹. Posteriormente, se analiza el consumo de energía eléctrica, que es la forma predominante de energía que abastece al SSET. Este análisis también se realiza a nivel municipal a partir del año 2005, por ser este año a partir del cual se tuvo disponible la información.

❖ Flujos de Energía en los Agroecosistemas. Extracción y Uso de Biomasa

El análisis energético de los agroecosistemas predominantes en el SSET de estudio, parte del conocimiento de los mismos en función de sus límites, entradas de energía, procesos internos de transformación energética, recirculación y salidas. Para esto, se utilizó, en primera instancia, el diagrama de sistemas desarrollado por Odum (1996), para los principales sistemas agropecuarios y, posteriormente, se hizo una aproximación a la metodología desarrollada por Guzmán *et al.* (2014) con el fin de estimar la productividad primaria neta (PPN) en agroecosistemas y la apropiación humana de

⁸⁹ Para algunos casos, que se especifican más adelante, los resultados por cada uno de los municipios se incluyen en el respectivo Anexo.

esta productividad. Como se mencionó en el numeral 2.5.1, los diagramas de sistemas de Odum se han utilizado como base de estudios sobre la emergencia en zonas cercanas al área de estudio (Buitrago, 2014). Sin embargo, en este caso, se utilizaron como herramienta para conocer los flujos energéticos de los sistemas agropecuarios y los procesos internos de transformación de energía de estos subsistemas, que conforman los agroecosistemas en el SSET en conjunto.

Las Figuras 4-1, 4-2 y 4-3 presentan los diagramas de sistemas del cultivo de papa, la ganadería de leche y la floricultura. Si bien esta última, en términos de cobertura de la tierra, no es predominante en el área total de estudio⁹⁰, sí ha jugado un papel estratégico a nivel regional y nacional, y ha sido esencial en las dinámicas agropecuarias del municipio de Suesca, al ser el principal sistema productivo que ha generado empleo en este lugar. Adicionalmente, como se presentó en los numerales 3.4 y 3.5, la floricultura ha sido esencial en las transformaciones socioecológicas y las configuraciones territoriales a nivel municipal y regional, a partir de los años 70 del siglo XX hasta hoy.

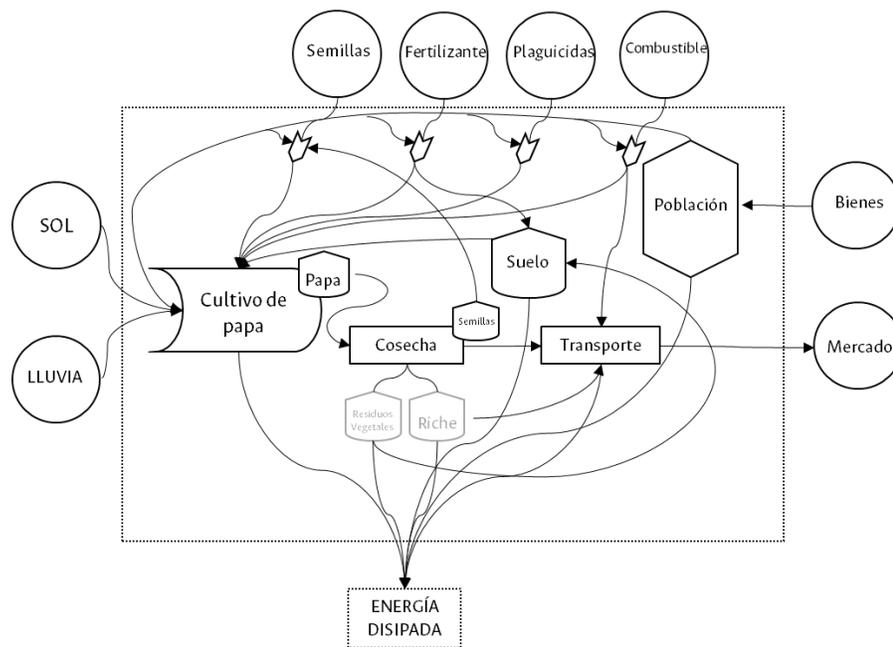
Estos diagramas de sistemas se construyeron a partir de la caracterización realizada para la sección 3.3 (ver Anexo B), que se alimentó de información primaria levantada en campo con productores agropecuarios y floricultores, con representantes de las alcaldías municipales, y con recorridos de campo, y, adicionalmente, con información secundaria, proveniente de estudios académicos (Buitrago, 2014; Carulla y Ortega, 2016; Martínez, 2014; Rodríguez, 2010; Sastoque, 2018) y generados por entidades oficiales (Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015b, 2015a; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2020; MADR, 2019; MADR y DANE, 2013), sobre estos sistemas productivos en la región. En el contexto del análisis de flujos de energía, los agroecosistemas se consideran, en este caso, a escala municipal, lo que implica que el agroecosistema analizado incluye, tanto los sistemas de producción agrícola y pecuaria, como los cultivos de flores, particularmente en el segundo momento de análisis.

A partir de los diagramas de sistemas, y una vez comprendidos los procesos de transformación de energía que se dan en el agroecosistema, se utilizó la información de censos agropecuarios de 1960 y de 2014, referente a las áreas cultivadas y los rendimientos de producción. A partir de esto, se definieron los límites de los sistemas para el análisis y, teniendo en cuenta las limitaciones de información, se aplicó la metodología desarrollada por Guzmán et al. (2014). Con ayuda de algunos factores de conversión

⁹⁰ Como se mencionó en el numeral 4.2, la cobertura de cultivos confinados que corresponde, en su mayoría, a cultivos de flores en el municipio de Suesca, no constituye un alto porcentaje en función del área total.

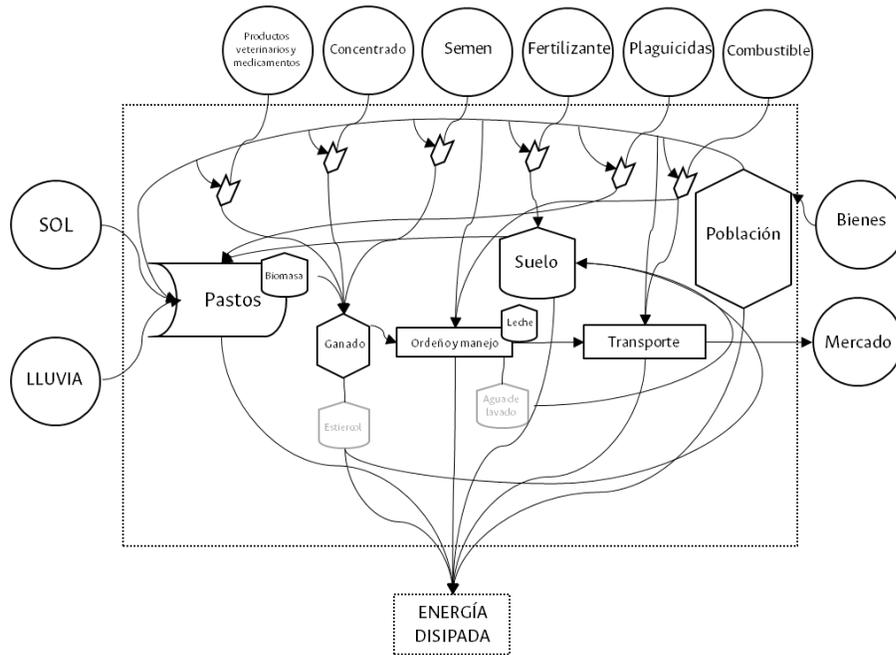
estimados en este mismo trabajo y otros actualizados por Urrego-Mesa (2021), se hizo una aproximación a la PPN y a la apropiación humana de esa productividad, expresada en extracción y uso de biomasa (el detalle del cálculo y los factores utilizados se encuentra en el Anexo C). Para la estimación de energía asociada a los insumos externos utilizados en la producción agrícola y la energía relativa al trabajo humano, se utilizaron factores de equivalencia estimados en el trabajo de Rodríguez (2010).

Figura 4-1: *Diagrama de Sistemas para el Cultivo de Papa*



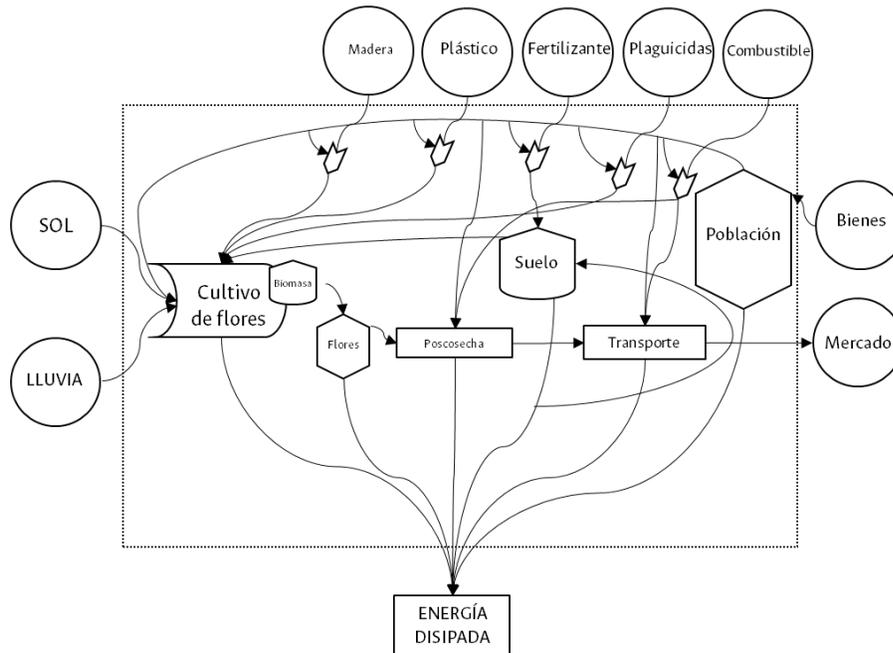
Nota. Elaboración propia con base en Odum (1996) y Buitrago (2014)

Figura 4-2: Diagrama de Sistemas para Ganadería de Leche



Nota. Elaboración propia con base en Odum (1996) y Buitrago (2014)

Figura 4-3: Diagrama de Sistemas para la Floricultura



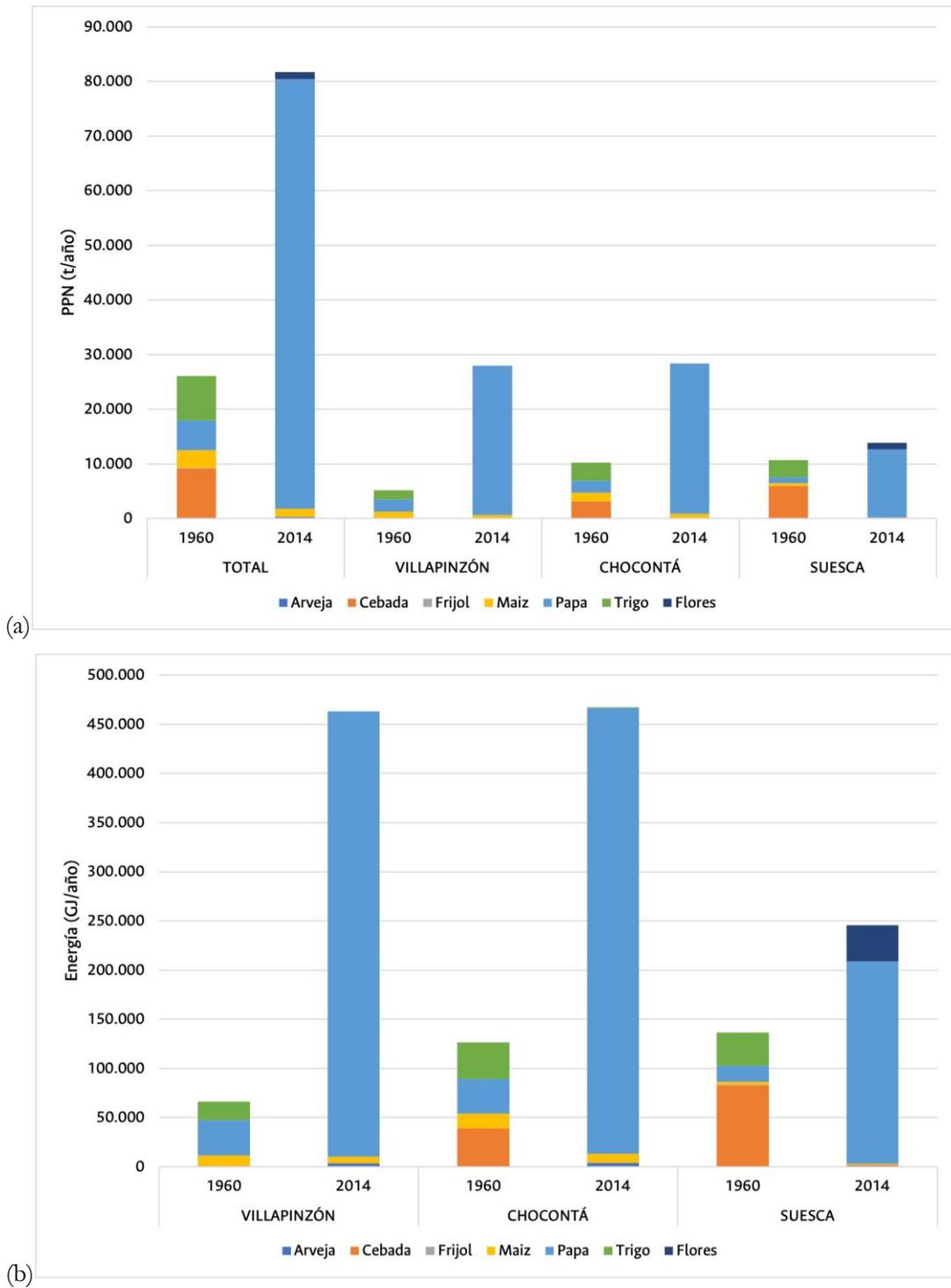
Nota. Elaboración propia a partir de Odum (1996) y Buitrago (2014)

Las Figuras 4-4 (a) y (b) presentan la PPN de cada cultivo, expresada en toneladas de materia seca por año para los tres municipios, en los dos momentos de análisis y los contenidos energéticos (energía bruta) asociados a esta PPN. De estas gráficas en particular, se evidencia el cambio abrupto que significó el cultivo de papa en términos de biomasa y su energía asociada entre 1960 y 2014, que corresponde con lo analizado en la sección 3.4 sobre transformación socioecológica del SSET. También se observa la desaparición de los cereales, trigo y cebada, en el panorama agrícola y el primero, particularmente, que mostraba una gran importancia en 1960 en los tres municipios, desapareció para el 2014 (ningún municipio reporta áreas sembradas de trigo en este censo). En el caso de la cebada, los valores reportados, muestran su relevancia en Chocontá y, especialmente, en Suesca en 1960, donde presentó altos rendimientos (ver Figura 3-8). Este cultivo también perdió importancia en 2014, desapareciendo en Chocontá y reportando en Suesca un valor muy bajo con respecto al área de papa.

Respecto al maíz, se observa que este cultivo jugaba un papel importante en 1960, en especial, para Villapinzón y Chocontá, y, en menor medida, para Suesca; sin embargo, en el 2014, a pesar de que no desaparece, presenta valores muy bajos con respecto a papa y, en el caso de Suesca, también reporta valores más bajos que las flores. Estos datos de PPN y energía bruta asociada, evidencian una drástica transformación agrícola, de una mayor diversidad de productos agrícolas a un modelo intensivo y homogéneo de producción de papa.

Al respecto de este monocultivo, los datos reportados de área cultivada y rendimientos de la producción demuestran un proceso de intensificación agrícola en el que no aumentó significativamente el área, pero sí la producción (kg de papa cosechada). Mientras el área incrementó 5 veces, la producción aumentó más de 15, lo que se logró gracias al uso intensivo de productos de síntesis química y mecanización de la producción. Esta situación, además, denota una alta vulnerabilidad en términos socio-económicos, debido a la dependencia de un único producto agrícola que, a pesar de haber sido incentivado en el proceso de modernización agrícola, presenta en la actualidad grandes desafíos para los productores, especialmente, para los pequeños y medianos que no logran acceder fácilmente a los canales de comercialización y que sí se ven afectados por los altos y variables precios de los insumos externos, situación que se viene tomando crítica por el escenario geopolítico a nivel mundial.

Figura 4-4: *Productividad Primaria Neta Agrícola (t/año) y Energía Bruta (GJ/año) por Cultivo y Municipio en 1960 y 2014*



Nota. Elaboración propia con base en datos de DANE (1960, 2016), Guzmán et al. (2014), Aguilera et al. (2015) y Urrego-Mesa (2021) (a) PPN Cultivos (b) Energía bruta PPN Cultivos

La Tabla 4-10 presenta las distribuciones porcentuales de la PPN dentro de la categoría de cultivos para todo el SSET, que muestra la importancia relativa de cada uno de ellos en los dos momentos de análisis. En 1960, la cebada y el trigo representaban un porcentaje mayor que la papa en términos de PPN y su energía asociada; no obstante, la transformación es drástica con respecto al período actual, en el que la papa representa más del 90% de la PPN y la energía asociada a ella, dejando a la cebada con menos del 0,1% y eliminando al trigo del panorama de producción. A pesar de que las flores son relevantes en el municipio de Suesca, como se mencionó en las secciones anteriores con respecto al área total, no representa un porcentaje tan alto en comparación a la papa, como se observa también en esta tabla.

Tabla 4-10: *Distribución Porcentual de PPN y Energía Bruta de PPN de los Cultivos en el SSET*

Cultivos	%PPN		%Energía (PPN)	
	1960	2014	1960	2014
Arveja	0,16%	0,33%	0,10%	0,60%
Cebada	32,66%	0,09%	37,22%	0,07%
Frijol	0,04%	0,00%	0,10%	0,00%
Maíz	11,57%	1,68%	8,63%	1,25%
Papa	19,52%	93,96%	26,74%	95,31%
Trigo	29,07%	0,00%	27,22%	0,00%
Flores	0,00%	1,54%	0,00%	2,77%

Nota: Elaboración propia con base en cálculos de PPN y Energía Bruta de cultivos

La Tabla 4-11 muestra la distribución porcentual de PPN y de contenidos energéticos asociados de las categorías cultivos, tierras en descanso, pastos y bosques, y el área reportada en los censos para cada categoría, en los dos momentos de análisis para todo el SSET. Como lo muestran los valores reportados en esta tabla, el valor resultante de PPN de los bosques y su contenido energético asociado es muy elevado en comparación a las demás categorías y, equivale a más del 90% en todos los casos⁹¹. Los bosques representan el mayor porcentaje de PPN en el sistema, a pesar de que su área no represente el mismo porcentaje en comparación al área de las demás categorías, incluso, en 1960, el área de los bosques representaba el menor porcentaje con respecto al total.

⁹¹ Como se detalla en el Anexo C, el factor de conversión de materia seca de los bosques andinos reportado por Sanabria y Puentes (2017) es significativamente más alto que los cultivos agrícolas, pastos y tierras en descanso. Es por esto que, la PPN resulta tan alta a pesar de su poca área.

Los bosques, al ser una reserva considerable de carbono, contienen un alto contenido de biomasa en comparación a la que contienen los cultivos, pastos y tierras en descanso, lo que tiene fuertes implicaciones en términos de la importancia de la base natural, como soporte de los ciclos hídricos, materiales y energéticos del metabolismo territorial. No solo representan la mayor cantidad de biomasa en un sistema, sino que son componentes fundamentales para la absorción, retención e infiltración de agua, como se explicó en la sección 4.3.1 sobre la materialidad del agua en el ciclo hidrosocial. Como se mencionó, el detalle de los cálculos para llegar a estos valores, los factores de conversión utilizados y las estimaciones realizadas se encuentran en detalle en el Anexo C.

Tabla 4-11: *Distribución Porcentual de PPN y Energía Bruta para cada Categoría*

Categoría	%PPN		%Energía-PPN		Superficie (ha)	
	1960	2014	1960	2014	1960	2014
Bosques	93,16%	95,34%	96,64%	95,81%	13,36%	21,76%
Cultivos totales	2,83%	3,15%	2,58%	3,88%	22,54%	20,27%
Descanso	0,55%	0,15%	-	-	23,91%	32,84%
Pastos	3,66%	1,43%	0,78%	0,31%	40,19%	25,13%

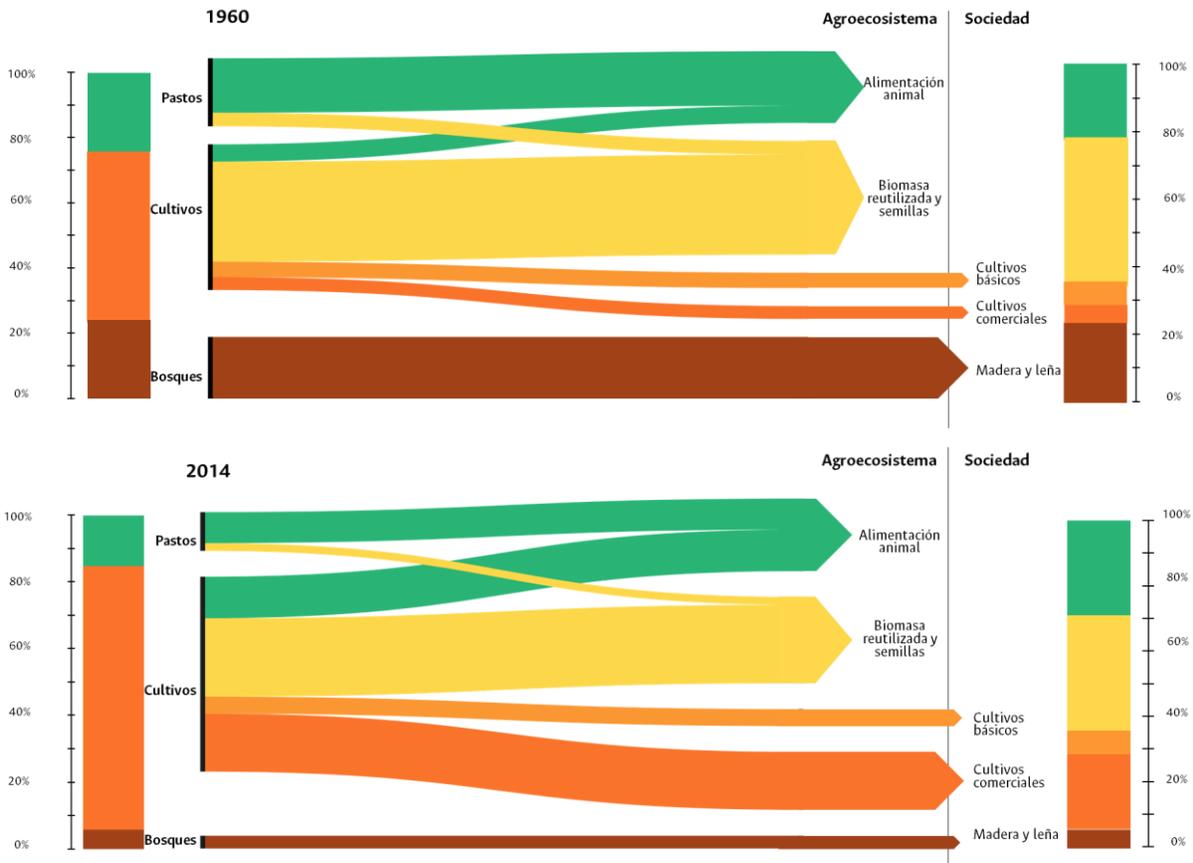
Nota. Elaboración propia

Es importante anotar que estos cálculos se realizaron con los valores reportados por los censos oficiales del DANE (1960, 2016); sin embargo, llamó la atención que los datos de área de bosques reportados en estos censos son más altos que los que se derivan del análisis de coberturas presentado en la sección 4.2 y que los reportados en el mapa de ecosistemas del IDEAM *et al.* (2017). A pesar de esto, debido a que todos los cálculos de esta categoría se realizan con base en los censos agropecuarios, se realizó el análisis con el valor oficial reportado por el DANE en estos. No obstante, vale la pena destacar que, con los otros valores de área de bosque, a pesar de ser más bajos, el valor de PPN también representaba más del 90% con respecto a las demás categorías.

A partir de los cálculos de biomasa, se hizo una aproximación a la apropiación humana de la productividad primaria neta (AHPPN), en términos del uso de biomasa en cada una de las categorías de cultivos, pastos y bosques. La PPN asociada a cultivos puede ser usada como alimentación para los animales (por ejemplo, residuos de cosecha, bajas clasificaciones de papa), como productos de consumo de la zona o como cultivos comerciales para la venta en mercados locales, regionales, nacionales e internacionales. También, un porcentaje de los cultivos, como la cantidad de residuos que no se da a los animales o las raíces y residuos de la cosecha, se usan como biomasa reciclada o semillas. En el caso de

los pastos, se utilizan principalmente como alimentación para los animales y el porcentaje restante se queda en el agroecosistema, como biomasa reciclada. En el caso de los bosques, por otro lado, se considera únicamente el uso doméstico de madera y leña. La Figura 4-5 presenta el porcentaje de la extracción y uso de biomasa en el área total del SSET de estudio para 1960 y 2014. Los detalles de cálculos para cada uso, las estimaciones asumidas y el detalle de cada municipio que conforma el SSET se presentan en el Anexo C.

Figura 4-5: *Extracción y Uso de Biomasa en el SSET en 1960 y 2014*



Nota. Elaboración propia con base en DANE (1960, 2016), Guzmán et al. (2014), Urrego-Mesa (2021) y Ruiz-Nieto (2022)

En la Figura 4-5, se puede observar que el mayor porcentaje de la extracción de biomasa, se realiza en los cultivos, en los dos momentos de análisis. Además, se observa el aumento de los cultivos comerciales en 2014, que corresponde principalmente a papa y flores (pasa de 5% a 24%). La extracción de PPN por pastos no aumenta significativamente, algo que llama la atención, puesto que el número de animales sí aumentó significativamente (61% aproximadamente en ganado bovino según datos censales). Esto indica que el área destinada a pastos en 2014 no fue suficiente para suplir la demanda de alimento de los

animales, por lo que seguramente aumentó también la cantidad de otro tipo de forrajes, producto del ensilaje y/o de concentrado, necesarios para cubrir el requerimiento nutricional de la cabaña ganadera⁹². Este aumento del número de animales, sin un incremento considerable del área de pastos, es una evidencia del proceso de intensificación pecuaria, que se suma a la intensificación agrícola, ya mencionada. En el caso de los bosques, como se mencionó, se consideró únicamente la extracción y uso en la forma de madera y leña para uso doméstico, que es el principal uso que le ha dado la población, especialmente la rural, y que disminuyó con la transición energética a otras formas de combustibles en los hogares como el gas o la electricidad (Pérez-Rincón *et al.*, 2018).

Los procesos de intensificación agropecuaria mencionados han generado por décadas una fuerte presión sobre el suelo y un deterioro del mismo en términos de compactación y agotamiento, por el intensivo uso de productos de síntesis química, el excesivo uso de maquinaria como los tractores, roto cultivadores (conocidos localmente como rotobos) y rastrillos, y por la compactación generada por la carga animal. Estos procesos de intensificación, son fenómenos que expresan una fractura metabólica en el SSET, porque desencadenan alteraciones drásticas de los ciclos naturales de agua y los nutrientes en el suelo e implican la eliminación de coberturas vegetales, interfiriendo en todo el ciclo natural del agua y en los flujos naturales de energía. Todos estos elementos naturales, agua, suelo, y coberturas boscosas, están intrínsecamente conectados, son interdependientes y, además, son responsables de mantener el sustento natural y material de todo el metabolismo territorial.

Particularmente, las afectaciones en el suelo implican pérdidas de energía del sistema por erosión y por pérdida de materia orgánica, como lo destaca Buitrago (2014). De acuerdo con el profesor Álvaro Acevedo⁹³, el uso de tractores en esta región ha sido problemático, especialmente, en zonas con pendientes mayores al 5%, práctica que ha desatado procesos de erosión, que han destruido la capa orgánica del suelo y han dejado al descubierto los materiales parentales que se encuentran bajo los horizontes de suelo, haciendo ineficientes los procesos agrícolas y dejando sin sustento material al agricultor (comunicación personal, 3 de junio de 2022). Desafortunadamente, la opción de muchos agricultores frente a esta pérdida de materia orgánica y erosión, es el aumento en la aplicación de fertilizantes de síntesis química, afectando nuevamente la vida en el suelo, rompiendo los ciclos de nutrientes en él, y así, profundizando la ruptura metabólica ya creada.

⁹² Urrego-Mesa (2021) reporta los requerimientos nutricionales de diferentes tipos de ganado en diferentes momentos de análisis.

⁹³ Esta conversación fue desarrollada el 3 de junio de 2022, en la emisora comunitaria Roca Estéreo del municipio de Suesca. En esta, participó la investigadora, miembros de la comunidad local, de la entidad territorial y el profesor Álvaro Acevedo, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, como invitado.

Adicionalmente, durante la misma conversación, el representante de la Unidad de Desarrollo Agropecuario (UDA) del municipio de Suesca, enfatizó en el proceso de compactación que se genera con la actividad pecuaria con el paso constante de animales (cada animal pesa aproximadamente 500 kg). Ambos expertos coincidieron en señalar que estas prácticas se han heredado de un modelo de modernización agrícola, que no corresponde con las condiciones locales de los suelos y que, probablemente, fueron eficientes para las condiciones de grandes planicies en tierras europeas o norteamericanas, pero no para los escarpados paisajes de esta región. Esto también había sido mencionado por Fals Borda (2017) y reseñado en una sección anterior.

Estos fenómenos de intensificación, justamente fueron posibles gracias a los procesos de cambio de la agricultura, analizados en el capítulo 3, que incentivaron la entrada de insumos químicos como fertilizantes, plaguicidas y otros productos de síntesis química, y el uso intensivo de maquinaria y procesos de mecanización, que se consolidaron en la región en la segunda mitad del siglo XX. Todos estos insumos y maquinaria tienen su equivalente en contenidos energéticos, pero, a diferencia de la biomasa, son flujos que entran a los SSET desde otros sistemas externos nacionales o incluso internacionales, como es el caso de proveedores de maquinaria, de insumos químicos y otras materias primas para los procesos de producción.

Teniendo en cuenta la información reportada en la Figura 4-4 (b) y en la Tabla 4-10, basada en los censos nacionales agropecuarios, los análisis realizados en las secciones anteriores sobre transformaciones socioecológicas y configuraciones territoriales, y la información recolectada en el campo, se puede afirmar que el cultivo de papa es el cultivo de mayor importancia en el período actual. Representa, además, más del 90% de la producción de biomasa, y de energía contenida en esta biomasa, por lo cual se asume que la cantidad de insumos externos que entran a los agroecosistemas del SSET, especialmente en el período actual, depende principalmente de este cultivo. De acuerdo con el estudio de Rodríguez (2010), en un sistema de producción de papa convencional (con uso intensivo de insumos y mecanización), los insumos externos representan aproximadamente el 95% de los flujos totales de energía que entran a este sistema⁹⁴.

⁹⁴ El trabajo de Rodríguez (2010) se realizó en el Páramo de Guerrero, una zona cercana al SSET de estudio y cuyos sistemas de producción agropecuaria son relativamente similares. Si bien no se puede asegurar que se realicen en igualdad de condiciones, los paquetes tecnológicos y las prácticas agropecuarias fueron también introducidas en la época de Revolución Verde, como lo menciona el autor. Por lo anterior, se consideró viable utilizar los factores de conversión obtenidos en este estudio.

A partir de los factores de conversión utilizados por este autor, se estiman los contenidos energéticos asociados a los insumos químicos externos y a la mecanización en el cultivo de papa en el SSET en el período actual, como un sistema convencional con uso intensivo de maquinaria e insumos. El autor también realiza una aproximación a un sistema alternativo de producción, con un menor consumo de productos externos y sin uso intensivo de mecanización, proceso que se asume para 1960, teniendo en cuenta que, si bien en esta época ya había comenzado el proceso de modernización que implicaba la aplicación de los insumos de síntesis química, aún no se había consolidado este proceso en su totalidad, menos para pequeños y medianos agricultores, que representaban la mayoría de los agricultores en esta región.

Adicionalmente, se asume que la mayoría de los agricultores en esta época no habían podido acceder al uso de la mecanización, por lo que para 1960 solo se consideraron los contenidos energéticos asociados al uso de insumos y no a los de maquinaria. Los datos que resultaron del análisis, con base en la información de Rodríguez (2010) y reportada por el DANE (1960, 2016), se presentan en la Tabla 4-12. De acuerdo con esta información, se evidencia que la intensificación agrícola del cultivo de papa, mencionada en párrafos anteriores, en la que aumenta 15 veces la producción, corresponde con una intensificación energética, al aumentar 16,8 veces la cantidad de energía en 2014, en comparación con 1960.

Tabla 4-12: *Contenidos Energéticos de Insumos y Mecanización en 1960 y 2014 del Cultivo de Papa*

GJ/año	2014		1960
	Mecanización	Insumos externos	Insumos externos
Villapinzón	3.264,44	88.078,02	5.886,41
Chocontá	5.407,45	145.898,72	8.197,59
Suesca	1.319,59	35.603,96	2.592,16
Total	9.991,48	269.580,69	16.676,16

Nota. Elaboración propia con base en datos reportados por Rodríguez (2010) y DANE (1960, 2016)

A pesar de que, como se ha resaltado en numerales anteriores, el cultivo de flores no es relevante en términos del área total del SSET, sí lo ha sido en términos de las transformaciones socioecológicas y configuraciones territoriales en el municipio de Suesca, y tiene una gran incidencia en la cuenca alta del río Bogotá. Por esto, se hace una aproximación al contenido de energía que representan los insumos externos de este cultivo, a partir del trabajo de Akbolat *et al.* (2006) en Turquía. De acuerdo con los autores, la energía total consumida en un cultivo de flores por unidad de área es de 29,3 GJ y los

fertilizantes químicos representan el 46,6% del total de la energía de entrada al sistema, mientras que el combustible (diésel) representa un 21,87% (Akbolat *et al.*, 2006). Si bien el trabajo de estos autores se realizó en otro país y con contextos territoriales diferentes al colombiano, no se tuvo acceso a trabajos de esta naturaleza para el caso específico de la floricultura en el país, ni tampoco para la región de la Sabana de Bogotá.

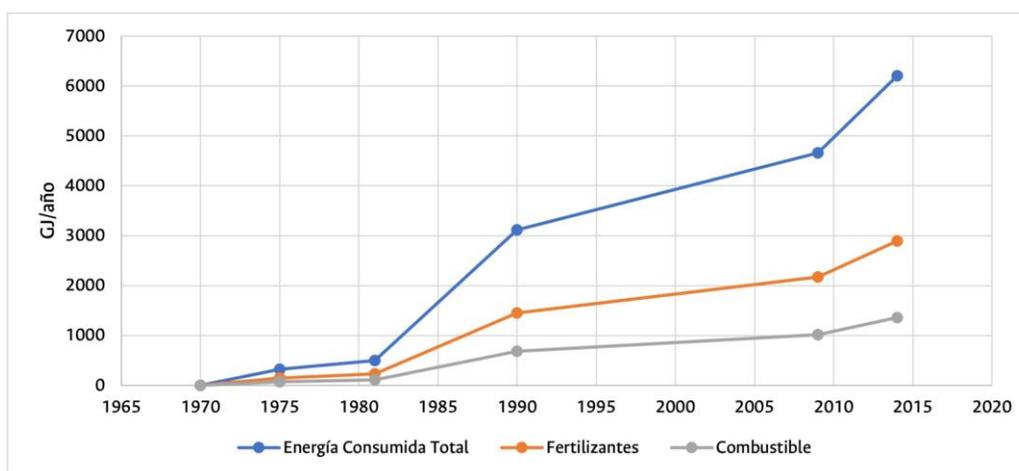
La Tabla 4-13, presenta los datos resultantes para la energía total asociada al cultivo de flores, a fertilizantes químicos y a combustible de estos cultivos en Suesca y Chocontá, de acuerdo con los datos del censo agropecuario de 2014. En la Figura 4-7, se utilizaron los datos reportados por diversas fuentes (DANE, 2010, 2016; Montañez *et al.*, 1994), para el área de los cultivos de Suesca entre 1970 y 2014, también presentados en la Figura 3-13, para calcular el contenido energético de los cultivos, los fertilizantes químicos y el combustible.

Tabla 4-13: *Contenidos Energéticos de los Cultivos de Flores en Suesca y Chocontá en 2014*

GJ/año	Chocontá	Suesca
Energía consumida total	170,96	6209,55
Fertilizantes Químicos	79,67	2893,65
Diesel	37,39	1358,03

Nota. Elaboración propia con base en datos reportados por Akbolat et al. (2006) y DANE (2016)

Figura 4-6: *Contenidos Energéticos de los Cultivos de Flores en Suesca entre 1970 y 2014*



Nota. Elaboración propia con base en datos reportados por Montañez et al. (1994) y DANE (2010, 2016)

Naturalmente, al aumentar las áreas sembradas, tanto en el caso del cultivo de papa como en el de flores, aumentaron los flujos energéticos asociados a estos cultivos, al igual que los flujos internos que circulan dentro del sistema, como la biomasa y, también, flujos externos al sistema como los combustibles, maquinaria o insumos químicos (fertilizantes y plaguicidas). Un factor relevante, en términos de la sustentabilidad del metabolismo de este SSET, es que estos flujos externos representan una importación significativa de flujos al sistema, lo que lo hace insustentable en términos energéticos, pues intensifica su dependencia hacia factores externos de producción que implican altos costos para el agricultor y que no se ven compensados por el precio del producto final, especialmente en el caso del cultivo de papa. Teniendo en cuenta la debilidad del ciclo informacional y los riesgos asociados a la materialidad del agua y al ciclo hidrosocial, esta condición de insustentabilidad no es únicamente relativa a la energía, sino a todas las categorías que componen el metabolismo territorial.

❖ *Trabajo Humano*

En el análisis energético que hace parte del metabolismo territorial, específicamente de los agroecosistemas, el trabajo humano es un factor esencial. Como se discutió en el primer capítulo, es, además, el concepto que fue definido en función del metabolismo social por Karl Marx, al ser considerado como el proceso básico de apropiación de la naturaleza por parte de la sociedad. Es a través del trabajo que los hombres y mujeres en sus entornos diarios han apropiado la naturaleza y la han transformado, poniendo en circulación flujos de agua, materiales, energía e información para desarrollar sus sociedades en diferentes momentos de la historia.

En el SSET de estudio, como se analizó en el tercer capítulo, las sociedades han coevolucionado de diversas formas con la base natural que las ha soportado, y ha sido partícipe del proceso de trabajo en diferentes intensidades, seguramente, con infinidad de motivaciones y sobre todo respondiendo a sus necesidades. Al ser este sistema de estudio predominantemente rural, el trabajo que han realizado sus habitantes ha sido el relacionado con procesos agrarios. Así mismo, este ha sido uno de los procesos que ha sufrido fuertes transformaciones con el paso del tiempo, especialmente, en lo relacionado con la consolidación de los sistemas productivos que se establecieron en este territorio en la segunda mitad del siglo XX y que, como se viene evidenciando, algunos de ellos se han intensificado y modificado profundamente después de los procesos de modernización agrícola y apertura económica.

Estos sistemas productivos, que hacen parte de los agroecosistemas que se detallan en esta sección, han requerido del trabajo humano como insumo clave para sus procesos y, por lo tanto, este ha sufrido,

también, modificaciones en los procesos de transformación que se han analizado. Si bien el trabajo humano, o mano de obra, es uno de los factores que ha buscado ser reemplazado con los procesos de industrialización, como lo detalla Urrego-Mesa (2021), en el entorno específico de este trabajo, los sistemas de producción que se consolidaron después de la difusión de los procesos de modernización e industrialización han continuado requiriendo mano de obra para sus procesos, este incluso ha sido un elemento clave para su consolidación, como es el caso de la floricultura y del cultivo de papa.

Si bien el concepto de trabajo da pie para un sinnúmero de análisis desde diversas miradas, en este caso, se hará una aproximación a la energía asociada al trabajo humano en el sistema productivo que mayor importancia reviste en términos energéticos y que mayor migración de mano de obra genera en la actualidad, el cultivo de papa. El equivalente energía-trabajo humano se reporta en diversas fuentes (Buitrago, 2014; Rodríguez, 2010; Urrego–Mesa, 2021); sin embargo Buitrago (2014) y Urrego-Mesa (2021) utilizan factores de conversión basados en contextos de otras latitudes. Por lo anterior y teniendo en cuenta la similitud con los contextos socioeconómicos y de producción con el trabajo de Rodríguez (2010) y que su trabajo se enfoca en el cultivo de papa, se utilizaron los valores reportados en este estudio para este sistema de producción. La Tabla 4-14 presenta los resultados de energía asociada al trabajo humano en el cultivo de papa, en los dos momentos de análisis, 1960 y 2014.

Tabla 4-14: *Energía Asociada al Trabajo Humano (GJ/año) en el Cultivo de Papa en 1960 y 2014 en el SSET*

Municipio	Trabajo humano (GJ/año)	
	1960	2014
Villapinzón	78,49	667,81
Chocontá	109,31	1.106,21
Suesca	34,56	269,95
Total	222,36	2.043,98

Nota. Elaboración propia con base en Rodríguez (2010)

Debido a que todos los requerimientos energéticos de los agroecosistemas se calculan a partir del área cultivada, es natural que, al aumentar esta, como ocurre en el período de análisis, se aumenten los flujos energéticos asociados a todas las entradas y salidas. En el caso del cultivo de papa, a pesar de los procesos de modernización, no se ha reemplazado en su totalidad la mano de obra por maquinaria y, en general, continúa siendo un proceso intensivo en trabajo humano. En este caso, se observa que la energía

asociada al trabajo humano aumenta casi 10 veces entre 1960 y 2014, al aumentar el área cultivada para la producción.

A pesar de lo anterior, los contextos sociales y los problemas que han rodeado al mundo agrario en el país, discutidos algunos en la sección 3.4, han generado que este trabajo humano se haya transformado. En 1960, por ejemplo, la mano de obra agraria correspondía principalmente a trabajadores de la región, como lo narra Fals Borda (2017), en el trabajo realizado en Chocontá, a diferencia del 2014, donde hay una alta migración de trabajadores de otros municipios de la región e incluso de otras regiones del país. La misma situación se evidenció desde la década del 90, en el trabajo de Bucheli (1995), en el que se hace referencia específicamente a la dinámica de la mano de obra en la producción de papa en el departamento de Cundinamarca y se destaca la alta tasa de migración. Este desplazamiento de trabajadores de otras regiones al SSET influye en el metabolismo del territorio, dinamizando los flujos de personas que entran y salen de este sistema, y, asimismo, las formas de apropiación de los espacios donde se realizan las actividades agrarias.

❖ *Consumo de Energía Eléctrica*

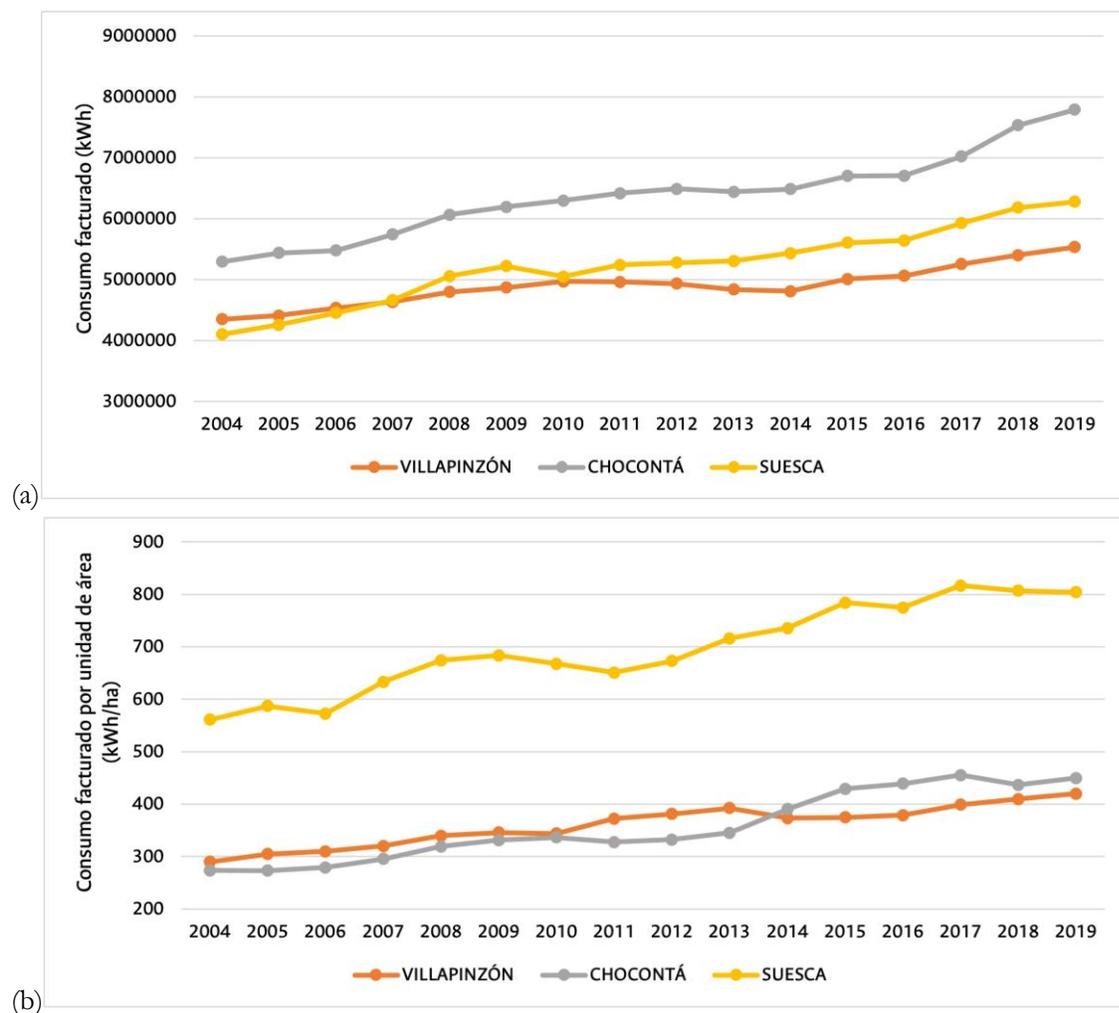
Con respecto a la energía eléctrica, principal forma de energía consumida en el SSET de estudio, se consultó la información de consumo disponible para los municipios que conforman el sistema. La generación y la provisión de energía eléctrica se realiza en lugares externos, y por parte de empresas privadas, lo cual es relevante en la débil conexión que tienen los actores sociales e institucionales con esta forma de energía. Esto se evidencia de mejor manera al integrarlo con el análisis del ciclo de la información realizado en la primera sección de este capítulo, en el que se observaron bajos niveles de conciencia y conocimiento acerca de las fuentes de energía del territorio, además de una baja formación de redes, pocas fuentes de información sobre energía y una toma de decisiones ajena a los actores locales.

La información brindada por la empresa de suministro de energía eléctrica clasifica el consumo en residencial y no residencial, y, en esta última clasificación, se distinguen las categorías de alumbrado público, comercial, oficial e industrial. En las dos clasificaciones de consumo, se diferencia la ubicación, si es rural o urbano, y también se utiliza la clasificación por estratos. Para los dos tipos, residencial y no residencial, se dispuso de información de consumo en el período comprendido entre enero de 2004 a mayo de 2020. Teniendo en cuenta que el análisis se realizó con base anual, se utiliza la información hasta diciembre de 2019. En el caso del consumo no residencial, únicamente se dispuso de la información de consumo diferenciada por categorías, desde el mes de noviembre de 2008, razón por la

cual, para el análisis de consumo por categoría, únicamente se analiza el período de tiempo entre los años 2009 y 2019.

Las Figuras 4-7 (a) y (b) presentan la información de consumos de energía a nivel residencial, en los tres municipios, entre 2004 y 2019, en términos absolutos (kWh) (a) y en términos relativos al área municipal (kWh/ha) (b). Con respecto al consumo residencial total por año, desde 2004 a 2019, Chocontá es el municipio que mayor consumo de energía reporta en términos absolutos (kWh). Por otro lado, Suesca es el municipio que reporta un consumo mayor por hectárea (kWh/ha), lo que ocurre porque el área de Chocontá (30 019.4 ha) es casi dos veces el área de Suesca (17 309.6 ha) (DANE, 2018).

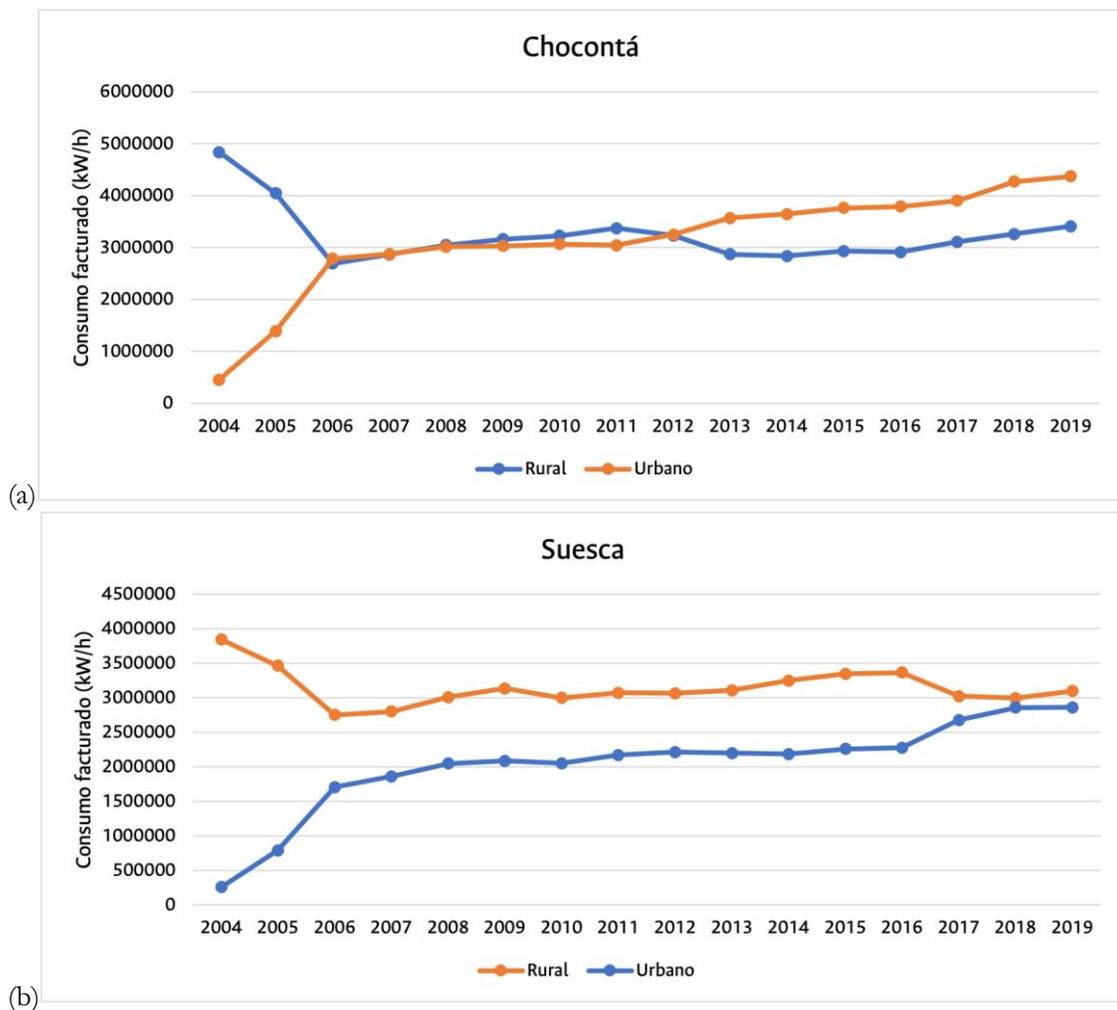
Figura 4-7: *Consumo Facturado de Energía Eléctrica Residencial 2004-2019*

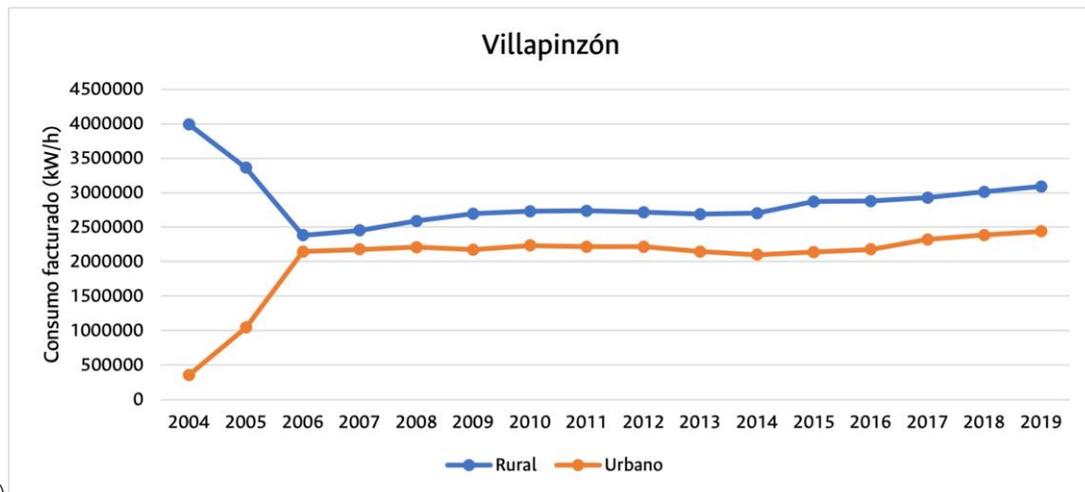


Nota. Elaboración propia con base en datos de consumo reportados por Enel-Codensa (a) kWh, (b) kWh/ha

Dentro del consumo de energía eléctrica residencial, se distingue la ubicación rural y urbana; en este sentido, los tres municipios presentan situaciones similares entre los años 2004 y 2006, donde decrece el consumo de energía rural y aumenta el urbano en proporciones similares, como se observa en las Figuras 4.8 (a), (b) y (c). En el caso de Chocontá, desde 2006 hasta 2010, el consumo rural se corresponde con el urbano, pero, a partir de 2012, el consumo de energía eléctrica en el sector urbano supera al consumo del sector rural. En los otros dos municipios, la situación es diferente a partir de 2006, puesto que el consumo de energía eléctrica residencial en la zona rural es mayor al consumo en la zona urbana durante todo el período de tiempo analizado.

Figura 4-8: *Consumos de Energía Eléctrica Residencial por Sector en cada Municipio 2004-2019*





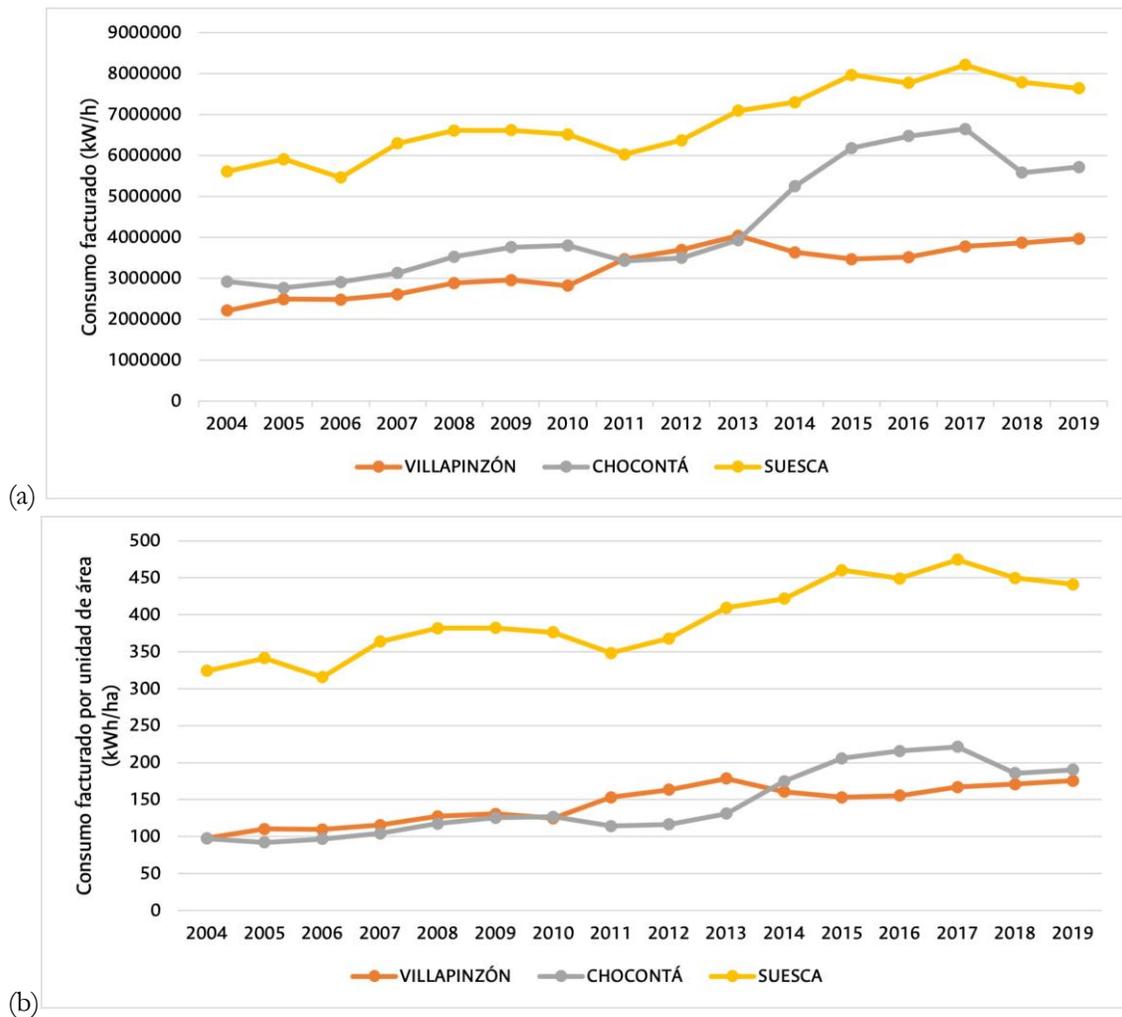
(c)

Nota. Elaboración propia con base en datos de consumo reportados por Enel-Codensa. (a) Chocontá, (b) Suesca, (c) Villapinzón

En el caso del consumo de energía eléctrica no residencial, el municipio de Suesca es el que reporta mayores consumos en todo el período de análisis (2004-2019), en términos absolutos y relativos al área municipal. En las Figuras 4-9 (a) y (b) se observa la marcada diferencia entre los consumos (en kWh y kWh/ha) de Suesca y los otros dos municipios que conforman el SSET de estudio. Al analizar las diferentes categorías de consumo no residencial (alumbrado público, oficial, industrial y comercial), en los tres municipios, la categoría que mayor consumo de energía eléctrica presenta es el sector industrial, como se muestra en las Figuras 4-10 (a), (b) y (c).

Llama la atención que la diferencia entre esta categoría y las demás se hace mucho más evidente en el municipio de Suesca, que presenta altos consumos de energía en la industria, pero valores mucho más bajos en los sectores comercial, alumbrado público y oficial, incluso, en comparación con los otros dos municipios. En el caso de Chocontá, el sector comercial presenta un consumo casi equivalente al industrial en el año 2009 y lo supera en los cuatro años consecutivos siguientes, hasta 2013. Entre 2014 y 2019, el consumo de energía en la industria supera al sector comercial. En este municipio, el consumo del sector oficial es el más bajo y se mantiene casi constante en el período de tiempo.

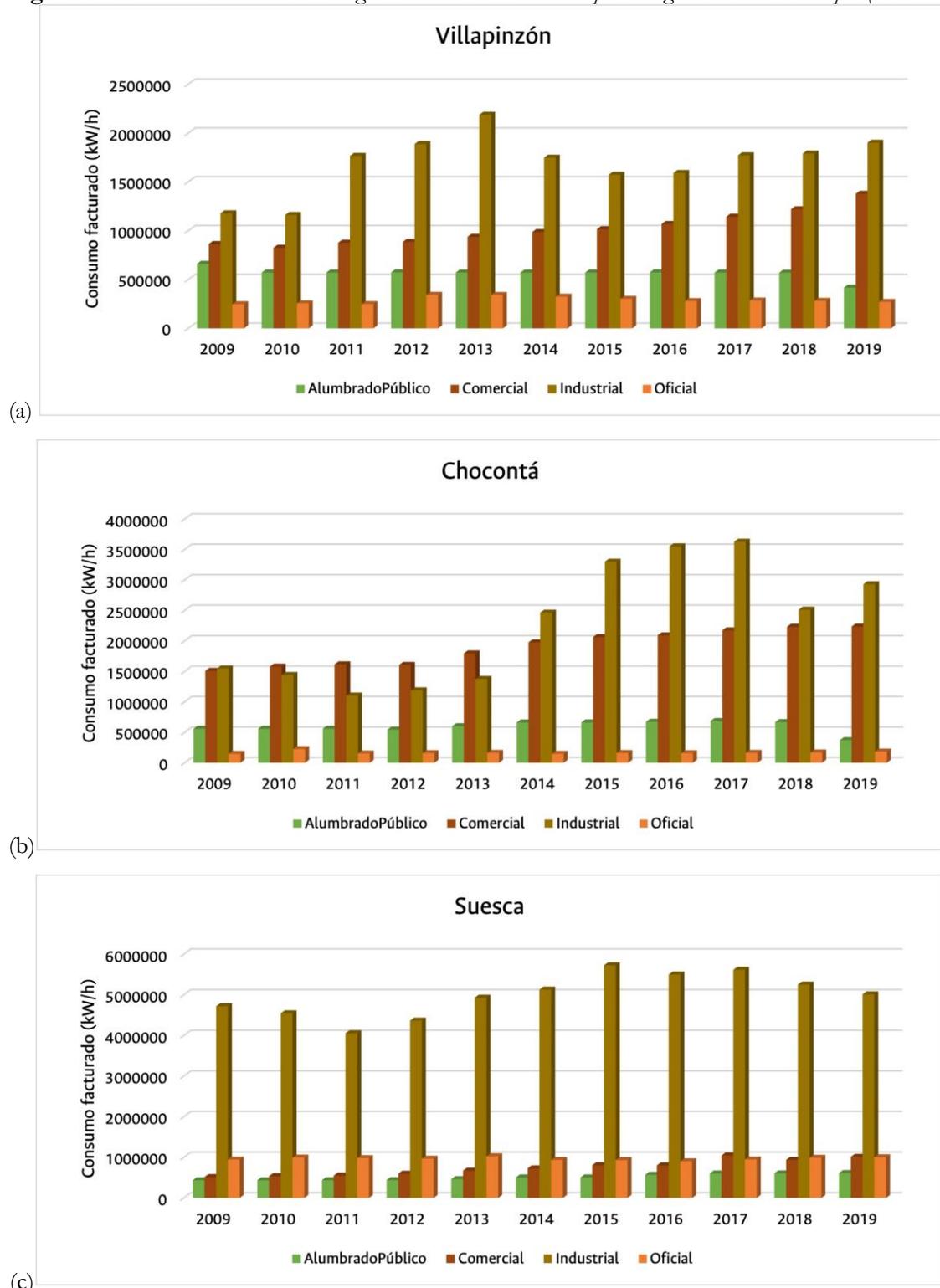
Figura 4-9: *Consumos de Energía Eléctrica No Residencial (2004-2019)*



Nota. Elaboración propia con base en datos de consumo reportados por Enel-Codensa (a) kWh, (b) kWh/ha

El municipio de Villapinzón también presenta valores importantes de consumo en el sector comercial; sin embargo, en ningún año supera al consumo de la industria que se mantiene como el valor más alto en todo el período de tiempo, especialmente en el año 2013, que es el valor más alto reportado. Suesca, a pesar de presentar valores más altos en el sector industrial, presenta consumos más bajos en los otros sectores, en comparación con los otros dos municipios, principalmente, en el consumo del alumbrado público, que es incluso más bajo que el consumo reportado por el sector oficial.

Figura 4-10: *Consumos de Energía Eléctrica No Residencial por Categoría en cada Municipio (2009-2019)*



Nota. Elaboración propia con base en datos de consumo reportados por Enel-Codensa

Las diferentes formas de energía analizadas en esta sección, permiten visualizar la complejidad de los flujos energéticos en el contexto del metabolismo territorial, y la importancia que reviste integrar a la energía en los ciclos informacionales, para contribuir a restablecer la conexión naturaleza-sociedad en un escenario de sustentabilidad. Lo anterior, implica el reconocimiento de las fuentes de energía y sus procesos de transformación, y de la relación inherente de la sociedad con su base natural, a través de estos flujos, en todas las etapas del metabolismo, desde la apropiación hasta la excreción. El análisis de las formas de energía y sus procesos de transformación también permite analizar y comprender los flujos energéticos en función de los límites de los sistemas de análisis, identificar los flujos internos y externos, comprender sus dinámicas y, así, poder pensar trayectorias más sustentables, que permitan optimizar los flujos internos y disminuir la dependencia de los externos, que son los que aumentan la vulnerabilidad, disminuyen la resiliencia, autoorganización y capacidad de adaptación y alejan al SSET de las trayectorias de sustentabilidad.

4.4.2 La Energía como Flujo Social

Una vez analizadas las formas de energía y los procesos de transformación, que intervienen en diferentes procesos humanos en el SSET, se analiza la energía como flujo social a través del concepto de paisaje energético, propuesto desde la geografía, en términos de la cualificación substantiva, espacial y temporal (ver numeral 2.5.2). De acuerdo con Pasqualetti y Stremke (2018), un factor direccionador de las transformaciones del paisaje, es la demanda de energía por parte de la sociedad, asociada, como se ha visto, a los diferentes sistemas humanos (domésticos, extractivos, productivos, entre otros) y, en este entendido, los autores proponen los paisajes energéticos como resultado de estas transformaciones.

Siguiendo esta línea, este tipo de paisaje se considera un concepto útil para el análisis energético en el metabolismo territorial. Los paisajes energéticos, de acuerdo con los autores, pueden ser analizados desde tres miradas o tipos de cualificación: una cualificación substantiva, que se constituye a partir de la identificación del tipo general de paisaje energético por fuente de energía dominante; una cualificación espacial, que se compone del análisis de la apariencia del paisaje energético; y una cualificación temporal, que está relacionada con el grado de permanencia del paisaje energético, si es relativamente dinámico o permanente.

❖ *Cualificación Substantiva*

Con respecto a la cualificación substantiva, con base en la información presentada en las secciones y capítulos anteriores, se puede hablar de dos formas predominantes de energía: la energía eléctrica y la biomasa. Si bien esta última, no suele ser reconocida como predominante entre los actores sociales e instituciones en el SSET, se considera que esta también es una fuente de energía esencial en el territorio, debido a la gran importancia de los agroecosistemas desde el punto de vista de las coberturas de la tierra, los ecosistemas principales, los ciclos del agua y los flujos de energía y procesos de transformación. Así pues, los principales paisajes energéticos del SSET por fuente de energía dominante son: el paisaje agropecuario, donde la fuente de energía es la biomasa y el paisaje energético en el que la fuente principal es la energía eléctrica.

Los elementos naturales y artificiales que interactúan en estos paisajes energéticos se muestran en las Fotografías 4-4 (a), (b) y 4-5 (a), (b). También, evidencian, en el caso de los paisajes eléctricos, que los elementos principales de esta forma de energía en el paisaje, las torres y líneas de transmisión, están en continua interacción con los paisajes agropecuarios, especialmente, con los pastos para ganadería y algunos parches de bosque.

Fotografías 4-4:

Paisaje Energético Eléctrico (Fuente de Energía: Eléctrica)

(a)



(b)



Nota: Fotografías de Leyla Cárdenas en la vereda Tausaquira, en Suesca

Fotografías 4-5:*Paisaje Energético Agropecuario (Fuente de Energía: Biomasa)*

(a)

(b)



Nota: Fotografías de Carolina Tobón-Ramírez en los municipios de Villapinzón y Chocontá

❖ *Cualificación Espacial*

En el paisaje agropecuario, la apariencia varía dependiendo del momento de los ciclos de producción, especialmente, en los cultivos de papa, pues, en la primera fase del ciclo, el paisaje suele tener el predominio del suelo desnudo, mientras que, cuando el cultivo está en crecimiento, la apariencia cambia y predomina el color verde intenso de las plantas. Cuando el ciclo está finalizando y se va a cosechar el producto, la apariencia del paisaje involucra otros elementos, como las personas que trabajan en la cosecha y los sacos en los que se recoge el producto final.

En el caso del paisaje pecuario, que se alterna con el de la producción agrícola, para conformar el paisaje agropecuario, la apariencia es más estable durante los ciclos de producción y, eventualmente, cambia en los momentos de abono y fertilización del suelo. También, se dan cambios en la apariencia del paisaje cuando las temperaturas bajan demasiado en época de heladas o, cuando las épocas de sequía son muy intensas, y la coloración de pasto cambia de verde oscuro a amarillo intenso. En los sistemas tecnificados de ganadería de leche, se cuenta con sistemas de riego, de manera que, en estas zonas, la apariencia se mantiene homogénea en cuanto a la coloración de los pastos.

En términos de los paisajes energéticos producidos por la electricidad, se entretajan diferentes escalas y niveles en su análisis. Este paisaje involucra elementos e infraestructuras como embalses y sistemas hidroeléctricos, que son fundamentales para dinamizar el paisaje energético, así no estén directamente dentro de los límites del sistema. Sin embargo, dentro del SSET, el paisaje energético asociado a la energía eléctrica solamente refleja una parte del proceso de suministro de energía, pues la transmisión, y

sus elementos fundamentales y responsables de su apariencia son las líneas de transmisión eléctrica y las torres que interceptan estas líneas desde la estación o subestación de generación, como las que se observan en las Fotografías 4.4 (a) y (b).

En el caso del SSET, particularmente en el municipio de Suesca, vale la pena destacar que durante unos años (2016-2020) se consolidaron redes de actores sociales con otros municipios de la región, para impedir la ejecución de un proyecto de ampliación de la red eléctrica en los territorios, que planeaba una subestación en el municipio de Gachancipá, a pocos kilómetros del límite del sistema de estudio y un mayor número de líneas de transmisión de energía de alta tensión en los municipios por donde pasa la red. Algunos de los actores, que se encontraban en desacuerdo con este proyecto, argumentaban la transformación del paisaje que traería la instalación de las torres y líneas de transmisión, además de los impactos y efectos socioecológicos que traería esta obra de infraestructura.

Esta situación conecta con las relaciones sociales que se tejen en el ciclo hidrosocial y energético y la materialidad y la tecnología, en este caso, no del agua, sino de la energía. Se puede argumentar, entonces, que las relaciones sociales y las orientaciones políticas e institucionales están directa e intrínsecamente relacionadas con la materialidad energética y la tecnología a través del paisaje energético. Por medio de la experiencia de resistencia en red, por parte de comunidades locales de municipios de la cuenca alta del río Bogotá, se puede entender cómo los actores sociales han fortalecido su consciencia, su conocimiento y se han creado redes internas y externas con otros actores y comunidades, para defender la permanencia de su paisaje energético actual. El paso a un nuevo paisaje energético implica otros elementos naturales y artificiales que producen nuevas configuraciones territoriales, transforman no solo la materialidad, sino las relaciones sociales y de poder que enmarcarían estos paisajes.

❖ *Cualificación Temporal*

Con respecto a la cualificación temporal, los dos tipos de paisajes energéticos, el agropecuario y el que corresponde a la energía eléctrica como fuente dominante, son paisajes permanentes, especialmente, este último. En el caso del paisaje agropecuario, su apariencia cambia en función de las dinámicas climáticas y de los ciclos de producción, aunque continúa siendo un paisaje permanente. El análisis multitemporal de coberturas de la tierra durante los períodos de análisis en la sección 4.2, es una evidencia de esta cualificación temporal para los paisajes agropecuarios como paisajes permanentes, en la medida en que las coberturas de la tierra de tipo agropecuario fueron predominantes durante todos los momentos de análisis. De igual manera, lo demostró el Mapa 3-4, correspondiente a los ecosistemas generales del SSET.

Teniendo en cuenta que se propone la biomasa como fuente predominante en el paisaje energético, esta idea permite reconocer a los bosques y ecosistemas, de igual manera, como paisajes energéticos, ya que en ellos, se almacena una fuente de energía esencial para la vida, ayudan a regular los ciclos de agua y los flujos de energía dentro de los SSET y, como se ha visto, la permanencia de estos paisajes tiene fuertes implicaciones para la sustentabilidad del metabolismo, es decir, para la sustentabilidad de la vida. La preocupación por esta última es también una preocupación energética, pues, como seres vivos, somos una expresión constante de transformaciones energéticas, expresiones del metabolismo en todos los niveles de organización, en la célula, los organismos, las poblaciones, los ecosistemas, en las sociedades y en los territorios.

4.5 Modelo Conceptual General de Metabolismo Territorial

Con base en el análisis realizado en las secciones anteriores sobre el ciclo de la información, las transformaciones de las coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial y las dinámicas energéticas en el SSET definido en el río Bogotá, se construye un modelo conceptual general de metabolismo territorial, cuyas interacciones tienen como interfase principal las coberturas de la tierra, en donde ocurren los procesos generales de metabolismo, apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción. En este modelo conceptual general de metabolismo territorial circula información a través de diferentes etapas, circula agua y fluye energía, se transforma y se disipa en todo el SSET.

Esos ciclos y flujos están en permanente interacción, tienen diferentes expresiones en el territorio, se conocen de diversas maneras, con la experiencia de vida, de habitar los territorios y, también, desde lo intelectual, que busca describir, explicar y comprender los fenómenos a través de diversas abstracciones de la realidad. Además, tienen expresiones en el nivel de las relaciones sociales entre individuos y con las diversas instituciones que se crean en la sociedad que, a su vez, tienen diferentes orientaciones políticas que pueden estar en la línea del bienestar común o pueden estar motivadas por intereses particulares o de algún sector de la economía.

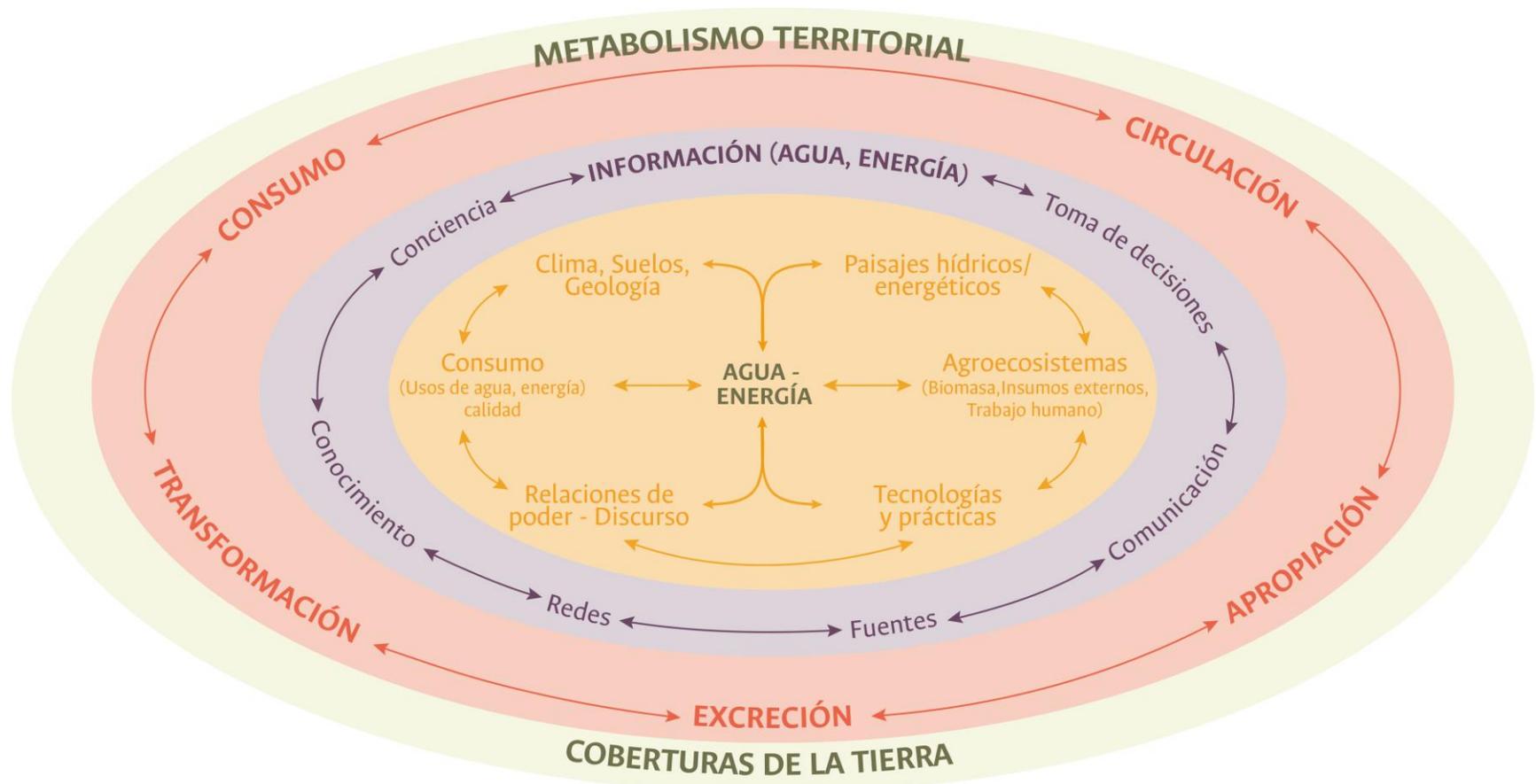
Toda esta red compleja de ciclos, flujos y relaciones configura territorios diversos en múltiples escalas espaciales y temporales. Estos múltiples territorios se expresan en los paisajes, coevolucionan transformándose uno al otro constantemente, retroalimentándose, autoorganizándose y, a través de estas interacciones, potencian capacidades esenciales para la sustentabilidad, como la capacidad de respuesta y la capacidad de adaptación, entre otras. Esta intrincada red de ciclos y flujos, que conecta a los sistemas naturales con los sistemas sociales, es la base de la vida, constituye el sustento material e inmaterial del

metabolismo territorial, por lo que romper estos ciclos y flujos configura una ruptura metabólica en la que la sociedad se desconecta de la base natural que sustenta la vida.

El modelo conceptual general propuesto de metabolismo territorial, que se presenta en la Figura 4-11, fue construido desde lo epistemológico, ontológico, teórico, conceptual y metodológico, como una herramienta integral para la interpretación y análisis de la sustentabilidad y, a su vez, representa una abstracción de la inmensa complejidad de esta red de ciclos y flujos con la que se busca una mayor apropiación social. De esta manera, diversos actores sociales e institucionales pueden aproximarse a la compleja realidad de su territorio sin abordar necesariamente toda la red de relaciones que se entretajan al integrar los ciclos de agua, los flujos de energía y de información en un marco metabólico territorial. Esta red compleja de relaciones entre los flujos físicos de agua y energía entre los subsistemas que componen el SSET de estudio se presenta en el Anexo E.

La construcción de este modelo se realizó a partir del análisis de un escenario como la cuenca alta del río Bogotá, específicamente de los municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca. Este río es un escenario estratégico para Colombia y es, además, un ecosistema que constituye el eje articulador de la estructura ecológica principal regional, que soporta la base natural del metabolismo de este territorio y, asimismo, los municipios que se encuentran cerca de su nacimiento son de importancia estratégica para la región central. La aplicación de la propuesta de metabolismo territorial en el SSET definido, permitió entender al río como el protagonista de una potencial crisis de sustentabilidad territorial, que se expresa en el ciclo de la información sobre agua y energía, en las coberturas de la tierra y en la integración del ciclo hidrosocial y las dinámicas energéticas desde la mirada socioecológica-territorial.

Figura 4-11: *Modelo Conceptual General de Metabolismo Territorial*



Nota. *Elaboración propia. Diseño realizado por Carolina Cortés Guzmán y María Jaramillo.*

La propuesta de metabolismo territorial se constituye como una alternativa de análisis integral no solo para el río Bogotá, sino para otros sistemas, en diferentes niveles y escalas temporales y espaciales, que puedan ser definidos en función de criterios socioecológicos-territoriales, relacionados con los ciclos de agua, de información y con las diversas formas de transformación de energía que se interrelacionan en un SSET. Este estudio busca contribuir desde este escenario de análisis y espera ser de utilidad para el estudio de la sustentabilidad con enfoque territorial a nivel nacional, regional y local.

4.5.1 Categorías de Análisis de Sustentabilidad basadas en el Metabolismo Territorial

A partir del estudio realizado para los municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca en la cuenca alta del río Bogotá y del modelo general de metabolismo territorial propuesto en la sección anterior, se presentan unas categorías de análisis de sustentabilidad que surgen de la integración de los siguientes elementos: la mirada socioecológica-territorial, las transformaciones socioecológicas, las configuraciones territoriales, la circulación de información y agua y la transformación de energía en un sistema socioecológico-territorial definido. Estas categorías, que emergen del análisis integral a un escenario complejo, buscar generar mayor acercamiento a los actores sociales e institucionales y pueden ser la base de futuros estudios que generen un índice de sustentabilidad territorial (IST), que pueda interpretar y analizar información histórica y actual, proveniente de SSET definidos y evaluar diferentes escenarios de futuro.

Esta propuesta de base para un IST se construye en función de categorías y subcategorías, como lo muestra la Tabla 4-15. La categoría *naturaleza* se compone de las subcategorías de agua, suelo, energía y ecosistemas, y la categoría *sociedad*, se compone de las subcategorías de información, instituciones, actores sociales y economía. A pesar de que estas categorías se presentan separadas por razones metodológicas, y que podrían sugerir una simplificación de la compleja realidad que ya se ha analizado, tanto las categorías como las subcategorías están interrelacionadas, como se evidencia en la Figura 4-11. Cada una de estas subcategorías puede ser evaluada en un momento de tiempo específico, a través de una escala cualitativa. En los casos en los que se disponga de información cuantitativa suficiente para dar una evaluación de esta naturaleza, se pueden construir para estos indicadores rangos de valores y reclasificarlos de manera cualitativa.

De esta manera, es posible definir escalas de evaluación *bueno-regular-deficiente* o *alto-medio-bajo* y cada una de ellas suma diferentes puntos y podría tener diferentes pesos en la evaluación final. La ponderación de los indicadores podría ser realizada por los actores sociales o institucionales que utilicen la herramienta. De esta manera, la combinación de valores otorgados a los indicadores daría como

resultado un índice que sería una manera de interpretar y analizar la sustentabilidad de un territorio, con base en los elementos y relaciones que componen su metabolismo.

Tabla 4-15: *Categorías de Análisis de Sustentabilidad basadas en Metabolismo Territorial*

SISTEMA SOCIOECOLÓGICO-TERRITORIAL	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD TERRITORIAL	
	CATEGORÍAS	Subcategorías
Naturaleza		Agua
		Suelo
		Energía
		Ecosistemas
Sociedad		Información
		Instituciones
		Actores sociales
		Economía

Nota. Elaboración propia

La escala de esta sustentabilidad territorial es alta, media o baja y, se propone de esta manera, para que pueda ser mejor recibida y apropiada por los actores sociales e institucionales con la información de la que se disponga, bien sea la suma de estudios de base científica o, bien sea por la experiencia de habitar el territorio. En el Anexo E se presenta una propuesta de indicadores para evaluar cada una de las subcategorías definidas partiendo de una ponderación equitativa para cada indicador y un ejercicio preliminar de evaluación para el SSET de estudio que dio como resultado una sustentabilidad territorial media con un valor de 39 sobre 100, (de 0 a 26 corresponde a una sustentabilidad baja, 26 a 52 a una sustentabilidad media y de 52 a 100 una sustentabilidad alta). El escenario ideal para la apropiación y aplicación de esta herramienta es la construcción colectiva de conocimiento para tomar decisiones que permitan conducir a los SSET por trayectorias sustentables y, es por esto, que este modelo busca ser una herramienta para el ejercicio de la ciencia abierta y participativa, que permita construir conocimiento colectivamente y tomar decisiones para el bienestar común.

5. METABOLISMO TERRITORIAL Y SUSTENTABILIDAD.

Este capítulo discute sobre el modelo propuesto de metabolismo territorial (MT), como modelo integral de interpretación para la sustentabilidad, y la manera cómo este modelo responde a los objetivos planteados en la investigación. De acuerdo con el modelo conceptual general presentado en la Figura 4-11, en la primera sección de este capítulo, con base en los capítulos 3 y 4, se interpretan y discuten los procesos generales de MT en el río Bogotá y el ciclo de la información entre actores e instituciones sobre el agua y la energía en el territorio.

Este análisis corresponde con el marco transversal de interpretación al que, posteriormente se integran las demás categorías del modelo conceptual, el agua, la energía y las coberturas de la tierra, como interfase de todas las demás categorías y procesos. Siguiendo esta línea, la segunda parte de este capítulo discute las categorías de coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial y los flujos de energía, en función del escenario histórico y actual. Finalmente, una tercera sección presenta unas consideraciones finales sobre escenarios de futuro que permitan imaginar caminos más sustentables que superen la potencial crisis de sustentabilidad territorial a la que se enfrenta el SSET en la actualidad.

5.1 Procesos Generales de Metabolismo Territorial y el Ciclo de Información

El primer proceso general del metabolismo territorial que refleja un primer paso de la relación intrínseca naturaleza-sociedad es la apropiación, un proceso que no se realiza sobre elementos aislados, sino sobre ecosistemas, elementos naturales más las relaciones entre estos. Estos sistemas naturales, como se ha argumentado durante esta investigación, constituyen el soporte material del sistema social y económico, por lo que la forma cómo se apropian estos sistemas es esencial para la sustentabilidad. Una apropiación sustentable implica el reconocimiento de los sistemas que son apropiados, sus características, elementos y relaciones fundamentales (biogeofísicas, ecológicas, climáticas), de las potencialidades de esos sistemas en función de sus límites y umbrales y de la optimización del proceso de apropiación, obteniendo el

máximo flujo material y energético con el mínimo esfuerzo, sin poner en riesgo la capacidad de renovación de estos sistemas (González de Molina y Toledo, 2014).

En una apropiación sustentable, es relevante la unidad que se apropia, pero igualmente lo son quien o quienes realizan el proceso, que son finalmente los que lo harán de una manera sustentable, quienes reconocerán las características y relaciones, las potencialidades y límites y optimizarán su forma de apropiación. En el escenario de análisis del SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca, un elemento que llamó la atención en cuanto a la apropiación sustentable en el metabolismo territorial, es la tenencia de la tierra, reconocida por algunos de los actores como una de las causas de los problemas relacionados con el abastecimiento de agua, especialmente, en relación con los nacimientos o fuentes y a los ecosistemas que generan ese beneficio para la población.

En algunos casos, las alcaldías municipales que conforman el SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, han podido adquirir algunos terrenos en donde se encuentran los ecosistemas que proveen el agua, generalmente, ubicados en las partes altas y, en estos casos, la apropiación se realiza de una manera relativamente sustentable, teniendo en cuenta los factores mencionados. No obstante, la situación no es igual para todas las fuentes de agua superficiales o subterráneas, ni para todas las asociaciones rurales de agua o acueductos veredales, que enfrentan, en ocasiones, problemas con los propietarios de estos predios y no tienen la capacidad ni recursos para adquirirlos.

Como se discutió en capítulos anteriores, especialmente en los numerales 3.3 y 4.3.2 (actores sociales y relaciones sociales), los grandes propietarios, que, por lo general, no son habitantes de los territorios, explotan la tierra expandiendo la frontera agropecuaria hasta el límite máximo con los nacimientos, exponiéndolos a deforestación y contaminación. En otras ocasiones, no se respetan los límites y se invaden estos sistemas estratégicos, realizando, además, malas prácticas agropecuarias que implican un alto riesgo de contaminación. Cuando estos grandes propietarios no son quienes realizan actividades en sus predios, arriendan los terrenos a grandes productores que, por lo general, tienen una dinámica de rotación de un espacio a otro en la región. En esta estrategia, no hay un sentido de pertenencia por el territorio, ni prácticas sustentables de apropiación relacionadas con el manejo del suelo, del agua o de los bosques, mucho menos, reconocimiento de límites, potenciales o procesos de optimización sustentables.

Si bien no se puede asegurar que los medianos o pequeños productores apropien de manera sustentable los ecosistemas en todas sus actividades, tienen un mayor sentido de pertenencia por su territorio y los

critérios de apropiación no se orientan únicamente por la rentabilidad económica. El trabajo de González (2016), encontró que los arrendatarios de terrenos para cultivos de papa realizan procesos intensivos para sacar dos cosechas al año y, precisamente, tienen como único objetivo la rentabilidad, mientras que los propietarios de los terrenos, algunos de ellos habitantes locales, realizan un ciclo anual de producción, rotan con pastos, destinan parte de la cosecha para el autoconsumo y se preocupan por la protección del suelo y el agua, realizando otras prácticas más sustentables, como el establecimiento de cercas vivas.

En este sentido, vale la pena vincular los procesos del ciclo de la información relacionados a la conciencia y al conocimiento, porque son procesos que requieren fortalecimiento, en el sentido en que las poblaciones que apropian los ecosistemas deben reconocer las dinámicas ecológicas, climáticas, biogeofísicas y, así, podrán reconocer los límites y potenciales de los sistemas naturales que habitan, para poder optimizar sus actividades sin afectar su propio sustento material. La generación de conciencia y conocimiento de estas dinámicas puede llegar por procesos pedagógicos integrales, que les devuelvan a los pobladores el conocimiento que tenían sus ancestros, quienes conocían los ritmos naturales, gracias a un agudo proceso de observación. El fortalecimiento del ciclo de la información con respecto al agua y a la energía, podría dinamizar procesos de apropiación más sustentables que permitan que las poblaciones puedan desarrollarse, sin afectar la capacidad que tiene la base natural que habitan, de sustentar la vida, es decir, sin afectar su sustentabilidad.

En términos de los procesos de circulación y consumo, tanto de flujos de agua como de energía, una transformación importante está relacionada con el cambio tecnológico, especialmente en la década de los 80 con la construcción de infraestructura para el manejo de agua a nivel municipal. La infraestructura relacionada con los acueductos, sistemas de conducción, tratamiento y distribución generó cambios importantes en el consumo y en la circulación, no solo por parte de las comunidades locales, sino también de los agricultores.

En el caso de Suesca, por ejemplo, lo anterior se evidenció en una conversación con el técnico de una planta de potabilización, en la que él resaltaba que una vez construido el sistema de acueducto que capta, trata y distribuye agua desde el río Bogotá al casco urbano y cinco veredas del municipio, se aumentó el área para cultivos de papa en las zonas donde se construyeron algunos de los tanques de almacenamiento y distribución. Estos productores ya contaban así con mejor acceso a agua para sus procesos productivos, a pesar de que esta agua no estaba pensada para ser usada de esta manera. Asociado a este incremento en los flujos de agua, están los flujos de energía eléctrica, al ser necesarios para el funcionamiento de toda esta compleja tecnología para el manejo de agua. Se suma a estos incrementos,

el aumento de flujos de energía provenientes de los insumos químicos, la maquinaria y la mano de obra, y el consumo de energía eléctrica asociado a los incrementos en el área de producción agrícola y en el sector floricultor. A la vez, el crecimiento de los cultivos altera la dinámica energética de la biomasa, reduciendo su acumulación a través de los bosques y la pérdida de cobertura vegetal asociada a ellos y aumentando la entrada de flujos energéticos externos al sistema, asociados al paquete tecnológico de producción.

Además de la dinamización generada por la construcción de infraestructura de agua, los procesos de intensificación agropecuaria y la consolidación y crecimiento de la agroindustria de las flores han generado incrementos significativos en la circulación de flujos de agua y de energía, para satisfacer los requerimientos de estos sistemas productivos. El incremento en la demanda de agua y energía de estas actividades ha implicado una fuerte presión en las fuentes de agua y energía (apropiación) y, a la vez, una presión sobre los ecosistemas que reciben las aguas que se generan en estos procesos, ya sea de manera directa sobre fuentes superficiales, como las quebradas o el río, o de manera difusa, en el suelo (excreción), mostrando así la interdependencia de todos los procesos metabólicos.

El aumento en la circulación de flujos por la consolidación de estos sistemas productivos no ha sido únicamente de flujos físicos de agua y energía, sino también de flujos sociales, como se evidenció en el tercer capítulo, con el crecimiento demográfico y los procesos de migración campo-ciudad y ciudad-campo. La crítica situación del sector agrario, discutida en la sección 3.5, desincentivó la producción agraria y generó una disminución de mano de obra en la agricultura y su consecuente migración a espacios urbanos, buscando nuevas oportunidades de empleo. No obstante, como también se evidenció en esta sección, la consolidación de la floricultura y los procesos de desplazamiento interno en el país, dinamizaron la migración hacia estos espacios rurales en busca de empleo en los cultivos de flores o en la actividad ganadera, que también ganaba fuerza. En las últimas décadas, la población neorrural que ha migrado de la ciudad al campo, también ha sido un factor importante en la circulación de flujos sociales, con consecuencias tanto positivas como negativas para la población local.

La circulación y el consumo son etapas críticas en el metabolismo territorial, y, especialmente, el patrón de consumo es determinante para los demás procesos metabólicos. Un alto consumo deriva en una intensiva apropiación de ecosistemas, unos procesos drásticos de transformación socioecológica inherentes en función de esos patrones de consumo y, así, unos altos niveles de circulación y, por lo tanto, de excreción. Las transiciones socioecológicas en la historia de la humanidad han implicado cambios graduales, pero drásticos, en los modelos de consumo de agua, materiales y energía con patrones

crecientes a nivel global (Haberl *et al.*, 2011), que se expresan en el SSET de estudio a nivel local, crecimientos que se evidenciaron en el capítulo anterior.

Es necesario un cambio en los patrones de consumo para poder disminuir la presión en la apropiación de los sistemas naturales y los altos niveles de circulación que implican estos modelos. Con miras a la sustentabilidad es esencial repensar, también, formas de optimizar esta circulación de flujos, intentando cerrar los ciclos de agua y materiales, para disminuir los flujos de excreción. De acuerdo con Haberl *et al.* (2021), “una transformación hacia la sustentabilidad requiere un cierre de ciclos materiales y recursos no renovables, patrones de uso compatibles con la preservación de la biodiversidad y esfuerzos para mantener o incrementar los stocks de carbono en la biota y en el suelo” (Trad. Propia) (p. 2). Por esto es relevante que los escenarios de futuro incluyan la recuperación de los suelos degradados y la restauración ecológica, para aumentar la cantidad de biomasa interna del sistema y acumularla como un *stock*, biomasa que como se evidenció en el capítulo anterior, es significativamente más alta en las áreas de bosque que, a su vez, junto a otros ecosistemas, constituye el sustento del metabolismo territorial.

Es necesario enfatizar que los procesos de transformación son inherentes a los cambios asociados a la apropiación, circulación y consumo, de manera que el cambio drástico en la producción agropecuaria en el SSET de estudio, generado por el proceso de modernización agrícola y la apertura de la economía a partir de los años noventa, ha sido uno de los factores que más ha contribuido a la fractura en el metabolismo territorial y que más ha afectado la sustentabilidad territorial. Como se evidenció en los capítulos 3 y 4, esta ruptura metabólica fue dinamizada por las importaciones de cereales como trigo y cebada, que desincentivaron la producción local y la consiguiente homogenización de la producción agrícola a papa y su paquete tecnológico intensivo en maquinaria e insumos externos. También, a la consolidación del ganado vacuno para producción de leche, desincentivando el ganado ovino para la producción de carne y lana. Las dinámicas que impulsaron estos cambios, si bien fueron externas al SSET, como se vio en el capítulo 3, influenciaron este cambio agropecuario a nivel interno y acentuaron el quiebre de los ciclos hídricos, materiales y energéticos, afectando a los ecosistemas que funcionan gracias a estos ciclos, proveen los insumos y reciben los flujos de excreción de este metabolismo territorial.

Este cambio drástico en los agroecosistemas a nivel municipal no solo ha transformado la materialidad del sistema, sino también su inmaterialidad. Esta situación es especialmente evidente con la llegada de la floricultura al municipio de Suesca, en el sentido de la transformación de las relaciones familiares, especialmente el rol de la mujer en el hogar al comenzar a trabajar fuera de él. Además de la agroindustria de las flores en este municipio, la crisis agraria ya mencionada, que ha afectado al sistema en su conjunto,

también transformó las dinámicas de la agricultura familiar y de subsistencia y, generó, la migración del trabajo agrario a otras clases de empleo para la población rural, en industria, construcción, vigilancia y otros servicios. Si bien aún se conserva, en cierta medida, la producción de autoconsumo y las prácticas rurales, estas dinámicas económicas externas transformaron, también, la identidad campesina de los pobladores de esta región.

Todos estos factores internos y externos, que han direccionado los cambios en el SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, y que han dinamizado el ciclo metabólico desde la apropiación hasta la transformación, han determinado los procesos de excreción, es decir, de salida de los flujos físicos después de realizadas las actividades o procesos. El crítico proceso de excreción en el río Bogotá es evidente en el caso del agua, por la mala calidad de vertimientos que recibe el SSET, no solo en su eje articulador, el cauce central del río, sino en las corrientes hídricas superficiales y subterráneas que conforman toda la estructura hídrica territorial. No obstante, en términos energéticos también hay flujos de excreción en términos de la energía disipada en todos los procesos realizados.

Estos flujos de energía disipada están en función de los altos flujos energéticos externos, que llegan por insumos y maquinaria para los agroecosistemas y de provisión de energía eléctrica. Adicionalmente, como lo evidencia el trabajo de Buitrago (2014), hay unos flujos energéticos disipados en la pérdida de cobertura vegetal y materia orgánica de suelo por erosión, procesos que fueron evidenciados en el SSET de estudio. Estas dinámicas exacerban los procesos de evaporación, al perder los almacenes de energía (bosques y suelos), e incrementan los flujos de energía que se están disipando por fuera del sistema. Fenómenos como estos afectan negativamente las dinámicas ecológicas de los ecosistemas gracias a las cuales tienen la capacidad de sustentar la vida, es decir, que son fenómenos que están afectando negativamente su sustentabilidad.

Como se ha visto a lo largo del trabajo, el metabolismo del territorio no se compone solo de una base material que sustenta la vida, sino que también, se compone y se soporta en una base social y una inmaterialidad, flujos intangibles como la información, que fluye entre uno y otro individuo, entre una y otra organización social. Es por esto que el hecho de tener un ciclo débil de información desde la conciencia hasta la toma de decisiones, como se evidenció en la sección 4.1, constituye una amenaza para la sustentabilidad. Denota, también, la desconexión entre los actores y entre los actores y las instituciones y entre este conjunto de relaciones sociales y la naturaleza, al no ser consciente, no conocer, no comunicarse, no formar redes, no tener buenas fuentes de información y no tomar decisiones que propendan por el bienestar colectivo y el cuidado del sustento de la vida. Esta desconexión es justamente lo que conduce al SSET hacia escenarios de insustentabilidad, no solo por afectar la base natural que

soporta la vida, sino por que debilita el armazón inmaterial que, también soporta al metabolismo del territorio a lo largo del tiempo.

Por lo anterior, para construir escenarios de sustentabilidad, es necesario fortalecer también todos los procesos del ciclo de la información analizados, reconectar a los actores entre sí, a los actores con las instituciones y a todo este conjunto de relaciones sociales con las dinámicas del sistema natural que soporta su estructura ecológica principal. Durante los intercambios realizados en el campo con los diferentes actores sociales, se enfatizó en una falta de conocimiento situado sobre el agua y la energía, aplicado a sus contextos locales. Este conocimiento debe construirse colectivamente, reconociendo las dinámicas propias del territorio y articulando estas dinámicas con los ciclos y flujos naturales de agua y energía. Especialmente la energía es un concepto muy abstracto para los actores sociales, pero con el intercambio de conocimiento científico y conocimiento local se pueden establecer estas relaciones y lograr que los individuos y la sociedad se reconecten a las dinámicas hídricas y energéticas de su base natural.

Otra de las etapas del ciclo informacional que es relevante en los escenarios de sustentabilidad es la formación de redes, redes como patrones de organización de los sistemas (Capra y Luisi, 2014). Fortalecer estas redes implica robustecer las relaciones sociales y, con miras a construir sistemas sustentables, es preciso que además de las redes alrededor del uso del agua o la producción agropecuaria, se fortalezcan las redes que propendan por la restauración ecológica, la conectividad de los ecosistemas en conexión con la producción agroecológica, las redes de huertas ya existentes, las reservas naturales y las redes que buscan establecer corredores de conservación, entre muchas otras.

Algunas de estas redes sociales se conforman solo por habitantes locales, pero también con población neorrural que ha llegado a estos espacios y busca compartir e intercambiar su conocimiento con la población local, intercambios que son relevantes en la construcción de escenarios de sustentabilidad territorial. Estas ideas encuentran consonancia en la propuesta de Delgado Ramos (2015, p. 85), quien plantea la relevancia de la coproducción de conocimiento en los estudios de metabolismo social, no solo para robustecer los diagnósticos, sino también para la búsqueda de trayectorias de transición a través de consensos, que se orienten hacia territorialidades más justas y resilientes.

Para finalizar, con respecto a la debilidad expresada en cuanto a la conexión de las fuentes de información y herramientas de planeación con los espacios locales y sus pobladores, es preciso recuperar también estas interacciones y fortalecer la institucionalidad a nivel territorial. Las decisiones locales se toman en la actualidad desde espacios centralizados que no tienen verdadero conocimiento de los

contextos sobre los que se están tomando decisiones por lo que los planes y proyectos que se construyen para los escenarios de futuro, no están respondiendo a las necesidades de la población local. Este factor contribuye, además, a que los municipios pierdan autonomía sobre las decisiones que afectan directamente sus territorios y esto, también, afecta su sustentabilidad.

5.2 Coberturas de la Tierra, Ciclo Hidrosocial y Flujos de Energía en clave de Sustentabilidad

Una vez analizados los procesos metabólicos de apropiación, circulación, consumo, transformación y excreción junto a las etapas del ciclo informacional, se analizan en esta sección, las categorías de coberturas de la tierra, ciclo hidrosocial y flujos de energía en clave de sustentabilidad. Esta interpretación para la sustentabilidad se realiza con base en los resultados presentados en el capítulo 4, en las secciones 4.2, 4.3 y 4.4, en donde se presentaron los cambios en las coberturas de la tierra, de la oferta natural de agua en cuatro momentos de análisis y los cambios en los flujos de energía (biomasa, insumos externos, trabajo humano) en dos momentos entre la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. En el caso del flujo energético eléctrico, la información se encontraba disponible a partir del 2004 y 2009 hasta el período actual.

En primera instancia, los cambios analizados en las coberturas de la tierra mostraron poco dinamismo a nivel regional y, en general, una predominancia de coberturas de tipo agropecuario cercana al 80%, con una baja presencia de coberturas naturales en todos los momentos de análisis que corresponde aproximadamente al 18%. En términos de sustentabilidad, es preocupante la tendencia a la disminución de coberturas de tipo natural que se presenta en todo el período de tiempo, pero, en particular, en la última década, pues como se ha reiterado en varias ocasiones durante el documento, estas coberturas y sus relaciones son las que estructuran la base material del SSET en su conjunto. Adicionalmente, estas coberturas naturales, aun representando bajos porcentajes respecto al área total, como se mostró en las secciones 4.3 y 4.4, configuran las reservas de agua (superficial y subterránea) y de energía en forma de biomasa, esenciales para la capacidad de respuesta y de adaptación del SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca a los fenómenos perturbadores que puedan presentarse y para poder dar respuesta a estos cambios, sin alterar sus funciones ecológicas y, así, los beneficios ecosistémicos que ofrecen a la población.

Un factor adicional de gran importancia con respecto a las coberturas de la tierra, que se integra con los ecosistemas generales presentes en el SSET (Mapa 3-4), es la falta de conectividad de los ecosistemas en esta área. Por una parte, hay una fuerte presión a las coberturas naturales existentes en las partes altas

del sistema por actividades agropecuarias, un deterioro y gradual pérdida de quebradas y bosques de galería, que deberían conectar las partes altas con el cauce central y, finalmente, una ocupación de las llanuras aluviales por empresas de curtido, cultivos de flores y ganadería de leche, zonas que están siendo amenazadas por el proyecto de adecuación hidráulica de la autoridad ambiental. En este escenario, se evidencian dificultades para que la EEP del sistema pueda responder en el futuro a los eventos extremos que pueden ocurrir, a raíz de los cambios climáticos a nivel global y de los fenómenos de variabilidad climática a nivel regional y local.

En el caso del ciclo hidrosocial, el análisis sobre la materialidad del agua invita a considerar tres aspectos centrales: la disponibilidad, la demanda y la calidad. En el primero, los datos presentados indican que el SSET en su conjunto se ha soportado principalmente de la franja oriental del páramo de Guacheneque; sin embargo, presenta reducciones importantes en las zonas occidentales y, especialmente, en el municipio de Suesca, que presenta muy poca (casi nula) cobertura natural y, además, baja disponibilidad de agua y zonas de déficit hídrico. Lo anterior, sumado a una demanda creciente de todo tipo de actividades (domésticas, industriales, agropecuarias y agroindustriales) y de vertimientos constantes de aguas contaminadas al suelo y a las corrientes de agua, acentúa la presión sobre el conjunto de ecosistemas remanentes y, en el futuro, la disponibilidad con la que se cuenta en la actualidad puede verse seriamente afectada, no solo por cantidad, sino por calidad.

Si bien es cierto, como lo mostró la aproximación al balance oferta-demanda, el SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca aún se abastece a sí mismo de agua, a pesar de los altos consumos de ganaderos, cultivadores de papa, curtidores y floricultores y del incremento en la población. Esto no significa que el sistema pueda sostener esta tendencia en el futuro, teniendo en cuenta la fuerte presión que se está ejerciendo en todo el sistema. Aún no ha sido necesario importar agua de otra cuenca al sistema en su conjunto, como es el caso de la ciudad de Bogotá; sin embargo, ya han sido necesarias transferencias de agua al interior de los territorios (de la zona urbana a algunas veredas), como es el caso de Chocontá, debido a la afectación de nacimientos de agua que abastecían a estas veredas, principalmente, por la expansión agropecuaria. De los tres municipios, el único que no presenta problemas de escasez agua en tiempo seco es el municipio de Villapinzón, al tener en sus fronteras un área importante de ecosistemas estratégicos en buen estado de conservación. No obstante, al no contar con herramientas ni mecanismos efectivos para la protección de estos, los escenarios de cambio climático se configuran como escenarios de alto riesgo (Espitia, 2020c).

El análisis de flujos energéticos realizado permitió identificar algunos factores que amenazan la sustentabilidad de los territorios. Por un lado, está el cambio agropecuario, que derivó en una

homogenización de la producción agrícola hacia el cultivo de papa, que implica una gran dependencia de flujos de energía externos, dados los altos niveles de consumo de insumos y de mecanización, propios del modelo de producción, y, también, una gran dependencia de la comercialización de un solo producto agrícola que, continuamente, presenta grandes desafíos por factores internos y externos al sistema. Otro factor de interés es la intensificación a nivel pecuario, dado el aumento en el número de animales, especialmente de ganado bovino lo que genera, también, altos flujos externos de energía por el concentrado y medicamentos para los animales y, además, por la presión sobre coberturas naturales ocasionada por los pastos.

Adicionalmente, este aumento en la cabaña ganadera aumenta los procesos de compactación del suelo, interrumpiendo el ciclo natural del agua, en la medida en que se afecta la infiltración y escorrentía, y se aumenta la evaporación. En este sentido, se evidencia la estrecha relación entre el ciclo del agua, los flujos de energía y los sistemas productivos que se han consolidado en la región. Finalmente, tanto los procesos agrícolas como pecuarios presionan fuertemente los sistemas naturales, aumentando los flujos externos que, a su vez, se traducen en mayores flujos de excreción (agua residual o energía disipada) que, en cualquier caso, deben ser soportados por el mismo SSET.

El caso de la floricultura, como se ha mencionado, a pesar de que no representa un alto porcentaje de superficie con respecto al área total, tiene fuertes implicaciones en términos hídricos y energéticos, no solo por los altos consumos de energía eléctrica que implican, sino también por el cambio en las coberturas vegetales a plástico y por los altos consumos de agua y vertimientos, en su mayoría difusos, de agua residual. Además de afectar los flujos físicos hídricos y energéticos, los anteriores aspectos influyen de manera importante en el ciclo hidrosocial al afectar las dinámicas familiares y las relaciones sociales, que se traducen en transformaciones a toda la estructura social.

Teniendo en cuenta los análisis relacionados con los demás sub-ciclos del ciclo hidrosocial (relaciones sociales y tecnología), y de la energía como flujo social, en la interpretación para la sustentabilidad del territorio es relevante resaltar las relaciones de poder asimétricas que se presentan entre actores sociales locales y externos y, entre algunos actores sociales y las instituciones formales como las autoridades ambientales y los municipios. Esto ha permitido evidenciar un bajo desempeño institucional, falta de confianza en las instituciones y una gradual pérdida de autonomía en lo referente a la toma de decisiones sobre el territorio, aspectos que afectan la sustentabilidad en la medida en la que se pone en duda la capacidad de los sistemas de gobernanza para gestionar, de manera adaptativa, los fenómenos perturbadores que afecten en el futuro al SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca. La autonomía territorial también se percibe en riesgo por algunos

actores sociales e institucionales con el proyecto de Región Metropolitana Bogotá-Cundinamarca que tiene el riesgo, entre muchos otros, de aumentar la dependencia de los municipios de la región de la ciudad de Bogotá y centraliza, aún más, el proceso de toma de decisiones.

5.3 Consideraciones finales sobre escenarios de futuro

De acuerdo con el análisis presentado en las dos primeras secciones de este capítulo y la evaluación que se realizó en la sección 4.5.1, el SSET (cuena alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca) enfrenta una potencial crisis de sustentabilidad. Si bien todavía no se encuentra en un escenario crítico en todos los niveles, sí presenta características que podrían conducir fácilmente a un colapso. En este sentido, es importante que el SSET en su conjunto aumente su capacidad de adaptación, a través del fomento, en las comunidades locales, de la importancia de incluir nuevos sistemas de producción agropecuaria que disminuyan la presión en las coberturas vegetales y en los sistemas hídricos. Esto, a su vez, diversificaría la producción, disminuyendo la dependencia de un único producto agrícola y, además, permitiría que los habitantes fortalecieran sus relaciones sociales, sus procesos relativos al ciclo de la información y, en general, contribuiría a cerrar la brecha metabólica que se ha creado en el territorio a través del tiempo.

La restauración ecológica toma gran relevancia en estos escenarios de insustentabilidad⁹⁵, teniendo en cuenta que la base natural que sustenta la vida debe ser recuperada y como se ha visto a lo largo del trabajo es uno de los elementos que mayor crisis presenta por la falta de coberturas naturales y de conectividad ecosistémica. Si bien algunos beneficios ecosistémicos se mantienen, los ecosistemas del SSET han perdido su estructura y su organización. En este sentido, la propuesta de Estructura Ecológica Principal (EEP) de Van der Hammen (1998) cobra vigencia y puede complementarse con las propuestas que se vienen realizando sobre transiciones a la agroecología, propuestas en las que la conectividad ecosistémica se apoya de procesos productivos agroecológicos buscando una conectividad en ambos sentidos y brindando alternativas de producción a los actores sociales. La Figura 5-1 presenta una ilustración adaptada del esquema de recuperación ambiental propuesto por Van der Hammen para la

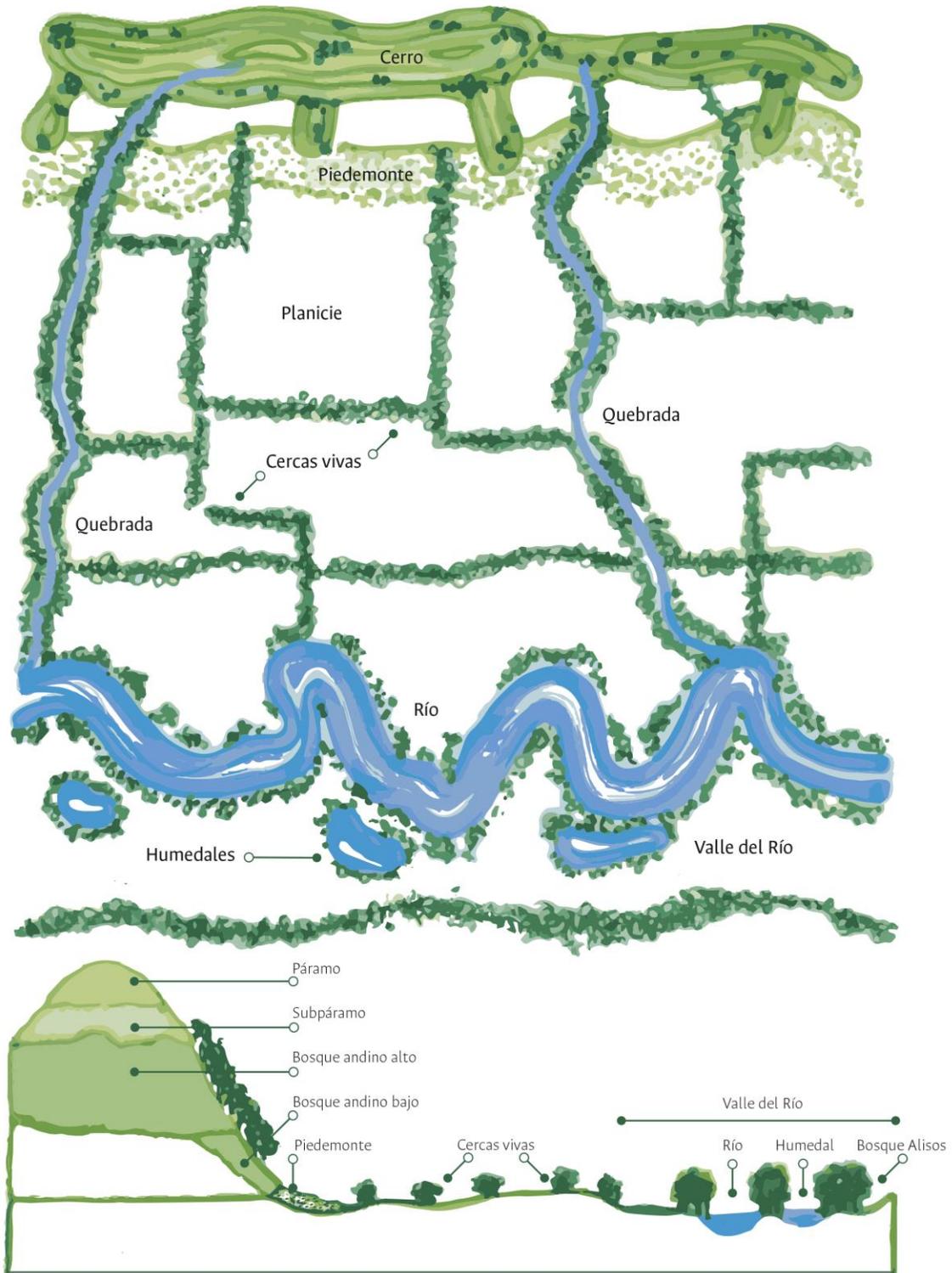
⁹⁵ Con relación a procesos de restauración ecológica se destaca el trabajo de los municipios de Villapinzón y Chocontá en propagación vegetal (viveros) y siembras desde el nivel municipal. En el caso de Suesca vale la pena destacar la constitución de la Reserva de la Sociedad Civil El Turpial que ha sido un proceso importante para la recuperación de coberturas naturales en la ronda del río a pesar de que su área es pequeña con respecto al área municipal total. Se resalta también, el trabajo de propagación vegetal y restauración ecológica realizado por la finca Los Alpes en la vereda Santa Rosita, en Suesca y la Fundación Al Verde Vivo en la ribera del río Bogotá en el mismo municipio. También, es necesario resaltar el trabajo de colectivos ciudadanos y habitantes locales en los procesos mencionados.

CARB que incluye la conectividad de las zonas altas de los cerros con el cauce central del río a través de las quebradas, cercas vivas y zonas de humedal.

Con relación a los escenarios futuros que podrían significar una disminución de la oferta natural de agua y desertificación, evidenciados en el trabajo reciente del proyecto de *Adaptación a los impactos climáticos en regulación y suministro de agua en el área de Chingaza - Sumapaz – Guerrero*⁹⁶, sumados a la grave situación de calidad de agua estudiada a fondo por Santos (2021), las trayectorias de futuro se tornan insustentables. Los ecosistemas remanentes están haciendo ingentes esfuerzos por mantener sus funciones y ofrecer sus beneficios a la población, pero, las actividades antrópicas cada vez más intensas y una sociedad menos conectada con su base natural, representa una gran amenaza para que estos sistemas naturales puedan continuar desarrollando sus funciones, no solo la regulación del ciclo del agua y la capacidad natural de estos sistemas hídricos de auto depurarse, sino la conservación del suelo como soporte material, esencial de todas las actividades, la provisión de agua y alimento, y los diversos procesos ecológicos que dependen de la biodiversidad, entre muchos otros beneficios que ofrecen los ecosistemas a la población.

⁹⁶ Proyecto desarrollado por entidades como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Conservación Internacional Colombia (CI) y como socios el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, la Corporación Autónoma Regional del Guavio – Corpoguavio y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), financiado con fondos del Global Environmental Funds (GEF).

Figura 5-1: Esquema de recuperación ambiental basado en la EEP propuesta por Van der Hammen



Nota. Ilustración realizada por Carolina Cortés Guzmán adaptada de Van der Hammen (1998, p. 131)

Para construir caminos más sustentables que superen la potencial crisis de sustentabilidad territorial a la que se enfrenta el SSET (cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca) en la actualidad se debe promover una reconexión de la sociedad con sus sistemas naturales, una transformación de prácticas que contribuya a cerrar los ciclos materiales (de nutrientes y de agua) y a disminuir la dependencia de flujos externos de energía y los flujos de energía disipada. Además, fortalecer los procesos socioecológicos-territoriales internos, que permitan que el sistema en su conjunto, tanto a nivel ecológico como a nivel social e institucional, tenga la capacidad de adaptarse a los cambios que se vayan presentando y pueda cerrar la brecha metabólica que se viene acrecentando con el paso del tiempo. Para ello, se han construido en esta investigación, herramientas de análisis desde la integración de categorías como el ciclo de la información, las coberturas de la tierra, el ciclo hidrosocial y los flujos de energía, en un modelo de interpretación y análisis de sustentabilidad basado en la mirada integral del metabolismo territorial.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este último capítulo sintetiza las principales conclusiones, contribuciones, recomendaciones y limitaciones de la presente investigación. En su primera sección, presenta las conclusiones del trabajo investigativo, de acuerdo con las categorías centrales y los objetivos planteados y, resalta, las contribuciones que en términos teóricos y metodológicos se entregan con este trabajo. La segunda sección presenta algunas de las principales recomendaciones que emergen de este estudio, desde la disertación teórica y desde la propuesta metodológica, como aporte a las diversas líneas de investigación en geografía e incluye recomendaciones enfocadas en superar las limitaciones que encuentra esta investigación. La tercera y última sección ofrece algunas sugerencias para los municipios que conforman el SSET de la cuenca alta del río Bogotá: municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, que buscan contribuir a superar los escenarios de insustentabilidad que se pudieron evidenciar y, además, aportar a una gestión integral en los territorios, en pro de la construcción colectiva de escenarios de sustentabilidad basados en la perspectiva del metabolismo territorial.

6.1 Conclusiones

Esta investigación propone un modelo integral para la interpretación de la sustentabilidad territorial que articula el metabolismo social, particularmente las categorías de agua, energía e información, con las transformaciones históricas de un territorio definido, desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. Este modelo se construyó a partir del análisis del metabolismo social de un área de estudio, caracterizada como un sistema socioecológico-territorial, que corresponde a tres municipios de la Cuenca Alta del Río Bogotá, Villapinzón, Suesca y Chocontá. La propuesta de este modelo conceptual general de metabolismo territorial define las bases para la integración de las categorías de análisis desde una mirada sistémica y compleja y es, asimismo, una base para la construcción de un índice de sustentabilidad territorial, que debe ser evaluado de manera abierta y colectiva con los actores sociales e institucionales en el territorio para buscar una mayor apropiación social.

Desde la construcción de la base teórica de esta investigación se concluye que los enfoques teóricos desarrollados desde el metabolismo social y los estudios del territorio son compatibles y complementarios y su integración, producto de la comprensión profunda de estos marcos teóricos y conceptuales, realizada en este trabajo, da como resultado la propuesta de un modelo conceptual general e integral de metabolismo territorial para el estudio de la sustentabilidad. La columna vertebral de esta compatibilidad es el eje sistémico y, desde allí, se desarrolla la articulación conceptual y metodológica de las categorías SSE y territorio, a través de tres subcategorías definidas previamente: agua, energía e información y, de una cuarta subcategoría emergente, la cobertura de la tierra, que se considera transversal por ser la expresión de la interfase de la relación naturaleza-sociedad. Estas subcategorías conectan lo material e inmaterial, lo ecológico y lo social y corresponden a flujos físicos y sociales que se apropian, circulan, se consumen, se transforman y se excretan en un territorio.

A partir de la disertación teórica, se concluye también, que la perspectiva metabólica en los estudios geográficos contribuye a disminuir la brecha existente entre las ramas física y humana en geografía, y, es por esto, que se considera un marco de análisis pertinente dentro de la corriente de la geografía ambiental, cuya mirada histórica permite llevar esta interpretación y análisis en clave de sustentabilidad. La geografía ambiental aquí propuesta, no solo tiene una visión histórica, sino también crítica, en el sentido en el que busca contribuir a dinamizar una transformación real, cultural, socioecológica-territorial, en la forma cómo la sociedad se relaciona con la naturaleza, cómo la conoce y toma decisiones sobre ella. La ruptura de esta relación, la noción de dominación y control y la creencia de una naturaleza infinita son causas profundas de muchos de los problemas ambientales urgentes de la actualidad, son causas de la crisis de humanidad, de civilización que presenciamos hoy.

En el proceso de construcción de la propuesta de este modelo de interpretación y análisis de sustentabilidad basado en el metabolismo territorial emergió el concepto de SSET, a partir de la necesidad de articular conceptos como el SSE y el territorio y también, de poner en conversación los marcos teóricos, epistemológicos y ontológicos de los cuales surgieron estas categorías. Cada una de ellas trae consigo una carga epistémica y ontológica histórica, heredada de las disciplinas bajo las cuales fueron desarrollados (Barreteau *et al.*, 2016); sin embargo, a pesar de eso, son conceptos que se complementan en el análisis integral de la relación naturaleza-sociedad. La categoría emergente, el SSET, es el corazón del modelo propuesto de metabolismo territorial, es la base de la caracterización socioecológica-territorial requerida para este modelo de análisis y combina algunos de los elementos conceptuales y metodológicos que ofrece el SSE y el territorio, teniendo en cuenta que ambos son multiescalares y buscan integrar las dimensiones materiales e inmateriales de la relación naturaleza-sociedad.

En este contexto, la investigación concluye que el río Bogotá es un SSET, una red material e inmaterial de interacciones de diferentes subsistemas sociales y ecológicos, que han coevolucionado en el tiempo y se han determinado mutuamente. Es, a la vez, un producto social e histórico de relaciones de apropiación, de pertenencia y de identidad, un sistema complejo que no responde a una única narrativa sino a la integración de muchas, no solo es un canal por donde fluye agua, no solo ha sido desde tiempos remotos el hábitat de una especie, sino de múltiples, no solo ha prestado servicios para la sociedad, sino también para sí mismo, no solo ha otorgado beneficios, materiales e inmateriales, ha recibido y asimilado residuos en diferentes estados, ha formado identidades y significados diversos y ha tenido la capacidad de convertirse en símbolo. El río Bogotá es una red y, a la vez, un actor, es producto de una acumulación desigual de tiempos, pasados, presentes y futuros, geológicos, ecológicos y humanos.

Además de la integración teórica y conceptual que se realizó durante este trabajo investigativo, la aplicación de métodos mixtos evidenció la importancia de este tipo de métodos en los estudios geográficos, en la medida en que permiten conectar con la interfase de la relación naturaleza-sociedad desde diferentes miradas. Por un lado, desde la descripción y explicación de fenómenos biogeofísicos y ecológicos y por otro, desde la comprensión de los fenómenos sociales, de los discursos, prácticas y lenguajes de diferentes actores sociales e institucionales y aproximarse a entender sus roles e intereses. Triangular este tipo de información, en función de las categorías de análisis del agua y la energía, permitió entenderlas no solo en su materialidad, como flujos físicos y en su inmaterialidad, como flujos sociales, sino entender también los fenómenos y procesos socioecológicos-territoriales intrínsecos que las conectan, continuamente, en una compleja realidad.

Gracias a la pluralidad de métodos de investigación cualitativos implementados en el campo, se evidenció la multiescalaridad del territorio y la importancia de integrar el enfoque territorial en la perspectiva metabólica, en el sentido en el que permite dar mayor contenido y entender con más profundidad la dimensión inmaterial del metabolismo social. Preguntar sobre el territorio a los actores sociales y sobre los caminos del agua y de la energía (ciclos y flujos), permitió abrir una pequeña puerta a aquellos elementos con los cuales se identifican, se sienten representados y que, además, son esenciales para su existir. La categoría de territorio permitió entrar al territorio y encontrar lenguajes comunes para hablar de las relaciones metabólicas del agua y de la energía, sin abordar directamente con los actores sociales el concepto de metabolismo social. Es una categoría llena de significado para los actores sociales, es material y a la vez inmaterial y, gracias a ella, es posible promover desde las investigaciones académicas una relación diferente con la naturaleza y promover el reconocimiento del territorio gracias a las dinámicas metabólicas del agua, de la energía y de la información.

El análisis de las transformaciones socioecológicas y configuraciones territoriales en el SSET, entre la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, permitió entender la articulación de algunos de los factores direccionadores de estas transformaciones, internos y externos al sistema. Desde fuerzas impulsoras locales hasta factores estructurales, especialmente institucionales y económicos, que han influido en los cambios del territorio, desde otras escalas. Además de las dinámicas demográficas internas en el país, que incidieron en estas transformaciones, se reconocieron dos procesos claves de gran influencia en el metabolismo del territorio, que dinamizaron la fractura o quiebre; el cambio tecnológico y la modernización agrícola, impulsados por la Revolución Verde, que se venía instaurando a mediados de siglo; y el proceso de apertura económica, a partir de los años 90 del siglo XX, que acentuó los problemas de los sectores rurales y consolidó un modelo homogéneo e intensivo de producción.

El metabolismo territorial aplicado al escenario de análisis de la cuenca alta del río Bogotá en los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca evidenció un ciclo débil de información sobre agua y energía, que se refleja principalmente en una desconexión de los actores sociales de los sistemas naturales que los soportan y una desconexión entre los mismos actores sociales y entre estos actores y las instituciones. Además de esto, el análisis de coberturas mostró una tendencia hacia la disminución de la superficie de base natural, la desconexión de los ecosistemas y un debilitamiento importante de la estructura ecológica regional que se ha mantenido a través del tiempo. Esta disminución de la cobertura natural, se ha dado en favor del aumento de las coberturas de tipo agropecuario, que se mantienen por encima del 75%, llegando a 79% del área total en el 2020. Estas coberturas han determinado las dinámicas metabólicas del agua y de la energía en el SSET, al ser la expresión de la consolidación de los sistemas agropecuarios de producción.

El ciclo hidrosocial, por su parte, resultó ser un marco de análisis pertinente para analizar el metabolismo del agua en el SSET (cuenca alta del río Bogotá, municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca). Permite visualizar las relaciones materiales e inmateriales en las que se involucra el agua como elemento esencial para la vida en todos los niveles de organización. Los resultados asociados a la materialidad del agua indican que a pesar de que hay una relativa buena disponibilidad en algunas zonas, el SSET viene enfrentando un escenario de altas y crecientes demandas, de consolidación de modelos intensivos de producción (no solo agropecuaria sino agroindustrial e industrial) y de mala calidad de los vertimientos directos y difusos de las actividades económicas y domésticas, que afectan drásticamente al cauce del río y sus afluentes. A esto se suman tecnologías de tratamiento ineficientes, diferentes y, a veces contradictorias, narrativas sobre el agua y sus caminos, relaciones desiguales de poder y falta de confianza en la institucionalidad ambiental, entre otros factores. Esta situación pone de presente una problemática

compleja que puede acrecentar la ruptura en el metabolismo del territorio desde la dinámica hídrica, lo que constituye una grave amenaza para la sustentabilidad.

El análisis energético consideró la biomasa como una de las formas predominantes de energía en el SSET y, evidenció, que los factores direccionadores de cambios mencionados desencadenaron un proceso de intensificación y homogenización de la producción agropecuaria. Este proceso, a su vez, causó la desaparición del cultivo de cereales (cebada, trigo) como alternativa de producción agrícola, y la consolidación de la papa como producto principal. También, desincentivó la producción pecuaria de ganado ovino (lana, carne), concentrando la actividad pecuaria en el ganado bovino de producción lechera. Adicionalmente, incrementó la entrada de flujos externos pues la intensificación agrícola se realizó gracias al paquete tecnológico traído por la revolución verde, intensivo en uso de insumos externos y mecanización, que ha profundizado la ruptura metabólica y que pone en riesgo la sustentabilidad energética del SSET, por la alta dependencia de flujos externos, los efectos socioecológicos del proceso intensivo y la dependencia de un único sistema de producción.

La aplicación del modelo de interpretación y análisis de metabolismo territorial en la cuenca alta del río Bogotá, municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, desde el análisis e integración de cada categoría, permite concluir que la base social que ha configurado el SSET ha mantenido en el tiempo unas dinámicas permanentes de producción agropecuaria y de producción de flores, que han incrementado el metabolismo del agua y de la energía y que, sumado a los ciclos débiles en la información y la disminución de la base natural expresada en el análisis de coberturas de la tierra, está afectando la capacidad inherente de la naturaleza de sustentar la vida, conduciendo al sistema a un escenario de insustentabilidad.

En este sentido, es necesario y urgente transformar los procesos metabólicos en el SSET de la cuenca alta del río Bogotá (municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca) para encontrar trayectorias de sustentabilidad, esto es, repensar las formas de apropiación y de transformación, de circulación, de consumo y de excreción, no solo de agua y energía, sino también de información. Este proceso de transformación no solo implica hacer cambios en la presión que se ejerce sobre la base material en términos de suelo, agua y energía, sino que implica, también, repensar las formas en las que circula la información, las maneras en las que se hace conciencia sobre la relación con la naturaleza, en las que se conoce, se comunica, se toman decisiones diarias y, a la vez, se toman decisiones en una colectividad.

De acuerdo con la propuesta teórico-metodológica realizada en esta investigación y a la interpretación realizada en la cuenca alta del río Bogotá, municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, es posible

concluir que el metabolismo territorial propuesto es un modelo de análisis integral coherente para la interpretación de la sustentabilidad del río Bogotá, y puede ser un modelo de interpretación y análisis a aplicar en otros ríos y cuencas y, en general, en otros sistemas definidos en función de sus contextos locales específicos. Este modelo integra las dinámicas metabólicas del agua, la energía y la información con las coberturas de la tierra, como interfase de la relación naturaleza-sociedad. Además, articula las transformaciones históricas del territorio y las configuraciones territoriales, como elementos esenciales para la comprensión de los procesos de coevolución histórica y de las dinámicas socioecológicas-territoriales actuales para una adecuada interpretación de la sustentabilidad, que permita, con base en el pasado y en el presente, pensar otros futuros posibles, más justos, más equitativos, más resilientes y con mayor capacidad de respuesta y adaptación.

Finalmente se concluye que la integración del enfoque territorial en el marco analítico y metodológico del metabolismo social permite darle mayor robustez a este último y convierte al metabolismo territorial en una potente herramienta para analizar la sustentabilidad en territorios tan intervenidos y transformados como la cuenca del río Bogotá, en este caso, la cuenca alta del río en los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca. Como se argumentó a lo largo de la investigación, las transformaciones socio-ecológicas han sido profundas a lo largo del tiempo y han generado rupturas importantes no sólo en los ecosistemas sino en la sociedad, en el sistema socioecológico-territorial en su conjunto, por lo que la lógica territorial se hace indispensable en el análisis metabólico y en los estudios de sustentabilidad.

6.2 Caminos Futuros de Investigación en Geografía

Las recomendaciones que surgen de la presente investigación buscan señalar caminos hacia donde la geografía ambiental puede avanzar, de acuerdo con este modelo de interpretación y análisis propuesto, y a las limitaciones que esta propuesta puede encontrar. También, se presentan algunas recomendaciones de cómo este aporte a la geografía ambiental puede permear otras ramas de la geografía y contribuir a una visión integral y transformadora en toda la disciplina. Finalmente, gracias a que este trabajo tuvo una incidencia importante en los territorios donde se desarrolló el trabajo, se ofrecen algunos lineamientos para la gestión integral del SSET, en clave de sustentabilidad.

Como se discutió y se evidenció desde el primer capítulo, la geografía ambiental tiene una enorme potencialidad para realizar análisis integrales de la relación naturaleza-sociedad; sin embargo, permanece muy fragmentada. Es por esto, que el modelo conceptual general de metabolismo territorial propuesto, busca orientar la articulación necesaria en la geografía ambiental y, para ello, contribuye con una integración teórica y metodológica del metabolismo social y del territorio para el estudio de la

sustentabilidad, involucrando cuatro subcategorías y articulando en este proceso de interpretación y análisis información cualitativa y cuantitativa sobre un SSET definido. Con ello, se sugiere continuar por el camino integral que ofrece este modelo de análisis y las diferentes categorías que integra como objeto de estudio en la geografía ambiental, cuyo interés principal debe ser la sustentabilidad de la vida.

Las discusiones teóricas aquí realizadas abren la posibilidad de retomar algunas miradas geográficas que han quedado relegadas a través del tiempo, como la geografía marxista y radical. Si bien se criticó a estas corrientes por no proponer transformaciones reales, el origen del metabolismo social en la obra de Marx y la idea de David Harvey de usar la mirada metabólica en geografía, para superar la fragmentación, invita a retomar y a repensar las ideas de Marx, a la luz de las grandes transformaciones que se requieren en la actualidad, en el metabolismo de la sociedad de hoy, en los modos de producción y en los modelos de desarrollo hegemónicos, que han generado por décadas una fractura en el metabolismo, profundas desigualdades, injusticias sociales, ambientales y altos índices de inequidad. La geografía ambiental tiene un gran potencial de retomar las ideas de metabolismo y de ruptura metabólica en Marx, no solo para explicar los problemas geográfico-ambientales actuales, sino para proponer verdaderas transformaciones en los individuos y en la sociedad.

La complejidad que subyace la vinculación de las diferentes categorías de análisis e información de diversa naturaleza determinó el alcance y algunas de las limitaciones de la investigación. Permitió avanzar en la formulación de las bases del análisis integral de sustentabilidad, basado en el metabolismo territorial, y en dar contenido a las categorías desde la visión socioecológica-territorial. Además, permitió entrar al territorio con la mirada metabólica, para promover en los actores sociales, a través de un intercambio de conocimientos, un reconocimiento de estas dinámicas, que permitan en el futuro una coproducción de conocimiento, no solamente para lograr diagnósticos más completos e integrales basados en metabolismo, sino para contribuir a consensos en el diseño de rutas de futuro más sustentables, justas y resilientes (Delgado-Ramos, 2015). No obstante, este trabajo buscó desde sus comienzos integrar la perspectiva metabólica en los estudios geográficos y evidenciar la necesidad de fortalecer los estudios de sustentabilidad en la disciplina, desde la integración de lo físico y lo humano, más que desarrollar un modelo cuantitativo o espacial.

El modelo conceptual general de análisis ofrece las bases para que se pueda profundizar en estas categorías y, con las herramientas de la teoría y metodología geográficas, desde sus diferentes y ricas corrientes, se puedan lograr desarrollos cuantitativos que se integren a los métodos cualitativos desarrollados en el campo y/o a los mismos avances con los que ya cuenta la geografía humana, con el enfoque de metabolismo, ciclos y territorios hidrosociales, especialmente, desde la ecología política

radical (Boelens *et al.*, 2016; Swyngedouw, 2013). En este sentido, los avances que de aquí se derivan pueden continuar aportando a la construcción de indicadores de metabolismo territorial, desde la mirada hídrica y energética (en términos físicos, económicos, espaciales, entre otros), que se puedan integrar con el enfoque territorial propuesto en esta investigación, para una construcción colectiva de conocimiento no solo a nivel de conciencia para la toma de decisiones, sino también a nivel de cuantificación y monitoreo por parte de la academia y de la base social. Adicionalmente, profundizar en la espacialización de estos indicadores y la integración con sistemas voluntarios de información geográfica (Sui y DeLyser, 2012), abre una enorme potencialidad de investigación geográfica ambiental.

Este modelo propuesto invita a pensar en relaciones, en redes, a construir colectivamente transiciones a formas de vida más sustentables, revisando la historia de los territorios, las formas en las que las sociedades se han relacionado con sus espacios, repensando el presente y como nos estamos relacionando hoy y, con estos insumos, imaginando un futuro en donde todos podamos coexistir, los humanos y las demás especies del planeta, en armonía con la naturaleza, que es la base de nuestra vida. Es así como esta propuesta es también una invitación a todas las ramas de la geografía a pensar en clave metabólica, para fortalecer nuestra propia visión como investigadores sobre la inherente integración que tenemos con la naturaleza y aportar, con nuestros estudios, a superar los problemas urgentes que hoy aquejan a la humanidad.

La categoría de la información tomó una gran relevancia en la construcción de esta propuesta de metabolismo territorial y configuró un marco transversal sobre el cual se analizaron los demás flujos y ciclos, que conforman los procesos metabólicos. Otorgó, a su vez, una conexión directa con los actores sociales y sus relaciones, y las formas en las que estos interactúan con su base natural, dando mayor estructura a la dimensión inmaterial del metabolismo. Si bien es una categoría compleja, que podría abordarse también desde lo cuantitativo, a partir de esta investigación se vislumbran continuidades de investigación desde su dinámica social e inmaterial.

Dentro del ciclo de la información en clave metabólica se abren caminos para el estudio de la educación como proceso de aprendizaje y generación de conocimiento de manera colectiva, que permita aumentar el nivel de conciencia y de conocimiento en los actores sociales e institucionales, fortalecer la formación de redes, y la calidad de fuentes de información, el nivel de comunicación y la toma de decisiones, sobre elementos tan esenciales para la vida como el agua y la energía en un territorio. Para generar una transformación a largo plazo se deben permear escenarios sociales de alta incidencia, como las instituciones educativas o los espacios de aprendizaje de las organizaciones sociales de base.

Así, sería posible integrar la mirada metabólica territorial en los currículos y generar conocimiento de manera colectiva con las poblaciones rurales y urbanas. Integrar esta mirada en la educación escolar y universitaria y en procesos de educación ambiental y capacitación de organizaciones sociales, permitiría que la sociedad reconecte con su base natural desde la perspectiva metabólica y comprenda la importancia de construir sociedades en las cuales su economía y sus instituciones, su política y, en general, su paso por la historia, no interfiera con la habilidad inherente de la naturaleza de sustentar la vida. Además, contar con más elementos que les permitan incidir en la gestión de sus territorios de una manera integral y construir sistemas de monitoreo comunitario que tengan como base conceptual el metabolismo territorial.

En el estudio específico del agua y de la energía se abren puertas tanto desde las perspectivas cuantitativas como cualitativas en las cuales toman relevancia las corrientes física y humana en geografía. La representación espacial del balance hídrico puede contar con información más detallada gracias al avance de los sensores remotos y las tecnologías de la información geográfica y, además, desde la modelación espacial, buscar la forma de integrar no solo la oferta y la demanda sino también la calidad. Desde lo cualitativo, también hay un camino fértil para ahondar en los conceptos de ciclos y territorios hidrosociales, como se viene trabajando en algunas escuelas de geografía y conectarlos con la materialidad expresada en los balances, los usos y la calidad. Cada uno de los sub-ciclos, articulados en el ciclo hidrosocial, como se trabajó en esta investigación, puede ser estudiado por diferentes ramas de la geografía y su confluencia, por la geografía ambiental.

En lo energético, de igual manera, hay caminos que se abren para el estudio de los flujos de energía a través del uso de sensores remotos y los avances en el modelamiento espacial, para mejorar no solo el estudio de los flujos, sino para establecer modelos que permitan calcular indicadores energéticos de sustentabilidad, desde la perspectiva espacial, y que aporten al índice de sustentabilidad territorial mencionado en el capítulo 5 de esta investigación. La energía es un concepto fascinante que tiene, así como el agua, un gran potencial de análisis integral, justamente porque como se argumentó en este trabajo, no son solo flujos físicos, son flujos sociales, conectan a la sociedad con la naturaleza continuamente, en el tiempo y en el espacio. La geografía viene avanzando en relación a los estudios de la energía y tiene por delante un campo de trabajo, no solo pertinente, sino necesario, teniendo en cuenta las actuales dinámicas geopolíticas globales a raíz del suministro de energía de las grandes potencias mundiales.

Bouzarovski (2022) retoma la idea del metabolismo energético en función del trabajo y propone una agenda de investigación a partir del papel de la reproducción social en la configuración del metabolismo

de la energía. En la última década, la geografía de la energía ha crecido como un campo de estudio con gran potencial de investigación, el paisaje energético es uno de los conceptos más llamativos para desarrollar investigaciones en este campo (Frantál *et al.*, 2014; Pasqualetti y Stremke, 2018) y, en general, los estudios recientes (Bouzarovski *et al.*, 2017; Cederlöf, 2021; Frantál *et al.*, 2014; Huber, 2016) muestran la variedad de miradas que pueden darse a esta categoría de análisis y que es absolutamente relevante en el escenario climático y de transición energética en el cual vivimos hoy.

A pesar de que este trabajo tomó como referencia el escenario de análisis de la cuenca alta del río Bogotá en los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca, se sugiere como un marco de análisis pertinente para diferentes unidades y escenarios, no solo cuencas y ríos, sino diferentes espacios geográficos a nivel nacional e internacional. El problema central de la investigación radica en la sustentabilidad de la vida y este es un problema, no solo de Colombia, sino que se extiende a toda la humanidad, y cuya principal causa ha sido justamente la relación que tenemos con la vida, la falta de conciencia sobre nuestra conexión con sus fuentes, entre ellas, el agua y la energía. Transformar nuestro pensamiento es vital para generar una transformación cultural a gran escala, desde lo individual a lo colectivo, que nos permita no solo ser conscientes de nuestra conexión, de nuestro metabolismo, sino aportar día a día para superar la ruptura metabólica que la sociedad misma creó.

6.3 Sugerencias para la Sustentabilidad del SSET

Con los insumos recogidos en esta investigación, se sugiere a los municipios que hacen parte del SSET, consolidar procesos pedagógicos con todos los actores sociales, que contribuyan a reconocer su metabolismo con la naturaleza, individual y territorial, y dinamizar un proceso de reconocimiento del territorio, desde una visión diferente a la dominación, el control y la explotación. Retomar con los actores el reconocimiento de los ciclos y flujos principales, gracias a los cuales nuestras sociedades y nuestras economías pueden desarrollarse y mantenerse en el tiempo. Aplicar estos conceptos a las dinámicas propias de los territorios, para que no sean meras abstracciones, sino que tengan a sus territorios como laboratorio social⁹⁷.

⁹⁷ Un ejemplo de este tipo de procesos pedagógicos que puede ser un modelo, es el mencionado proyecto Manos a la Cuenca, especialmente, la estrategia pedagógica desarrollada con la Universidad Nacional, que se encuentra disponible en: <https://bit.ly/3bgxOYv>. La continuidad del proceso pedagógico por parte de la comunidad local se puede consultar en: <https://vitaxxi.com/proyectos>.

A partir de estos procesos pedagógicos, se sugiere diseñar sistemas de monitoreo comunitario participativo, que tengan como base conceptual el metabolismo territorial, que permitan identificar las áreas más vulnerables en términos de cantidad y calidad de agua, falta de cobertura vegetal, erosión de suelo, cambio climático, entre otros aspectos, con el fin de mejorar la toma de datos que puede ser realizada de manera conjunta por autoridades ambientales, territoriales y la comunidad local. Es esencial que los municipios complementen y actualicen sus fuentes de información y busquen, también, generar su propia información a escala local que pueda complementar los estudios a mayores escalas y, así, participar en los procesos de toma de decisiones de manera más certera e informada y tener mayor incidencia en dichos procesos.

Es importante que las entidades territoriales conozcan a fondo el trabajo realizado por el Proyecto GEF-Alta Montaña sobre análisis de vulnerabilidad, amenaza y riesgo en municipios de la CARB en el que se contemplan escenarios que corresponden a los caminos representativos de concentración de emisiones (RCP, por sus siglas en inglés) (2.6, 4.5, 6.0 y 8.5), incluidos en la quinta comunicación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). El análisis de Espitia (2020c, 2020a; 2020) analizó los escenarios RCP6.0 y RCP8.5, por considerarlos los más cercanos a la realidad del área en el período 2011-2040. Estos escenarios sumados a la situación actual en cuanto a la EEP, hacen que los municipios resulten con una alta vulnerabilidad frente al cambio climático (sensibilidad media con una respuesta baja frente a la capacidad de adaptación). De acuerdo con esto, el riesgo climático también es alto, evidenciando la potencial materialización de impactos asociados al cambio climático, como poca disponibilidad de agua en época seca o un aumento en la desertificación (Espitia, 2020c, 2020a, 2020b; Espitia et al., 2020).

En este sentido, Espitia (2020a, 2020b, 2020c) sugiere no sólo adoptar los resultados de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático – TCNCC (2016) y la normatividad legal vigente que establezca la autoridad ambiental competente en materia de cambio climático, en este caso la CAR, sino también integrar en sus herramientas de planeación local los documentos generados por Conservación Internacional Colombia en este proyecto de adaptación, donde se encuentran publicaciones específicas para algunos municipios y un portafolio de medidas de adaptación⁹⁸.

⁹⁸ Disponible en <https://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/cambio-climatico-en-alta-montana>.

Las medidas de adaptación propuestas por este proyecto para los municipios que hacen parte del complejo de páramos Sumapaz-Guerrero-Chingaza-Guacheneque, tienen la potencialidad de superar algunos de los problemas que pudieron evidenciarse en la aplicación del modelo de análisis de metabolismo territorial en el río Bogotá en todas sus categorías de análisis. Se considera que el adoptar estas medidas, permitirá disminuir gradualmente la ruptura metabólica que se viene incrementando, no solo en coberturas de la tierra, agua y energía, sino también en información. Lo anterior, porque se encuentran diseñadas con base en el enfoque de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y, de esta manera, contribuyen a fortalecer la base natural, a que pueda seguir desarrollando sus funciones y a fortalecer su capacidad inherente de sustentar la vida.

García y colaboradores (2021) plantean cinco estrategias, cada una de las cuales contiene un paquete de medidas de adaptación enfocado, en principio, en mejorar la regulación hídrica pero que, a la vez, buscan mejorar la prestación de diferentes servicios ecosistémicos para la población. Articulado con el presente trabajo de investigación, se considera que las primeras cuatro estrategias contribuirían a mejorar la situación crítica en términos hídricos, energéticos y de coberturas de la tierra; restauración, recuperación y rehabilitación ecológica para la regulación hídrica, la biodiversidad y la producción rural; adaptación de sistemas productivos; uso eficiente del agua; desarrollo de cadenas de valor; y comercialización para la sostenibilidad de medidas de adaptación. La quinta estrategia contribuiría con fortalecer el ciclo de la información a través del fortalecimiento de la gobernanza para la adaptación.

Referencias

- Abel, T. (2014). Culture in cycles: Considering H.T. Odum's 'information cycle. *International Journal of General Systems*, 43(1), 44–74. <https://doi.org/10.1080/03081079.2013.852188>
- Aceituno, J., y Gnecco, C. (2004). Poblamiento temprano y espacios antropogénicos en el norte de Suramérica. *Complutum*, 15(0), 151-164–164.
- Adami, C. (2016). What is information? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 374, 1–14. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0230>
- Aguilar, G. A. (2017). Comprendiendo la sustentabilidad desde un punto de vista exergético en sistemas adaptivos complejos. *Ingeniería*, 27(1), 135–142. <https://doi.org/10.15517/jte.v27i1.25524>
- Aguilar, L. I. (1991). Sustitución de importaciones y apertura económica. *Análisis Político*, (13), 79–85.
- Aguilera, E., Guzmán, G. I., Infante-amate, J., García-Ruiz, R., Herrera, A., y Villa, I. (2015). Embodied Energy in Agricultural Inputs. Incorporating a Historical Perspective (Nº. 1507). https://www.researchgate.net/publication/284733106_Embodied_energy_in_agricultural_inputs_Incorporating_a_historical_perspective
- Akbolat, D., Ekinci, K., y Demircan, V. (2006). Energy Input-Output and Economic Analysis of Rose Production in Turkey. *Journal of Agronomy*, 5(4), 570–576.
- Alcaldía de Villapinzón. (2011). Plan de Manejo de Saneamiento y Vertimientos.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., y Raes, D. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements (Paper 56; Irrigation and drainage). <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm#Contents>
- Altschuler, B. (2013). Territorio y desarrollo: aportes de la geografía y otras disciplinas para repensarlos. *Theomai* 27-28, 64–79.
- André, M. F. (2017). From physical geography to environmental geography: Bridges and gaps (a French perspective). *Canadian Geographer*, 61(1), 136–142. <https://doi.org/10.1111/cag.12335>
- Ángel, A. (1996). *El reto de la vida. Una introducción al estudio del medio ambiente*. Ecofondo.
- Barreteau, O., Giband, D., Schoon, M., Cerceau, J., DeClerck, F., Ghiotti, S., James, T., Masterson, V. A., Mathevet, R., Rode, S., Ricci, F., y Therville, C. (2016). Bringing together social-ecological

- system and territoire concepts to explore nature-society dynamics. *Ecology and Society*, 21(4). <https://doi.org/10.5751/ES-08834-210442>
- Barrows, H. (1923). Geography as Human Ecology. *Annals of the Association of American Geographers*, 13(1), 1–14.
- Berkes, F. (2017). Environmental governance for the anthropocene? Social-ecological systems, resilience, and collaborative learning. *Sustainability* (Switzerland), 9(7). <https://doi.org/10.3390/su9071232>
- Berkes, F., Colding, J., y Folke, C. (2003). *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.01.010>
- Bertrand, G. (1993). El geosistema y la auto-organización de la geografía física. (A. Flórez, Trad.). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 4(1-2), 59–83. (Obra original publicada en 1982).
- Bertrand, G., y Tricart, J. (1968). Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. I. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39(3), 249–272.
- Blomley, N. (2008). The spaces of critical geography. *Progress in Human Geography*, 32(2), 285–293. <https://doi.org/10.1177/0309132507084401>
- Bobrowsky, M. (2021). Q: What Is Energy? *Science and Children*, 59(1), 61–66. <https://www.nsta.org/science-and-children/science-and-children-septemberoctober-2021/q-what-energy>
- Bocco, G., y Urquijo, P. S. (2013). Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional. *Región y Sociedad*, 25(56), 75–101.
- Bocco, G., Urquijo, P., y Vieyra, A. (2011). *Geografía y ambiente en América Latina*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), e Instituto Nacional de Ecología (INE).
- Boelens, R., Hoogesteger, J., Swyngedouw, E., Vos, J., y Wester, P. (2016). Hydrosocial territories: a political ecology perspective. *Water International*, 41(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/02508060.2016.1134898>
- Borda, V.H y Ramírez, L.M. (2003). Disponibilidad forrajera en pasturas renovadas de Kikuyo, *Pennisetum clandestinum* Hoechst, con un equipo renovador para tracción animal. Región alto andina de Barragán, Tuluá, Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 52 (1-4), 77-83.
- Bouzarovski, S. (2022). Energy and labour: Thinking across the continuum. *Progress in Human Geography*, 46(3), 753–774. <https://doi.org/10.1177/03091325211051478>
- Bouzarovski, S., Pasqualetti, M. J., y Castán, V. (2017). *The Routledge Research Companion to Energy Geographies*. Routledge y Taylor and Francis Group.

- Breilh, J. (2010). Las tres 'S' de la determinación de la vida. 10 tesis hacia una visión crítica de la determinación social de la vida y la salud. En R. Passos Nogueira (Ed.), *Determinação Social da Saúde e Reforma Sanitária*. (p. 200). Centro Brasileiro de Estudos de Saúde, CEBES.
- Brown, B. J., Hanson, M. E., Liverman, D. M., y Merideth, R. W. (1987). FORUM Global Sustainability: Toward Definition. *Environmental Management*, 11(6), 713–719.
- Brown, T. (2016). Sustainability as Empty Signifier: Its Rise, Fall, and Radical Potential. *Antipode*, 48(1), 115–133. <https://doi.org/10.1111/anti.12164>
- Brunet, R. (1979). Systèmes et approche systémique en géographie (Systems and system approach in geography). *Bulletin de l'Association de géographes français*, N°465, 399–407.
- Brunet, R. (2001). *Le déchiffrement du Monde. Théorie et pratique de la géographie* (coll Mapped). Belin.
- Bucheli, M. (1995). Uso de la mano de obra en la producción de papa en el departamento de Cundinamarca: Un estudio de caso en Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 35, 103–119.
- Buitrago, C. E. (2014). *Sostenibilidad del Páramo de Guerrero. Una aproximación desde la emergencia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/47114>
- Calvert, K. (2016). From 'energy geography' to 'energy geographies'. *Progress in Human Geography*, 40(1), 105–125. <https://doi.org/10.1177/0309132514566343>
- Camacho, K., y Reina, M. (2006). La Globalización contrariada. Trabajo, territorio y dominación en la floricultura de la sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Sociología*, 27, 127–149.
- Capel, H. (2016). Las ciencias sociales y el estudio del territorio. *Biblio3W*, 21(1149), 38.
- Capra, F. (2015). The systems view of life. A unifying conception of mind, matter, and life. *Cosmos and History: The Journal of Natural and Social Philosophy*, 11(2), 242–249.
- Capra, F., y Luisi, P. (2014). *The systems view of life: A unifying vision*. Cambridge University Press.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2001). *Atlas Ambiental CAR 2001*. (pp. 1–192). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Centro de Documentación Ambiental. <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/36139?show=full>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2006). *Experiencias y resultados en control de erosión en el territorio CAR. Proyecto Cbecua-PROCAS*. <https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33921/14620.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2018). *Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá (POMCA)*. <https://www.car.gov.co/vercontenido/41>
- Carulla, J., y Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: Retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2).

- Casellas, A. (2010). La geografía crítica y el discurso de la sostenibilidad. Perspectivas y acciones. *Documents d'analisi geogràfica*, 56(3), 573–581.
- Castree, N. (2002). False antitheses? Marxism, nature and actor-networks. *Antipode*, 34(1), 111–146. <https://doi.org/10.1111/1467-8330.00228>
- Castree, N. (2004). Environmental issues. Signals in the noise? *Progress in Human Geography*, 28(1), 79–90.
- Castree, N., Demeritt, D., Liverman, D., y Rhoads, B. (2009). *A Companion to Environmental Geography*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781444305722.ch15>
- Cavalcante, C. (2008). Geografia e leitura do espaço: aportes introdutórios 1. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, 10(1), 69–78.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015a). Manual Flores y Follajes. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14311>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015b). Manual Papa. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14306>
- Cederlöf, G. (2021). Out of steam: Energy, materiality, and political ecology. *Progress in Human Geography*, 45(1), 70–87. <https://doi.org/10.1177/0309132519884622>
- Centro de Investigaciones para el Desarrollo - Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Caracterización económica, social y ambiental de las Curtiembres de Villapinzón y Chocontá*.
- Chisholm, M. (1967). General Systems Theory and Geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 42, 45–52.
- Chorley, R. (1962). Geomorphology and the general systems theory. *Geological Survey Professional Paper 500-B*. <https://doi.org/10.3133/pp500B>
- Chorley, R., y Kennedy, B. (1971). *Physical geography: a systems approach*. Prentice-Hall.
- Coffey, R. (18 de enero de 2013). The difference between “land use” and “land cover”. Michigan State University Extension. <https://www.canr.msu.edu/news/the-difference-between-land-use-and-land-cover>
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 61, Ley 99 de diciembre de 1993 (Colombia). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Cooke, R. (1992). Common Ground, Shared Inheritance: Research Imperatives for Environmental Geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 17(2), 131. <https://doi.org/10.2307/622542>
- Corporación Cactus. (2015). *Actualización del contexto de la floricultura de exportación en Colombia con énfasis en la Sabana de Bogotá (2013-2015)*. http://e-labor.co/sites/default/files/PDF/Informe_Cactus_Floricultura.pdf

- Correa, H. J., Carulla, J. E. y Pabón, M. L. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión). *Livestock Research for Rural Development*.
- Cortés-Mura, H. G., y Peña-Reyes, J. I. (2014). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 78, 40–54. <https://doi.org/10.21158/01208160.n78.2015.1189>
- Cresswell, T. (2013). *Geographic Thought: A Critical Introduction*. Wiley.
- Cretney, R. (2014). Resilience for whom? Emerging critical geographies of socio-ecological resilience. *Geography Compass*, 8(9), 627–640. <https://doi.org/10.1111/gec3.12154>
- Crosby, A. (1988). *El imperialismo ecológico*. Ed. Crític.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1960). *Directorio Nacional de explotaciones agropecuarias (censo agropecuario)*. Departamento de Cundinamarca: Vol. I.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1965). *XIII Censo Nacional de Población 1964*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1978). *La Población en Colombia, 1973: XIV censo nacional de población y III de vivienda*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1986). *XV Censo Nacional de Población y IV de Vivienda Colombia*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1997). *XVI Censo de Población y V Vivienda Colombia: Cundinamarca*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2008). *Censo general 2005: nivel nacional*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2010). *Censo de Fincas Productoras de Flores en 28 municipios de la Sabana de Bogotá y Cundinamarca 2009*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/flores/Informe_resultados_2009.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). *Tercer Censo Nacional Agropecuario*. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/513/study-description>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- Davidson, M. (2010). Sustainability as ideological praxis: The acting out of planning's master-signifier. *City*, 14(4), 390–405. <https://doi.org/10.1080/13604813.2010.492603>
- Day, T. (2017). The contribution of physical geographers to sustainability research. *Sustainability*, 9(1851), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su9101851>
- Deleuze, G., y Guattari, F. (1985). *El Anti Edipo. Capitalismo y esquizofrenia*. Paidós.
- Delgado-Ramos, G. C. (2015). Coproducción de conocimiento, fractura metabólica y transiciones hacia territorialidades socio-ecológicas justas y resilientes. *Polis*, 41, 85–96.

- Delgado, J. (2010). *La construcción social del paisaje de la sabana de Bogotá 1880 – 1890*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70523>
- Delgado, J. (2015). “Nuestras pobres vacas de otros tiempos”: refinamiento ganadero y cambio de paisaje en la Sabana de Bogotá, 1860-1880. En S. Gallini (Ed.), *Semillas de historia ambiental* (pp. 183–213). Perspectivas Ambientales. Universidad Nacional de Colombia.
- DeLyser, D., y Sui, D. (2014). Crossing the qualitative-quantitative chasm III: Enduring methods, open geography, participatory research, and the fourth paradigm. *Progress in Human Geography*, 38(2), 294–307. <https://doi.org/10.1177/0309132513479291>
- DeLyser, D., y Sui, D. (2013). Crossing the qualitative-quantitative divide II: Inventive approaches to big data, mobile methods, and rhythm analysis. *Progress in Human Geography*, 37(2), 293–305. <https://doi.org/10.1177/0309132512444063>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2020). Cadenas sostenibles ante un clima cambiante. La papa en Colombia. https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_CIAT_PapaPag_sencillas_web.pdf
- Di Gregorio, A. (2016). Land Cover Classification System. Classification Concepts Software version 3. <https://www.fao.org/3/i5232e/i5232e.pdf>
- Di Gregorio, A., y Jansen, L. (2000). Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. <https://www.fao.org/3/x0596e/x0596e00.htm>
- Di Gregorio, A., y Jansen, L. (2005). Land Cover Classification System Classification concepts and user manual Software version (2). <https://www.fao.org/3/y7220e/y7220e00.htm#Contents>
- Di Méo, G. (1991). *L'homme, la société, l'espace*. Anthropos.
- Di Méo, G. (1999). Géographies tranquilles du quotidien. Une analyse de la contribution des sciences sociales et de la géographie à l'étude des pratiques spatiales. *Cahiers de géographie du Québec*, 43(118), 75. <https://doi.org/10.7202/022788ar>
- Di Méo, G. (2014). *Introduction à la géographie sociale*. Armand Colin.
- Departamento Nacional de Planeación. (2004). *Documento Conpes 3320. Estrategia para el Manejo Ambiental del Río Bogotá*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Económicos/3320.pdf>
- Duarte, E. (2011). Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Planificación del sistema de abrevadero. *Revista Plan Agropecuario*, 140 (Parte II), 38–43.
- Elden, S. (2010). Land, terrain, territory. *Progress in Human Geography*, 34(6), 799–817. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1177/0309132510362603>
- Elwood, S., Delyser, D., Herbert, S., Aitken, S., Crang, M., y McDowell, L. (2010). Mixed Methods: Thinking, Doing, and Asking in Multiple Ways. En *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (pp. 94–114). SAGE Publications Ltd. <http://dx.doi.org/10.4135/9780857021090.n7>

- Enel-Codensa. *Información de consumo de energía eléctrica residencial (2004-2020) y no residencial (2008-2020)*.
- Escobar, A. (2007). *La invención del tercer mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo*. Fundación Editorial el perro y la rana. <https://cronicon.net/paginas/Documentos/No.10.pdf>
- Escobar, L. A. (1993). Villapinzón. Digitalizado por la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República. <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll10/id/3180/>
- Espitia, M. (2020a). Chocontá, Cundinamarca. Ficha para la inclusión del cambio climático y la variabilidad climática en el ordenamiento territorial. (Primera Ed). <https://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/fichas-en-ca>
- Espitia, M. (2020b). Sesquilé, Cundinamarca. Ficha para la inclusión del cambio climático y la variabilidad climática en el ordenamiento territorial. (Primera Ed). <https://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/fichas-en-ca>
- Espitia, M. (2020c). Villapinzón, Cundinamarca. Ficha para la inclusión del cambio climático y la variabilidad climática en el ordenamiento territorial. (Primera Ed). <https://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/fichas-en-ca>
- Espitia, M., García, A., e Ibarra, S. (2020). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. Ficha para la inclusión del cambio climático y la variabilidad climática en el ordenamiento territorial. <https://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/fichas-en-ca>
- Fajardo, D. (2018). *Agricultura, Campesinos y Alimentos (1980-2010)* [Tesis de doctorado, Universidad Externado de Colombia]. Departamento de Publicaciones. [https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/001/786/1/DLA-spa-2018-Agricultura campesinos y alimentos 1980 2010.pdf](https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/001/786/1/DLA-spa-2018-Agricultura%20campesinos%20y%20alimentos%201980%202010.pdf)
- Falchetti, A. M., y Plazas, C. (1973). El territorio de los muiscas a la llegada de los españoles. En *Cuadernos de Antropología: Vol. No. 1*. Universidad de los Andes.
- Falconí, F., y Vallejo, M. C. (2012). Transiciones socioecológicas en la región andina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 18, 53–71.
- Fals Borda, O. (1975). *Historia de la cuestión agraria en Colombia*. Fundación Rosca de Investigación y Acción Social: Distribuidora Colombiana.
- Fals Borda, O. (2017). *Campesinos de los Andes y otros escritos antológicos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fernandes, B. M. (2008). Entrando nos territórios do Território. En E. T. Paulino y J. E. Fabrini (Eds.), *Campesinato e territórios em disputa* (pp. 273–302). Expressão Popular.

- Fernandes, B. M. (2009). Sobre a tipologia de territórios. En Saquet, M.A y Sposito E.S. (Eds.), *Territórios e territorialidades: teorias, processos e conflitos*. Expressão Popular, 197-215.
- Fischer-Kowalski, M. (1997). Society's metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star. En M. Redclift y G. Woodgate (Eds.), *The International Handbook of Environmental Sociology* (119–137). Cheltenham: Edward Elgar.
- Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860–1970. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 61–78. <https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.1.61>
- Fischer-Kowalski, M., y Haberl, H. (2002). Sustainable Development, Long-term Changes in Socio-economic Metabolism, and Colonization of Nature. *International Social Science Journal*, 50(158), 573–587. <https://doi.org/10.1111/1468-2451.00169>
- Fischer-Kowalski, M., y Haberl, H. (2007). *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Edward Elgar Publishing, Incorporated.
- Fischer-Kowalski, M., y Hüttler, W. (1999). Society's metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), 107–136.
- Fischer-Kowalski, M., y Rotmans, J. (2009). Conceptualizing, observing, and influencing social-ecological transitions. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/es-02857-140203>
- Fischer-Kowalski, M., y Weisz, H. (1999). Society as a Hybrid Between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interaction. *Advances in Human Ecology*, 8, 215–251.
- Flórez, A. (2003). *Colombia: evolución de sus relieves y modelados* (Vol. 1999). Universidad Nacional de Colombia; UNIBIBLOS.
- Forero, M. J. (1949). Hallazgo de un libro de Jiménez de Quesada. *THESAURUS*, Tomo V (1, 2 y 3), 411-421. https://cvc.cervantes.es/lengua/thesaurus/pdf/05/TH_05_123_421_0.pdf
- Foster, J. B. (2000). *Marx's Ecology: Materialism and Nature*. Monthly Review Press.
- Frantál, B., Pasqualetti, M. J., y van Der Horst, D. (2014). New trends and challenges for energy geographies: Introduction to the special issue. *Moravian Geographical Reports*, 22(2), 2–6. <https://doi.org/10.2478/mgr-2014-0006>
- Fu, B. (2020). Promoting Geography for Sustainability. *Geography and Sustainability*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.02.003>
- García-Palacios, M. (2019). El Metabolismo en Marx: Apuntes desde la ontología del trabajo. *ÉNDOXA: Series Filosóficas*, 43, 135–154.
- García, A., Romer, Ó., Mora, M., Moreno, C., Moncaleano, J., Cusguen, L., y Holguín, L. (2021). Medidas de adaptación al cambio climático para ecosistemas de alta montaña Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.conservation.org.co/media/Fichas_Medidas .pdf

- Gaviria, S. [Ati Quigua] (25 de agosto de 2020). Crisis de Sostenibilidad Geoambiental en la Sabana de Bogotá. Segundo Foro Virtual “Insumos para una región Hídrica Sostenible” [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=gnCvQ7UjZ60yt=515s>
- Gaviria, S. (2021). *Algunos Elementos para la reconstrucción Geoambiental de la Región de Bogotá*. Documento de trabajo.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *La ley de la entropía y el proceso económico*. Fundación Argentina.
- Giblin, B. (1986). *El hombre y la tierra*. Fondo de Cultura Económica.
- Gómez, J., Montes, N. E., Nivia, A., y Diederix, H. (2015). *Mapa Geológico de Colombia 2015*. Escala 1:1 000 000. (p. 2 páginas). Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/10.143.2015.935>
- González de Molina, M., y Toledo, V. M. (2014). *The Social Metabolism - A Socio-Ecological Theory of Historical Change*. Environmental History 3, Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06358-4>
- González, E. (2014). *Las mujeres en la industria colombiana de las flores*. Informe OMAL No. 11. Paz con Dignidad; Observatorio de Multinacionales en América Latina (OMAL). https://omal.info/IMG/pdf/2014_informe_omal_no_11.pdf
- González, M. (2016). *Análisis comparativo de la huella hídrica en agroecosistemas de la microcuenca Alto Río Ubaté*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58066>
- Gottman, J. (1975). The evolution of the concept of territory. *Social Science Information*, 14(3–4), 29–47.
- Gottman, J. (2005). *El significado del territorio*. Nexta Books.
- Gregory, K. J. (2000). The environmental system. En *The Changing Nature of Physical Geography* (p. 368). 2nd ed. Hodder Education Publisher.
- Guhl-Nannetti, E. (2013). La región hídrica de Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 327–341.
- Gutiérrez-Puebla, J. (2001). Escalas Espaciales, Escalas Temporales. *Estudios Geográficos*, LXII (242), 89–104. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2001.i242.295>
- Guzman, G., Aguilera, E., Soto, D., Cid, A., Infante, J., García, R., Herrera, A., Villa, I., y González de Molina, M. (2014). Methodology and Conversion Factors to estimate the Net Primary Productivity of historical and contemporary agroecosystems (N°. 1407) https://www.researchgate.net/publication/262326754_Methodology_and_conversion_factors_to_estimate_the_net_primary_productivity_of_historical_and_contemporary_agroecosystems
- Guzmán, G., y González de Molina, M. (2017). *Energy in Agroecosystems. A tool for assessing sustainability*. Taylor and Francis.

- Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Martinez-Alier, J., y Winiwarter, V. (2011). A socio-metabolic transition towards sustainability Challenges for another Great. *Sustainable Development*, 19, 1–14. <https://doi.org/10.1002/sd.410>
- Haberl, Helmut, Schmid, M., Haas, W., Wiedenhofer, D., Rau, H., y Winiwarter, V. (2021). Stocks, flows, services and practices: Nexus approaches to sustainable social metabolism. *Ecological Economics*, 182, 106949. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106949>
- Haigh, M. J. (1985). Geography and General System Theory. Philosophical Homologies and Current Practice. *Geoforum*, 16(2), 191–203. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(85\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0016-7185(85)90028-4)
- Harlow, J., Golub, A., y Allenby, B. (2013). A Review of Utopian Themes in Sustainable Development Discourse. *Sustainable Development*, 21(4), 270–280. <https://doi.org/10.1002/sd.522>
- Harvey, D. (1996). *Justice, Nature, and the Geography of Difference*. Blackwell Publishing.
- Harvey, D. (2001). *Spaces of capital: towards a critical geography*. Edinburg University Press.
- Hernández-Schmidt, M. (2016). *Historia del uso y del conocimiento de la flora y de las especies típicas de la Sabana de Bogotá y sus antiguas haciendas*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9658>
- Herrera, C., Nizo, J., Chiquiza, L., Rincón, E., Niño, C., y Moreno, S. (1974). Monografía de Suesca. Edición de la oficina de divulgación cultural de Cundinamarca.
- Herrera, M. (2008). Milenios de ocupación en Cundinamarca. En *Los muisca en los siglos XVI y XVII: Miradas desde la arqueología, la antropología y la historia* (pp. 1–33).
- Holling, C. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4, 390–405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Huber, M. (2016). Teaching energy geography? It's complicated. *Journal of Geography in Higher Education*, 40(1), 77–83. <https://doi.org/10.1080/03098265.2015.1089476>
- Huckle, J. (2011). Bringing sustainability into sharper focus. *Teaching Geography*, 36(3), 118–119.
- Huckle, J. (2014). History. En D. Rowe (Ed.), *Achieving Sustainability: Visions, Principles, and Practices*. (pp. 450–459). Macmillan.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2012). Mapa de complejos de páramo delimitados a escala 1:100 000.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2018). Mapa de complejos de páramo delimitados a escala 1:25 000.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt e Instituto de Estudios Ambientales. (2015). Caracterización de actores, análisis de redes y de servicios ecosistémicos en el ámbito local del Complejo de páramos altiplano cundiboyacense en jurisdicción de la CAR, Corpoboyacá y Corpochivor Repositorio Institucional de Documentación Científica del Instituto

- de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9561>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2017). *Censo Pecuario Nacional*.
<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2017.aspx>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. En *Area*: Vol. TH-62-04-1 (Número 257).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, e Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2017). Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) a escala 1:100.000 (p. 170).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrológica.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). Atlas de la Distribución de la Propiedad Rural en Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Universidad de los Andes.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2019). Mapa de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Cundinamarca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- Infante-Amate, J., González de Molina, M., y Toledo, V. M. (2017). El Metabolismo Social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27, 130–152.
- Instituto para el Desarrollo Sostenible Quinaxi y EAAB. (2013). *La región hídrica de Cundinamarca - Bogotá. Una propuesta Conceptual. Articulación conceptual de la Gestión Integrada del Agua, el ordenamiento territorial y la sostenibilidad*.
- Jalife-Rahme, A. (2015). *Las guerras globales del agua. Privatización y "fracking"*. Grupo Editorial Orfila Valentini, S.A de C.V.
- Kaika, M. (2005). *City of flows. Modernity, Nature and the City*. Routledge. Taylor and Francis Group.
- Kalmanovitz, S., y López, E. (2006). *La agricultura colombiana en el siglo XX*. Fondo de Cultura Económica.
- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Lauk, C., y Haberl, H. (2008). Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecological Economics*, 65(3), 471-487.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.012>
- Lawhon, M., y Murphy, J. T. (2012). Socio-technical regimes and sustainability transitions. *Progress in Human Geography*, 36(3), 354–378. <https://doi.org/10.1177/0309132511427960>

- Linton, J. (2008). Is the hydrologic cycle sustainable? A historical-geographical critique of a modern concept. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(3), 630–649. <https://doi.org/10.1080/00045600802046619>
- Linton, J. (2009). What is Water? En Wynn Graeme University British Columbia (Ed.), *Nature, History, Society*. UBC Press The University of British Columbia.
- Linton, J., y Budds, J. (2014). The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. *Geoforum*, 57, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.008>
- Luque, A. (2021). *Historia de las transformaciones productivas y la influencia del desarrollo turístico en la ruralidad de Suesca, Cundinamarca. Güita, un estudio de caso (1960-2020)* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana Facultad]. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/54312>
- Machado, A. (1991). *El modelo de desarrollo agroindustrial de Colombia*. Cega, Siglo Veintiuno Editores.
- Machado, A. (2001). El modelo de desarrollo agrícola. *Apuntes del CENES*, 20(31), 194–204.
- Machado, A. (2002). *De la estructura agraria al sistema agroindustrial*. Universidad Nacional De Colombia.
- Malanson, G. P. (2014). Physical geography on the methodological fence: David Stoddart (1965) Geography and the ecological approach: The ecosystem as a geographic principle and method. *Geography* 50: 242–251. *Progress in Physical Geography*, 38(2), 251–258. <https://doi.org/10.1177/0309133314525184>
- Malanson, G. P., Scuderi, L., Moser, K. A., Willmott, C. J., Resler, L. M., Warner, T. A., y Mearns, L. O. (2014). The composite nature of physical geography. *Progress in Physical Geography*, 38(1), 3–18. <https://doi.org/10.1177/0309133313516481>
- Malo, A. (2018). La naturaleza: un instrumento de control y dominación. *Educación Superior y Sociedad*, 27, 101–125.
- Manifiesto por la Vida. Por una ética para la sustentabilidad (2002). *Ambiente y Sociedad*, V(10), 1–14.
- Marsh, G. (1864). *Man and nature*.
- Martínez, G., y Peniche, S. (2020). Aproximaciones para caracterizar el ciclo hidrosocial del agua urbana desde la Economía Ecológica. *Impluvium, Diáspora Hídrica*, 95–101.
- Martínez, L. (2014). El recurso hídrico en el cultivo de papa: implicaciones socioculturales y ambientales. *Trabajo Social*, 16, 205–219.
- Martínez, A., Afanador, E., Zapata, J.G., Núñez, J., Ramírez, R., Yepes, T., Garzón, J.C. (2013). *Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca*. Cuadernos de Fedesarrollo No. 45. <http://hdl.handle.net/11445/154>
- Marx, K. (2010). *El capital: crítica de la economía política*. (Ed., trad.).

- Mejía, L., y Pérez, L. (2016). *Análisis del estado de las plantas de tratamiento de agua residual de la cuenca alta del río Bogotá dentro de la jurisdicción de la CAR*. [Trabajo de grado. Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/346
- Méndez-Rojas, D. A. (2016). Semillas en transfuga. La Fundación Rockefeller en Colombia: escenarios de la revolución verde en América Latina 1950-1967. *Pacarina del Sur [En línea]*, 8(29). <http://pacarinadelsur.com/home/abordajes-y-contiendas/1386-semillas-en-transfuga-la-fundacion-rockefeller-en-colombia-escenarios-de-la-revolucion-verde-en-america-latina-1950-1967>
- Méndez, O (2007). *Análisis ambiental del cambio tecnológico en el cultivo de papa en Páramo de Guerrero, Cundinamarca (1930 – 2005)*. [Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60012>
- Millennium Ecosystem Assessment (Program). (2005). *Ecosystems and human well-being*. Washington, D.C: Island Press.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Estrategia de ordenamiento de la producción cadena productiva de la papa y su industria. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Normatividad/Plan%20de%20Ordenamiento%20papa%202019-2023.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Departamento Nacional de Estadística. (2013). *Boletín mensual - Insumos y Factores Asociados a la producción agropecuaria*. <http://hdl.handle.net/11348/7474>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (1995). *Censo de Minifundio en Colombia*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/17549>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (12 de mayo de 2015). Avanza recuperación ambiental, social, cultural y económica del Río Bogotá. Minambiente. <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/avanza-recuperacion-ambiental-social-cultural-y-economica-del-rio-bogota/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Adaptación al cambio climático en la alta montaña. Recursos Cartográficos*. Proyecto adaptación a los impactos climáticos en regulación y suministro de agua para el área de Chingaza - Sumapaz - Guerrero. Conservación Internacional Colombia. <https://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/cambio-climatico-en-alta-montana>
- Molina-Prieto, L. F. (Comp.) (2015). *Villapinzón, cuna del río Bogotá*. Bogotá: Municipio de Villapinzón. https://drive.google.com/file/d/0B-5N_eNL63RqRzcwY2pBb2ZGZlk/view?resourcekey=0-2etrfU9-KvoWfecalSUuTw

- Montañez, G. (2009). Geografía y marxismo: lecturas y prácticas desde las obras de D. Harvey, N. Smith y R. Peet. En J. W. Montoya (Ed.), *Lecturas en teoría de la geografía* (pp. 41–102). Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.
- Montañez, G., Arcila, O., Pacheco, J., Hernández, Y., Gracia, J., y Lancheros, H. (1994). *Hacia dónde va la sabana de Bogotá: Modernización, conflicto, ambiente y sociedad*. Universidad Nacional de Colombia. Centro de Estudios Sociales: SENA.
- Mora-Pacheco, K. (2016). *Adaptación de sociedades agrarias a la variabilidad climática. Sabana de Bogotá, Andes Orientales colombianos, 1690-1870* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57731>
- Moraes, A. (2015). *Territorio en la geografía de Milton Santos*. Universidad Externado de Colombia, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, 1(93).
- Murad, R. (2003). *Estudio sobre la distribución espacial de la población en Colombia*. Proyecto regional de población Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), División de Población de la CEPAL/Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA). Naciones Unidas CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/7186>
- Naredo, J. (2004). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Cuadernos de investigación urbanística*, 41, 7–18. <https://doi.org/10.20868/ciur.2004.41.1032>
- Newell, J., y Cousins, J. (2015). The boundaries of urban metabolism. *Progress in Human Geography*, 39(6), 702–728. <https://doi.org/10.1177/0309132514558442>
- Nogué i Font, J. (1988). El fenómeno neorrural. *Agricultura y sociedad*, 47, 145–175.
- Odum, E. P., y Sarmiento, F. O. (1998). *Ecología: El puente entre ciencia y sociedad*. McGraw-Hill Interamericana.
- Odum, H., y Odum, E. (1981). *Hombre y naturaleza bases energéticas*.
- Odum, H. T., y Odum, P. H. T. (1996). *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*. Wiley.
- Ojeda, D. (2004). *Diagnóstico ambiental por vertimiento de residuos de curtiembres al río Bogotá en el corredor industrial Villapinzón - Chocontá cuenca alta del río Bogotá*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia]. Universidad Nacional de Colombia.
- Osorio, L. C., Siebel, M., Sanz, M., Santos, T., Tobón Ramírez, C., Bello, T., Aragón, C., Sánchez, A., y Escamilla, C. (2011). *Iniciativas ambientales en la cuenca alta del río Bogotá: curtiembres de Villapinzón y Chocontá y manejo integral del agua en Tominé* (Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities Health) SWITCH, (Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá) UNAL Bogotá, (Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación) Colciencias y (Corporación

- Autónoma Regional de Cundinamarca) CAR (eds.). Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Instituto de Estudios Ambientales; Colciencias.
- Pabón, J. (2011). *El cambio climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (CAR).
- Páez, O. (13 de febrero de 2009). Informe sobre la floricultura colombiana 2008. Condiciones laborales y la crisis del sector. Agencia Prensa Rural. <https://prensarural.org/spip/spip.php?article2041>
- Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3), 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.06.001>
- Panez-Pinto, A., Mansilla-Quiñones, P., y Moreira-Muñoz, A. (2018). Agua, tierra y fractura sociometabólica del agronegocio. Actividad frutícola en Petorca, Chile. *Bitácora Urbano Territorial*, 28(3), 153–160. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.72210>
- Pasqualetti, M., y Stremke, S. (2018). Energy landscapes in a crowded world: A first typology of origins and expressions. *Energy Research and Social Science*, 36, 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.030>
- Pérez, M. (2007). *Comercio internacional y medio ambiente en Colombia: mirada desde la economía ecológica*. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Pérez-Rincón, M., Vargas-Morales, J., & Crespo-Marín, Z. (2018). Trends in social metabolism and environmental conflicts in four Andean countries from 1970 to 2013. *Sustainability Science*, 13(3), 635–648. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0510-9>
- Porto-Gonçalves, C. (2016). Lucha por la Tierra. Ruptura metabólica y reapropiación social de la naturaleza. *Polis, Revista Latinoamericana*, 45, 1–21.
- Porto-Gonçalves, C. W. (2004). *El desafío ambiental*.
- Prigogine, I. (1978). Time, Structure, and Fluctuations. *Science*, 201(4358), 777–785.
- Quesada, C. (2007). Gonzalo Jiménez de Quesada: La retórica frente al infortunio. En T. Barrera (Ed.), *Herencia cultural de España en América: poetas y cronistas andaluces en el nuevo mundo, siglo XVI: actas del I Encuentro de Literatura Hispanoamericana Colonial* (p. 206). Universidad de Sevilla.
- Raffestin, C. (1980). *Por Uma Geografia Do Poder*. Editora Ática S. A.
- Raffestin, C., y Butler, S. (2012). Space, territory, and territoriality. *Environment and Planning D: Society and Space*, 30(1), 121–141. <https://doi.org/10.1068/d21311>
- Ramos, J. I. (1974). *El pasto kikuyo para producción lechera: Monografía*. Departamento de Ciencias Animales, Instituto Colombiano Agropecuario. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/15776>
- Rana, L. (2014). Models, Theory and Systems Analysis in Geography. *The Association for Geographical Studies*, 1–33.

- Rengifo, J. (2016). *Transformación y ordenamiento del paisaje vegetal en la cuenca del río Arroyobondo (Yumbo, Valle del Cauca)*. [Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59332>
- Repeto, H. (2004). Rentabilidad de la floricultura: ¿Para quién?
- Resolución 076 de 1977 [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)]. Por la cual se aprueba un Acuerdo de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-. 31 de marzo. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=22592>
- Resolución 511 de 2012 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)]. Por medio de la cual se establece el procedimiento para la realindereación de la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del río Bogotá y se adoptan otras determinaciones. 19 de abril. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_0511_2012.htm
- Resolución 755 de 2012 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)]. Por medio de la cual se establecen determinaciones respecto al uso y funcionamiento de la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá y se modifica la Resolución número 511 de 2012. 1 de junio. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_0755_2012.htm
- Resolución 0138 de 2014 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)]. Por la cual se realindere la reserva forestal protectora productora la cuenca alta del río Bogotá y se toman otras determinaciones. 31 de enero. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5acb7870329e1.pdf>
- Rivera-Hernández, J. E., Houbron, E. P., y Pérez-Sato, J. A. (2017). ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto. *Posgrado y Sociedad. Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, 15(1), 57–67.
- Rockefeller Foundation. (1949). *The Rockefeller Foundation Annual Report*.
- Rockefeller Foundation. (1960). *The Rockefeller Foundation Annual Report*.
- Rodríguez, P. (2010). *Aproximaciones teóricas y metodológicas para evaluar parcial e integralmente las transformaciones ambientales en el Páramo de Guerrero* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/6878>
- Rohse, M., Day, R., y Llewellyn, D. (2020). Towards an emotional energy geography: Attending to emotions and affects in a former coal mining community in South Wales, UK. *Geoforum*, 110 (2018), 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.02.006>
- Rosselli, L., Jaramillo, A., y Cabrera, L. (2014). *Transformación ambiental a lo largo del curso alto del río Bogotá. Informe Final de investigación*. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

- Rotmans, J., Kemp, R., y Van Asselt, M. (2001). More evolution than revolution: Transition Management in Public Policy. *Foresight*, 3(1), 1–17.
- Ruiz-Nieto, O. (2022). *Transición socio-ecológica de la agricultura en la Sabana de Bogotá, Colombia, siglo XX*. [Tesis de maestría en publicación, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Colombia.
- Ruiz, M. (2008). Lineamientos para una historia agro-ambiental de la sabana de Bogotá. En G. Palacio (Ed.), *Historia Ambiental de Bogotá y La Sabana, 1805 – 2005*. Universidad Nacional de Colombia. Instituto Amazónico de Investigación IMANI.
- Salcedo, A., Díaz, S., Gonzáles, J., Rodríguez, A., y Varona, M. (2012). Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del Río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. *Revista Ciencias de la Salud*, 10 (Special Issue), 29–41.
- Samaja, J. (2003). Desafíos a la epidemiología (pasos para una epidemiología “Miltoniana”). *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 6(2), 105–120.
- Sanabria, Y. y Puentes, D. *Evaluación de la biomasa y captura de carbono en bosques altoandinos mediante patrones florísticos, estructurales y funcionales en la Cordillera Oriental - Cundinamarca*. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6984>
- Santos, M. (1996). *Metamorfosis del espacio habitado*. Vilassar de Mar: Oikos-Tau.
- Santos, M. (2000). *La Naturaleza del Espacio. Técnica, tiempo, razón y emoción*. Editorial Ariel.
- Santos, M. (2001). Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal. *EURE (Santiago)*, 27(81), 1–85. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612001008100008>
- Santos, M. (2002). O dinheiro e o território. En *Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial*. Niterói: Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense; Associação dos Geógrafos Brasileiros.
- Santos, T. (2021). *Development of an Environmental Multiscale Decision Support System (EMDSS) for sustainable water management in highly complex altered catchments* [Tesis de doctorado, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional Séneca. <http://hdl.handle.net/1992/50632>
- Sanz, M. (2015). *Micro and Small Enterprises, Water and Developing Countries: A Challenge for Sustainability in Colombia*. Taylor and Francis Ltda.
- Saquet, M. A. (2013). *Abordagens e concepções de território* (3 ed.). Sao Paulo: Outras Expressões.
- Saquet, M. A. (2015). *Por una geografía de las territorialidades y las temporalidades. Una concepción multidimensional orientada a la cooperación y el desarrollo territorial*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. (Biblioteca Humanidades; 36).
- Sastoque, A. (2018). *El control en la tercerización de la producción en cadenas globales de subcontratación en la industria agroalimentaria. La papa en Villapinzón*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia].

Universidad Nacional de Colombia.
https://www.researchgate.net/publication/327704740_EL_CONTROL_EN_LA_TERECERIZACION_DE_LA_PRODUCCION_EN_CADENAS_GLOBALES_DE_SUBCONTRATACION_EN_LA_INDUSTRIA_AGROALIMENTARIA_LA_PAPA_EN_VILLAPINZON

- Schmidt, A. (1977). *El concepto de naturaleza en Marx*. Siglo XXI Editores.
- Shove, E., y Walker, G. (2014). What Is Energy For? Social Practice and Energy Demand. *Theory, Culture y Society*, 31(5), 41–58. <https://doi.org/10.1177/0263276414536746>
- Skole, D. (2004). Geography as a Great Intellectual Melting Pot and the Preeminent Interdisciplinary Environmental Discipline. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(4), 739–743.
- Sochava, V. (1971). Geography and Ecology. *Soviet Geography*, 12(5), 277–293. <https://doi.org/10.1080/00385417.1971.10770247>
- Sochava, V. (1978). *An Introduction to the Theory of Geosystems*. Nauka Press.
- Stephenson, J. (2017). What does energy mean? An interdisciplinary conversation. *Energy Research and Social Science*, 26, 103–106. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.01.014>
- Stoddart, D. (1967). Organism and ecosystems as geographical models. En R. J. Chorley y P. Haggett (Eds.), *Models in Geography* (pp. 511–548). Methuen.
- Sui, D., y DeLyser, D. (2012). Crossing the qualitative-quantitative chasm I: Hybrid geographies, the spatial turn, and volunteered geographic information (VGI). *Progress in Human Geography*, 36(1), 111–124. <https://doi.org/10.1177/0309132510392164>
- Swyngedouw, E. (2004). *Social Power and the urbanization of water*. Oxford University Press Inc.
- Swyngedouw, E. (2007). Impossible “Sustainability” and the Post -Political Condition. En D. Gibbs y R. Krueger (Eds.), *The Sustainable Development Paradox* (pp. 13–40). Guilford Press.
- Swyngedouw, E. (2009a). Circulations and metabolisms: (Hybrid) natures and (Cyborg) cities. En *Technonatures: Environments, Technologies, Spaces, and Places in the Twenty-first Century* (pp. 61–84). School of Geography and the Environment Oxford University.
- Swyngedouw, E. (2009b). The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, 142(1), 56–60. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2009.00054.x>
- Swyngedouw, E. (2010). *Place, Nature and the Question of Scale: Interrogating the Production of Nature* (No. 5). Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.
- Swyngedouw, E. (2013). Into the Sea: Desalination as Hydro-Social Fix in Spain. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(2), 261–270. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.754688>
- Thomas, W. L. J. (1956). *Man’s role in changing the face of the earth*. University of Chicago Press.
- Tobón Ramírez, C. (2013). *Metabolismo social para el manejo sostenible de los recursos naturales. El agua en la Cuenca Alta del Río Bogotá* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio

- institucional - Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75024>
- Toledo, V. M. (2008). Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 7, 1–26.
- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 34(136), 41–71.
- Toledo, V. M., y Ortiz-Espejel, B. (2014). *México, regiones que caminan hacia la sustentabilidad. Una geopolítica de las resistencias bioculturales*. Universidad Iberoamericana Puebla.
- Toledo, V. M. (2019). What are we saying when we talk about Sustainability? *The Jus Semper Global Alliance*, 17.
- Tricart, J. (1979). Paysage, écologie et approche systémique (Landscape, ecology and system approach). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 465, 377–382.
- Turner, M. D. (2014). Political ecology I: An alliance with resilience? *Progress in Human Geography*, 38(4), 616–623. <https://doi.org/10.1177/0309132513502770>
- United States Geological Survey. (13 de noviembre 2019). How Much Water is There on Earth? Water Science School. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth>
- Unwin, T. (1995). *El lugar de la geografía*. Cátedra.
- Urban, M., y Rhoads, B. (2003). Conceptions of nature: Implications for an integrated geography. En S. T. Trudgill y A. Roy (Eds.), *Contemporary Meanings in Physical Geography: From what to why?* Arnold.
- Urrego–Mesa, A. (2021). *The Social Metabolism of Tropical Agriculture: Agrarian Extractivism in Colombia (1916–2016)* [Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona]. Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona.
http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/181066%0Ahttp://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/181066/1/AUM_PhD_THESIS.pdf
- Van der Hammen, T. (1986). La Sabana de Bogotá y su lago en el Pleniglacial Medio. *Caldasia*, 15(71–75), 249–262.
- Van der Hammen, T. (1992). El hombre prehistórico en la Sabana de Bogotá: datos para una prehistoria ecológica. En *Historia, ecología y vegetación* (FEN, COA, pp. 217–232). Banco Popular.
- Van der Hammen, T. (1998). *Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá. Análisis y orientaciones para el ordenamiento territorial*. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca Ed.
- Van der Hammen, T. y Andrade, G. (2003). *Estructura ecológica principal para Colombia: Primera aproximación*. IDEAM; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/015647/Estructuraecologicaprincipal.pdf>

- Van der Hammen, T., y Correal, G. (1978). Prehistoric man of the Sabana de Bogotá: Data for an ecological prehistory. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 25(1-2), 179–190. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0031-0182\(78\)90077-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0031-0182(78)90077-9)
- Van der Hammen, T., y González, E. (1963). Historia de clima y vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. *Boletín Geológico*, 11(1–3), 189–266. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/bolgeol11.1-3.1963.202>
- Vanhulst, J., y Zaccai, E. (2016). Sustainability in Latin America: An analysis of the academic discursive field. *Environmental Development*, 20, 68–82. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2016.10.005>
- Vargas, Y. (2020). *Revisión de metodologías para la clasificación de las coberturas de la tierra* [Trabajo de grado. Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia <https://hdl.handle.net/10495/15420>
- Velásquez, M. (2021). *Efectos sobre las variables hidrológicas y la provisión potencial de servicios ecosistémicos producto del cambio de cobertura vegetal. Caso de estudio sistema socioecológico de la cuenca del Río Mira*. [Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79796>
- Vogt, H. (1979). Place de l'analyse des systèmes dans les recherches en géographie physique «complexe» en R.D.A. et en U.R.S.S (Position of systems analysis in G.D.R. and U.S.S.R. advanced research in physical geography). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 465, 369–375.
- von Bertalanffy, L. (1951). *Teoría general de los sistemas*. Fondo de cultura económica.
- von Elverfeldt, K. (2012). *System Theory in Geomorphology Challenges, Epistemological Consequences and Practical Implications*. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Austria.
- von Elverfeldt, K., y Glade, T. (2011). Systems theory in Geomorphology A challenge. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*, 55(3), 87–108.
- Walsh, M. (20 de octubre de 2020). *Marx, Engels and Metabolic Rift – Part One*. Rebelnews. <http://www.rebelnews.ie/2020/10/20/marx-engels-metabolic-rift-part-one/>
- Whatmore, S. (2002). *Hybrid Geographies, natures cultures spaces*. SAGE Publications Ltd.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. WCED. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- World Water Assessment Programme. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. UNESCO <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>
- World Wildlife Fund. (2016). *Natural and Nature-based Flood Management: A Green Guide*. <https://www.worldwildlife.org/publications/natural-and-nature-based-flood-management-a-green-guide>

- Yeager, C. D., y Steiger, T. (2013). Applied geography in a digital age: The case for mixed methods. *Applied Geography*, 39, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.12.001>
- Yepes, F. (2001). Ganadería y transformación de ecosistemas: un análisis ambiental de la política de apropiación territorial. En G. Palacio, González, J. M., Yepes, F., Carrizosa, J., Palacio, L. C., Montoya, C., y Márquez, G. (Eds.), *Naturaleza en Disputa: Ensayos de Historia Ambiental de Colombia 1850-1995* (pp. 119–164). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52463>
- Zambrano, F. (2015). *Alimentos para la ciudad. Historia de la agricultura colombiana*. Editorial Planeta.
- Zambrano, F., y Bernard, O. (1993). *Ciudad y territorio: el proceso de poblamiento en Colombia*. Institut Français d'études Andines. <https://doi.org/doi:10.4000/books.ifea.2083>

A. Anexo Ciclo de la Información

A1. Encuesta virtual



EL CICLO DE LA INFORMACIÓN SOBRE AGUA Y ENERGÍA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ (CARB)

Encuesta realizada a través del Formulario de Google: <https://docs.google.com/forms/d/1A-fxrqlUplP-RKjnPILXoTEmlSc819r7FJpviCqlf0A/edit>

El estudio doctoral de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia titulado *"Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en el Río Bogotá"* tiene como objetivo proponer un modelo de interpretación de la sustentabilidad territorial en un área definida en la cuenca alta del Río Bogotá (CARB) integrando el ciclo natural y social del agua con los flujos de energía y de información.

El propósito de este instrumento en particular es complementar el análisis de la información sobre fuentes y usos de agua y energía que se ha realizado durante la investigación con base en la aplicación de diversas técnicas cualitativas con algunas comunidades locales y entidades territoriales en los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca.

Las preguntas se realizan en función de 6 procesos considerados en el ciclo de la información alrededor del agua y de la energía en la CARB. Estos procesos son: Conciencia, Conocimiento, Redes, Fuentes de Información, Comunicación y Toma de decisiones.

Nombre completo:

Si pertenece a alguna entidad u organización por favor indique el nombre:

1. ¿Cómo considera el nivel de CONCIENCIA de las COMUNIDADES LOCALES de la CARB sobre las fuentes y usos de AGUA?:

Alto Medio Bajo

2. ¿Cómo considera el nivel de CONCIENCIA de las COMUNIDADES LOCALES de la CARB sobre las fuentes y usos de ENERGÍA?:

Alto Medio Bajo

3. ¿Cómo considera el nivel de CONCIENCIA de LOS PRODUCTORES de CARB sobre las fuentes y usos de AGUA?:

Alto Medio Bajo

4. ¿Cómo considera el nivel de CONCIENCIA de LOS PRODUCTORES de la CARB sobre las fuentes y usos de ENERGÍA?:

Alto Medio Bajo

5. ¿Cómo considera el nivel de CONCIENCIA de LAS INSTITUCIONES (alcaldía/gobernación/CAR/MADS) de la CARB sobre las fuentes y usos de AGUA?:

Alto Medio Bajo

-
6. ¿Cómo considera el nivel de CONCIENCIA de LAS INSTITUCIONES (alcaldía/gobernación/CAR/MADS) de la CARB sobre las fuentes y usos de ENERGÍA?:
Alto Medio Bajo
7. ¿Cómo considera el nivel de CONOCIMIENTO que tienen las COMUNIDADES LOCALES de la CARB sobre las fuentes y usos de AGUA?:
Alto Medio Bajo
8. ¿Cómo considera el nivel de CONOCIMIENTO que tienen las COMUNIDADES LOCALES de CARB sobre las fuentes y usos de ENERGÍA?:
Alto Medio Bajo
9. ¿Cómo considera el nivel de CONOCIMIENTO que tienen LOS PRODUCTORES de CARB sobre las fuentes y usos de AGUA?
Alto Medio Bajo
10. ¿Cómo considera el nivel de CONOCIMIENTO que tienen LOS PRODUCTORES de CARB sobre las fuentes y usos de ENERGÍA?
Alto Medio Bajo
11. ¿Cómo considera el nivel de CONOCIMIENTO que tienen las INSTITUCIONES (alcaldía/gobernación/CAR) de la CARB sobre las fuentes y usos de AGUA?
Alto Medio Bajo
12. ¿Cómo considera el nivel de CONOCIMIENTO que tienen las INSTITUCIONES (alcaldía/gobernación/CAR) de la CARB sobre las fuentes y usos de ENERGÍA?
Alto Medio Bajo
13. ¿Cómo considera el nivel de formación de REDES de actores en la CARB relacionadas con las fuentes y usos de AGUA?
Alto Medio Bajo
14. ¿Cómo considera el nivel de formación de REDES de actores en la CARB relacionadas con las fuentes y usos de ENERGÍA?
Alto Medio Bajo
15. ¿Considera que existen **suficientes** FUENTES DE INFORMACIÓN relacionadas con las fuentes y usos de AGUA en la CARB?
Sí No
16. ¿Considera que existen **suficientes** FUENTES DE INFORMACIÓN relacionadas con las fuentes y usos de ENERGÍA en la CARB?
Sí No
17. ¿Cómo considera la **calidad** de las FUENTES DE INFORMACIÓN relacionadas con las fuentes y usos de AGUA en la CARB?
Buena Regular Deficiente
18. ¿Cómo considera la **calidad** de las FUENTES DE INFORMACIÓN relacionadas con las fuentes y usos de ENERGÍA en la CARB?
Buena Regular Deficiente
19. ¿Cómo considera el proceso de COMUNICACIÓN entre los actores sociales e institucionales acerca de las fuentes y usos de AGUA en CARB?

Bueno Regular Deficiente

20. ¿Cómo considera el proceso de COMUNICACIÓN entre los actores sociales e institucionales acerca de las fuentes y usos de ENERGÍA en la CARB?

Bueno Regular Deficiente

21. ¿Considera que el proceso de TOMA DE DECISIONES sobre las fuentes y usos de AGUA involucra información certera sobre las realidades locales en la CARB?

Si No

22. ¿Considera que el proceso de TOMA DE DECISIONES sobre las fuentes y usos de ENERGÍA involucra información certera sobre las realidades locales en la CARB?

Si No

23. ¿Cómo considera el proceso de TOMA DE DECISIONES relacionado con las fuentes y usos de AGUA en la CARB?

Bueno Regular Deficiente

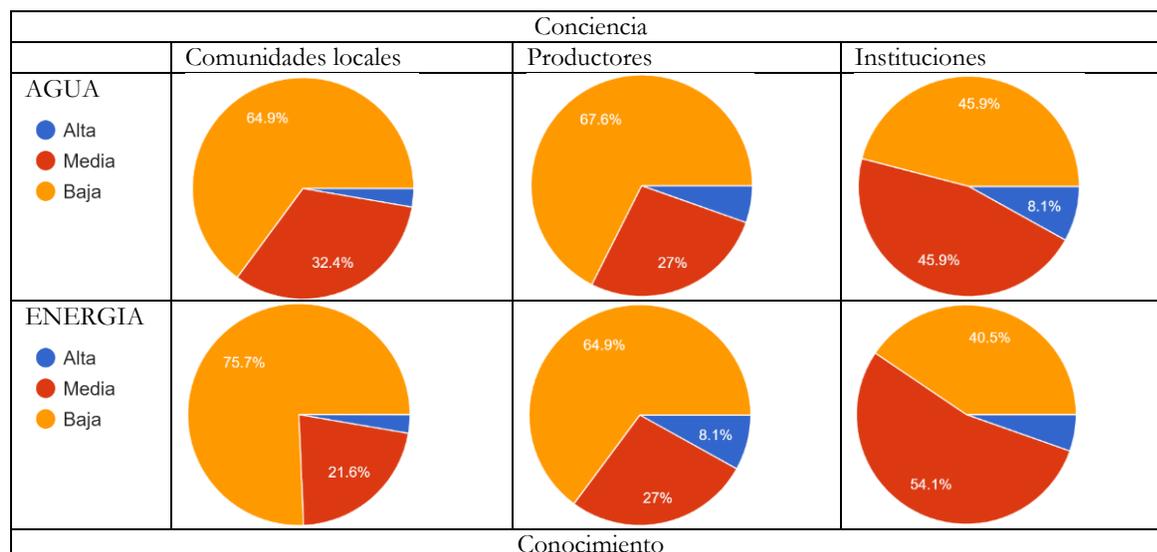
24. ¿Cómo considera el proceso de TOMA DE DECISIONES relacionado con las fuentes y usos de ENERGÍA en la CARB?

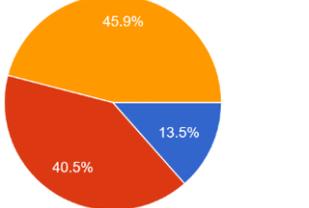
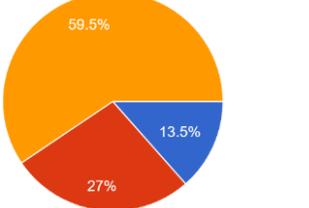
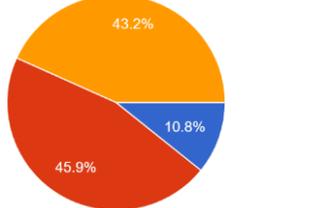
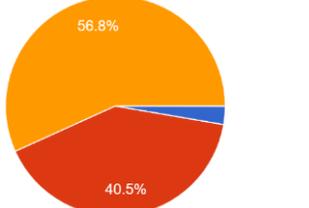
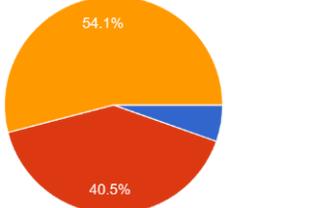
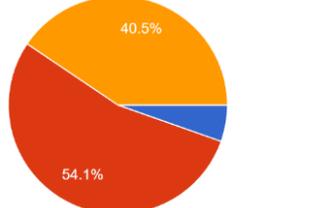
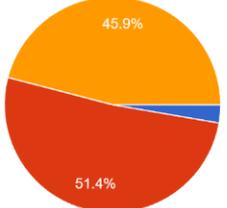
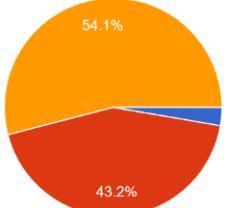
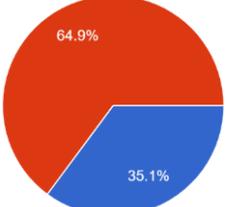
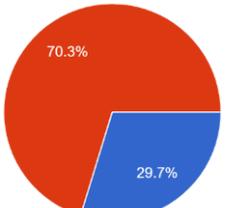
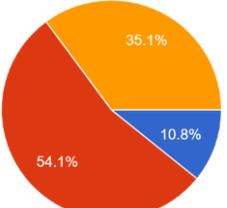
Buena Regular Deficiente

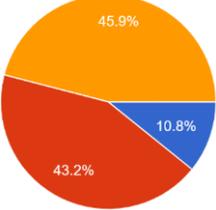
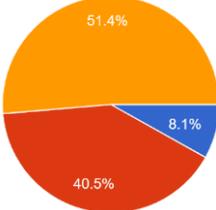
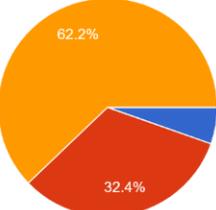
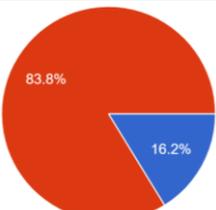
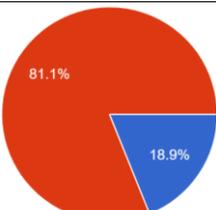
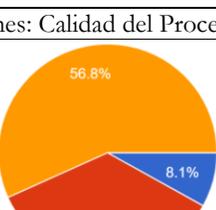
25. Observaciones generales (comentarios, sugerencias, recomendaciones) acerca de los procesos del ciclo de la información sobre fuentes y usos de AGUA Y ENERGÍA en la CARB (respuesta abierta):

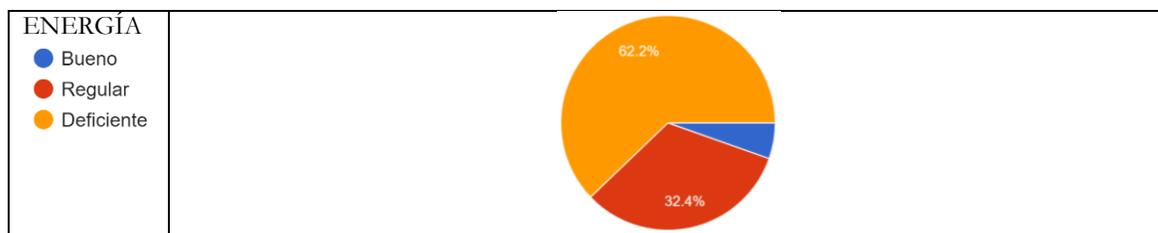
¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

A2. Gráficas de las respuestas a la encuesta



<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Media ● Baja 			
<p>ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Media ● Baja 			
Redes			
<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Media ● Baja 			
<p>ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Media ● Baja 			
Fuentes: Existencia			
<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si ● No 			
<p>ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si ● No 			
Fuentes: Calidad			
<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Buena ● Regular ● Deficiente 			

<p>ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Buena ● Regular ● Deficiente 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>10.8%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>43.2%</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>45.9%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Buena	10.8%	Regular	43.2%	Deficiente	45.9%
Categoría	Porcentaje								
Buena	10.8%								
Regular	43.2%								
Deficiente	45.9%								
<p>Comunicación Actores-Instituciones</p>									
<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Buena ● Regular ● Deficiente 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>8.1%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>40.5%</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>51.4%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Buena	8.1%	Regular	40.5%	Deficiente	51.4%
Categoría	Porcentaje								
Buena	8.1%								
Regular	40.5%								
Deficiente	51.4%								
<p>ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Buena ● Regular ● Deficiente 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>5.2%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>32.4%</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>62.2%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Buena	5.2%	Regular	32.4%	Deficiente	62.2%
Categoría	Porcentaje								
Buena	5.2%								
Regular	32.4%								
Deficiente	62.2%								
<p>Toma de Decisiones: Certera con las Realidades Locales</p>									
<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si ● No 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>16.2%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>83.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	16.2%	No	83.8%		
Respuesta	Porcentaje								
Si	16.2%								
No	83.8%								
<p>ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si ● No 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>18.9%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>81.1%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	18.9%	No	81.1%		
Respuesta	Porcentaje								
Si	18.9%								
No	81.1%								
<p>Toma de Decisiones: Calidad del Proceso</p>									
<p>AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Bueno ● Regular ● Deficiente 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>8.1%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>35.1%</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>56.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Bueno	8.1%	Regular	35.1%	Deficiente	56.8%
Categoría	Porcentaje								
Bueno	8.1%								
Regular	35.1%								
Deficiente	56.8%								



A3. Lista de participantes e instituciones-Encuesta ciclo de la información

	<i>Nombre completo:</i>	<i>Entidad u organización:</i>
1	Clemencia López	Colectivo Hernando Robles Villa
2	Silvia Marcela Cortés Torres	Corporación Tamsa
3	Sergio Gaviria Melo	Alianza para la defensa de la Sabana de Bogotá
4	Michael Alejandro Zambrano Valbuena	Concejo Municipal de Suesca
5	Leyla Johanna Cárdenas Novoa	Manos a la Cuenca - - Suesca
6	Ernesto Guhl Nanetti	Fundación QUINAXI
7	Roberto Zuleta	Habitante de Chocontá
8	Gabriel Borrero Fonseca	Veeduría del río Bogotá Suesca
9	Camilo Ruiz Talero	Veeduría del río Bogotá Suesca
10	Maia Cartwright	Reserva Natural de la Sociedad Civil El Turpial - Suesca
11	Carmen Alicia Moreno Carreño	Junta de Acción Comunal de la Vereda de Tenería, Suesca.
12	Diana Carolina Romero Suarez	Habitante de Suesca
13	Andrea del Pilar Rojas Vega	Institución Educativa Departamental Pablo VI - Suesca
14	Andrea Torres	Institución Educativa Departamental Pablo VI – Suesca
15	Esperanza Ruiz Paredes	Institución Educativa Departamental Pablo VI – Suesca
16	Carolina Peña Castañeda	Institución Educativa Departamental Pablo VI – Suesca
17	Alicia Cortés Sánchez	Institución Educativa Departamental Pablo VI – Suesca
18	Lucero Márquez Vega	Institución Educativa Departamental Pablo VI – Suesca
19	Blanca Yolima Torres Sierra	Institución Educativa Departamental Pablo VI - Suesca
20	Michel Estefan	Consejo Territorial de Planeación Suesca
21	Wilfer Yadir Huertas Cuervo	Concejo Municipal de Suesca
22	Julián Darío Olarte Franco	Alcaldía Municipio de Suesca
23	Yuli Mayerli García Espitia	Alcaldía Municipio de Villapinzón
24	Edgar Hernán Cabezas González	Junta de Acción Comunal de Santa Rosa de Suesca
25	Suzeth del Carmen Pulgarín Ayala	Al Viento, granja agroecológica Chocontá
26	Paola Andrea Guasca Cristancho	Alcaldía Municipio de Suesca
27	Isaura Patricia Jaime Ballesteros	Alcaldía Municipio de Chocontá
28	Juan Pablo Ruiz Soto	Asociación Red Colombiana de Reservas de la Sociedad Civil (RESNATUR)
29	Nelson Javier Torres Romero	Alcalde de Villapinzón
30	Giselle Andrea Osorio Ardila	Rediacción
31	Angela Patricia de Bedout Urrea	Veedora para vigilancia del proyecto torres de alta tensión en tabio
32	Tania Santos	Stockholm Environment Institute - SEI
33	Sergio Burgos Romero	Rediacción
34	Iris Laverde	Rediacción
35	Luz Marina Rincón	Rediacción
36	Ana Milena Ramos Delgado	Independiente
37	Hosman Ernesto Sastoque Herrera	Independiente

B. Anexo Información cualitativa

B1 Instrumentos para recolección de información en campo

B1.1 Entrevista a Alcaldías Municipales



METABOLISMO SOCIAL, SUSTENTABILIDAD Y TERRITORIO EN EL RÍO BOGOTÁ

01. Instrumento de captura de información primaria nivel municipal

Municipio:	
Cargo:	

Este estudio busca proponer un modelo para interpretar la sustentabilidad territorial en el Río Bogotá relacionada con el uso del agua, de la energía y de la información. Busca ser la base de una herramienta que permita tomar decisiones de manera más informada y que responda a un conocimiento integral del territorio. La información aquí consignada será tratada de manera confidencial y únicamente se usará con fines investigativos y académicos en el marco de la investigación doctoral mencionada.

¿Acepta que la entrevista sea grabada? SI___NO___

¿Acepta que la información consignada sea utilizada con fines de investigación? SI___NO___

I. Estado actual

1. Describa los sistemas de manejo de agua en la zona urbana y rural de su municipio:

Abastecimiento:

Saneamiento:

2. Describa como se realiza el suministro de energía en su municipio:
3. ¿Cuáles son los problemas más importantes que se presentan en su municipio con respecto al manejo del agua?
4. ¿Cuáles son los problemas más importantes en su municipio con respecto al uso de la energía?
5. ¿Cuáles son los problemas más importantes en su municipio con respecto al uso del suelo?

II. Actividades humanas productivas y domésticas

6. ¿Cuáles son los sistemas productivos que se desarrollan en su municipio según su importancia?

Sistema productivo

7. ¿Cómo se realiza el manejo de agua en los sistemas humanos domésticos? Justifique su respuesta
8. ¿Cómo considera que se realiza el manejo de agua en los diferentes sistemas productivos? Justifique su respuesta
9. ¿Cómo se realiza el uso de la energía en los sistemas humanos domésticos? Justifique su respuesta

10. ¿Cómo se realiza el uso de la energía en los sistemas los diferentes sistemas productivos? Justifique su respuesta

III. Priorización de microcuencas

11. ¿Cuáles microcuencas considera son las que vienen sufriendo mayor presión por las actividades humanas en su municipio?
12. ¿Qué fenómenos considera son lo que están generando dicha presión?

IV. Disposición a participar en el proyecto

13. ¿Estaría dispuesto a participar en el desarrollo del proyecto de investigación doctoral titulado Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en el río Bogotá?

SI___ NO___

Comentarios adicionales:

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

B1.2 Entrevista a sistemas productivos



METABOLISMO SOCIAL, SUSTENTABILIDAD Y TERRITORIO EN EL RÍO BOGOTÁ

02. Instrumento de captura de información primaria nivel productivo

Sistema productivo:		Ubicación geográfica:	
Municipio:			
Cargo de quien responde la encuesta:			

Este estudio busca proponer un modelo para interpretar la sustentabilidad territorial en el Río Bogotá relacionada con el uso del agua, de la energía y de la información. Busca ser la base de una herramienta que permita tomar decisiones de manera más informada y que responda a un conocimiento integral del territorio. La información aquí consignada será tratada de manera confidencial y únicamente se usará con fines investigativos y académicos en el marco de la investigación doctoral mencionada.

¿Acepta que la encuesta sea grabada? SI___ NO___

¿Acepta que la información consignada sea utilizada con fines de investigación? SI___ NO___

I. Información general

01. Propiedad del predio	Propietario ___ Arrendatario ___ Tenedor ___ Administrador ___		
02. ¿Cuenta con título de propiedad?	Si ___ No ___	Si no, ¿está en proceso?	Si ___ No ___
03. ¿Nació en la comunidad?	Si ___ No ___	Si no, ¿de qué lugar proviene?	
04. ¿Hace parte de alguna organización comunitaria?	No ___ Acueducto ___ Junta de Acción Comunal ___ Otro _____		
05. Área total del predio (ha)			

06. Del área total, indique el porcentaje que utiliza en:	Infraestructura (recreación y vivienda): _____ Pastos: _____ Cultivos (agrícolas, forestales, agroindustriales): _____ Bosque Nativo: _____ Fuentes de agua (nacimientos, quebradas, acuíferos): _____		
07. ¿Conoce el uso establecido en el EOT para su predio?	Si ___ No ___	Si sí, ¿cuál es el uso del suelo que corresponde a su predio?	

En caso de ser un sistema productivo familiar:

08. Miembros del hogar:				
09. Número de personas que componen el hogar:	1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ más ___			
10. Información de miembros del hogar	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____
	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____	Edad _____ Ocupación _____ Nivel de Educación _____ ¿Nació en la comunidad? _____
11. ¿Qué combustible utiliza para cocinar?	Gas propano _____ Carbón _____ Otro _____			
12. ¿Con qué servicios públicos cuenta?	Energía eléctrica _____ Agua _____ Alcantarillado _____ Aseo _____ Internet _____ Gas natural _____			

13. Describa de manera general el sistema productivo que maneja en el predio (puede hacer uso de dibujos o texto)	

II. Uso del agua en el sistema productivo

14. ¿Cómo se realiza el abastecimiento de agua para su sistema productivo?	Concesión de aguas _____ Acueducto municipal _____ Acueducto veredal _____ Otras fuentes _____		
15. Si tiene concesión de aguas ¿Cuál es el número de la concesión y el valor de caudal otorgado?	No. _____	Caudal otorgado (L/s): _____	
16. ¿En qué etapas del proceso productivo utiliza agua?			
17. ¿Cuánta agua utiliza en cada etapa (por unidad de tiempo y superficie)?			
18. ¿Utiliza agua lluvia en el proceso?	Si ___ No ___	Si sí, ¿cómo la almacena?	
19. ¿Conoce la cantidad de agua lluvia recolectada para su proceso?	Si ___ No ___	Si sí, ¿cuánta agua lluvia utiliza? (por tiempo y superficie)	
20. ¿Su proceso productivo genera agua residual?	Si ___ No ___		
21. En caso afirmativo ¿Cómo se dispone?	Alcantarillado _____ Pozo séptico _____ Vertimiento directo _____ Vertimiento difuso _____ Otro _____		
22. ¿Realiza reutilización de aguas de proceso?	Si ___ No ___	Si sí, ¿cómo lo realiza?	
23. ¿El agua que consume tiene algún tratamiento?	Si ___ No ___	Si sí, ¿cuál?	

III. Uso de la energía en el sistema productivo:

24. Uso de combustibles (tipo y cantidad)	
25. Madera (cantidad, proveniencia)	
26. tipos y cantidades de fertilizantes,	
27. tipos y cantidades de pesticidas	

28. Número de trabajadores en el SP	
29. tiempo requerido por las labores manuales	
30. Maquinaria utilizada en el SP	
31. tiempo requerido con maquinaria para el desarrollo de sus productos	
32. cantidad producida de papa, flores, leche	
33. tiempos requeridos para la producción	
34. transporte de sus productos,	
35. cuestiones generales de ubicación (otros SP alrededor)	
36. superficie dedicada a los diferentes sistemas agropecuarios	

IV. Uso de subproductos, disposición de residuos

37. subproductos generados en el proceso productivo	
38. reutiliza alguno de los subproductos generados en el proceso	Si _____ No _____ ¿Cómo?
39. ¿cuál es la disposición final de los subproductos que no reutiliza?	
40. ¿realiza algún manejo alternativo (diferente al convencional) del SP?	Si _____ No _____ ¿Cuál?

V. Uso de la información en el sistema productivo:

41. ¿realiza registros del SP?	
42. ¿Presenta a alguna entidad o autoridad informes, registro o información del proceso?	Si _____ No _____ ¿a cuál? ¿Qué tipo de información?

VI. ¿Cuáles considera que son los problemas ambientales más relevantes relacionados con su sistema productivo? (uso del agua, energía o suelo)

VII. Disposición a participar en el proyecto

VIII. ¿Estaría dispuesto a colaborar en el desarrollo del proyecto de investigación doctoral titulado Metabolismo Social, Sustentabilidad y Territorio en la Cuenca alta del río Bogotá?

SI _____ NO _____

B1.3. Entrevista Historia Oral



METABOLISMO SOCIAL, SUSTENTABILIDAD Y TERRITORIO EN EL RÍO BOGOTÁ

03. Entrevista – Historia Oral

Nombre entrevistado:	
Nombre entrevistador (es):	

Soy Carolina Tobón Ramírez, estudiante de doctorado en Geografía en la Universidad Nacional de Colombia. Para mi tesis de doctorado, enfocada en la sustentabilidad del río Bogotá, me he propuesto utilizar diversas técnicas de investigación entre las cuales se encuentra la historia oral. Por esta razón, y si usted está de acuerdo, voy a orientar la conversación con una serie de preguntas.

¿Acepta que la entrevista sea grabada? SI___ NO___

¿Acepta que la información consignada sea utilizada con fines de investigación? SI___ NO___

01. ¿Qué edad tiene usted?
02. ¿En qué zona de Villapinzón vive?, ¿Ha vivido siempre en este sector?
03. ¿Qué conoce usted del río Bogotá? ¿Cómo obtuvo este conocimiento?
04. ¿Su trabajo actual tiene algún tipo de relación con el río? ¿Desde hace cuánto tiempo se desempeña en esta labor? ¿En qué trabajaba antes?
05. ¿Siente que tiene alguna relación afectiva con su entorno ambiental?
06. ¿Cree usted que el paisaje donde vive ha cambiado en los últimos años? ¿Cómo era ese paisaje cuando usted era niño y adolescente?
07. ¿Considera que la población aledaña respeta el ecosistema donde habita? ¿Considera que la población respetaba el ecosistema cuando usted era niño?
08. ¿Cuáles son los principales cultivos en la zona en la actualidad? ¿En qué veredas se ubican? ¿Qué se cultivaba cuando usted era niño y dónde se ubicaban estos cultivos?
09. ¿Cómo han cambiado las prácticas agrícolas desde cuando usted era niño hasta hoy?
10. ¿De dónde viene la comida de los habitantes en la actualidad? ¿De dónde la traían cuando usted era niño?
11. ¿Cuándo comenzó la ganadería en la región? ¿Cómo ha cambiado la ganadería desde entonces? ¿Qué tipo de ganadería hay en la actualidad?
12. ¿Conoce si hay algún proyecto de minería o extracción de material? ¿Cuándo usted era niño conoció proyectos mineros o de extracción de material?
13. ¿Desde cuándo recuerda usted que haya curtiembres en la zona? ¿Cómo ha cambiado la forma de curtir pieles desde entonces hasta hoy? ¿Se han ubicado siempre en el mismo lugar (al lado del río)?
14. ¿Sabe usted cómo funciona el abastecimiento de agua en el municipio (cabecera y veredas)? ¿De dónde viene el agua? ¿Conoce usted cómo se realiza el tratamiento? ¿Desde cuándo funciona de esta manera? ¿Cómo se abastecían de agua cuando usted era niño?
15. ¿Sabe usted cómo funciona el abastecimiento de energía en el municipio (Cabecera y veredas)? ¿De dónde viene la energía? ¿Conoce usted cómo se realiza el tratamiento? ¿Desde cuándo funciona de esta manera? ¿Cómo se abastecían de energía cuando usted era niño?
16. ¿Conoce algún proyecto que haya tenido como objetivo restaurar (recuperar) el nacimiento del río Bogotá o de quebradas en el municipio? En caso afirmativo ¿desde cuándo comenzaron a realizarse este tipo de proyectos y en qué zonas?
17. ¿Considera que hay un equilibrio en el consumo de agua y energía por parte de todos los sectores (doméstico, industrial, agropecuario)? ¿Cómo ve ese equilibrio en el futuro?
18. ¿Qué considera usted su territorio?
19. ¿Cuáles considera que han sido las transformaciones más importantes en él desde que usted era niño hasta hoy?

B1.4 Diseño de talleres Los Caminos del Agua (Ejemplo: Chocontá)



TALLER “LOS CAMINOS DEL AGUA” Municipio de Chocontá

Objetivos del taller

- ❖ Conocer, desde la perspectiva de los actores sociales del municipio de Chocontá los caminos del agua y de la energía en el territorio
- ❖ Conocer, desde la perspectiva de los actores sociales del municipio de Chocontá cómo eran los caminos del agua y de la energía en el territorio en el pasado (30 a 40 años)
- ❖ Visualizar percepciones futuras alrededor de los caminos del agua y de la energía propuestas por los actores mencionados.
- ❖ Identificar si los participantes tienen alguna relación con el concepto de territorio.

Metodología

A continuación, se presentan las preguntas orientadoras para la realización de los talleres y la estrategia de trabajo para los mismos.

- ❖ Preguntas orientadoras:

Las preguntas que orientarán los talleres serán:

- i. ¿De dónde viene el agua? ¿Cómo uso el agua? ¿A dónde va?
- ii. ¿De dónde viene la energía? ¿Cómo uso la energía? ¿A dónde va?
- iii. ¿Cuál es mi territorio?

Escenario pasado (30 años)

- i. ¿De dónde venía el agua? ¿Cómo la usaba? ¿A dónde iba?
- ii. ¿Y la energía?

Escenario futuro (30 años)

- i. ¿De dónde vendrá el agua? ¿Cómo la usaré? ¿A dónde irá?
- ii. ¿Y la energía?

Territorio: ¿Cuál es su territorio? ¿Qué es lo primero que le viene a la mente cuándo piensa en su territorio?

- ❖ Estrategia de trabajo

En un primer momento se trabajará alrededor de las preguntas ¿De dónde viene el agua? ¿De dónde viene la energía? Se compartirá el conocimiento que pueda aportar cada uno en una pequeña tarjeta. Una vez cada integrante anote lo que considera la respuesta y lo ubique en la cartelera respectiva se hará una breve explicación de la proveniencia del agua y la energía en el municipio de Chocontá. Posteriormente se trabajarán las preguntas ¿Cómo uso el agua? ¿Cómo uso la energía? Cada participante deberá plasmar en una hoja en blanco un dibujo donde ilustre los usos del agua y de la energía en su hogar (casa y/o predio) (cocina, aseo, riego, animales, plantas, electrodomésticos, maquinaria, entre otros).

Luego se trabajarán las preguntas ¿A dónde van el agua y la energía? Los participantes anotan en una tarjeta a dónde consideran que va el agua y la energía después de usarla y estas tarjetas se ubican nuevamente en una cartelera que corresponde a esta pregunta. De ser posible, se trabajará por grupos que serán conformados por barrios y/o veredas para construir un mapa de los caminos del agua a nivel veredal o barrial.

La siguiente etapa del taller tiene que ver con la visión de pasado y futuro sobre el uso del agua y de la energía, cada grupo plasmará su recuerdo sobre ¿De dónde venía el agua? ¿Cómo la usaba? ¿A dónde iba? ¿Y la energía?

Luego se trabajará sobre la visión de futuro en una hoja en blanco siguiendo las preguntas ¿De dónde vendrá el agua y la energía en 30 años? Cada integrante anotará las ideas en una tarjeta u hoja en blanco y las ubicará en la cartelera ubicada para este fin. Se realizará una discusión sobre las respuestas y una pequeña reflexión sobre los caminos del agua y de la energía en el territorio. Para finalizar, cada participante escribirá en una pequeña tarjeta lo que considere una respuesta para las siguientes preguntas: ¿Cuál es su territorio? ¿Qué es lo primero que le viene a la mente cuándo piensa en su territorio?

B1.5 Convocatoria Taller Los Caminos del Agua (Ejemplo: Villapinzón)

B2 Lista de entidades entrevistadas

	<i>Dependencia/Sistema Productivo/Municipio</i>	<i>Instrumento</i>
1	Secretaría de Planeación. Alcaldía de Suesca	B1.1
2	Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos. Alcaldía de Suesca	B1.1
3	Unidad de Desarrollo Agropecuario (UDA). Alcaldía de Suesca	B1.1
4	Secretaría de Planeación. Alcaldía de Chocontá	B1.1
5	Unidad Municipal de Apoyo Técnico Agropecuario (UMATA). Alcaldía de Chocontá	B1.1
6	Unidad Municipal de Apoyo Técnico Agropecuario (UMATA). Alcaldía de Chocontá	B1.1
7	Oficina de Servicios Públicos. Alcaldía de Chocontá	B1.1
8	Secretaría de Desarrollo Económico Agropecuario Sostenible. Alcaldía de Villapinzón	B1.1
9	Oficina de Servicios Públicos. Alcaldía de Villapinzón	B1.1
10	Ganadero/Floricultor. El Aljibe. Municipio de Suesca. Vereda Palmira	B1.2
11	Gerente Hill Side Flowers S.A. Municipio de Suesca. Vereda Guita	B1.2
12	Ganadero. Socio empresa Compostaje. Municipio de Suesca. Veredas Santa Rosita/Tausaquira	B1.2
13	Ganadero/Productor de papa – Municipio de Villapinzón. Vereda Soatama	B1.2
14	Productor de papa – Municipio de Villapinzón. Vereda Chásquez. Asociación Villanorte	B1.2
15	Ganadero/Productor de papa - Asociación Villanorte - Contratista Alcaldía producción agropecuaria. Municipio de Villapinzón. Vereda Sonsa	B1.2
16	Presidente Asociación Ganaderos: Asociación Municipal de Usuarios Campesinos. Municipio de Chocontá. Vereda El Tejar	B1.2
17	Agrónoma- Granja Agroecológica Al Viento. Municipio de Chocontá. Vereda El Tejar	B1.2
18	Habitante Municipio de Suesca – Casco Urbano	B1.3
19	Guardabosque Municipio de Villapinzón – Vereda Chásquez	B1.3
20	Guardabosque Municipio de Chocontá – Vereda El Tejar	B1.3

B3. Recorridos territoriales

	<i>Recorrido</i>	<i>Acompañante</i>	<i>Fecha</i>
1	Límites Cuencas Bogotá/Suárez. Municipio de Suesca	Leyla Cárdenas (Agrónoma, Habitante Suesca), Wilfer Jair Huertas (Geólogo – Habitante y concejal Suesca)	19.03.2019
2	Río Bogotá (Villapinzón – Suesca)	Veeduría Río Bogotá Wilfer Jair Huertas (Geólogo – Habitante y concejal Suesca) Héctor García (I.Q – Habitante Suesca) Camilo Casadiego (Habitante Suesca)	28.03.2019
3	Nacimiento Río Bogotá	Estudiantes y docente IED Pablo VI Suesca Carmen Alicia Moreno (JAC Tenería) Wilfer Jair Huertas (Geólogo – Habitante y concejal Suesca)	29.03.2019

		Leyla Cárdenas (Agrónoma – Habitante Suesca)	
4	Visita Planta de Potabilización de Agua Municipio de Villapinzón	Técnico Oficina Servicios Públicos Operador PTAP Villapinzón	24.07.2019
5	Reconocimiento sistemas productivos Suesca	Estudiantes y docente IED Pablo VI Suesca Carmen Alicia Moreno (JAC Tenería) Leyla Cárdenas (Agrónoma – Habitante Suesca)	25.07.2019
6	Visita Planta de Potabilización de agua y Planta de Tratamiento de Agua Residual. Municipio de Chocontá	Técnico Oficina de Servicios Públicos Operadores PTAP y PTAR	03.09.2019
7	Microcuena El Salitre. Municipio de Suesca	Oscar Darío Jiménez (UDA Municipio de Suesca) Roberth Sánchez (Habitante Suesca) Wilfer Jair Huertas (Geólogo – Habitante y concejal Suesca) Leyla Cárdenas (Agrónoma – Habitante Suesca)	07.09.2019
8	Microcuena La Picota-Cogontá. Municipio de Suesca	Roberth Sánchez (Habitante Suesca) Wilfer Jair Huertas (Geólogo – Habitante y concejal Suesca) Leyla Cárdenas (Agrónoma – Habitante Suesca)	10.10.2019
9	Microcuena Quebrada Tenería	Estudiantes y docente IED Pablo VI Suesca Carmen Alicia Moreno (JAC Tenería) Leyla Cárdenas (Agrónoma – Habitante Suesca)	05.10.2019
10	Reserva Natural Laguna El Choque. Municipio de Chocontá	Suzeth Pulgarín (UMATA Chocontá) Fernando Salgado (Guardabosque – UMATA Chocontá) Telo (Habitante Chocontá)	14.01.2020
11	Veredas Guanguita-Hato Fiero –(predios municipio para restauración) Ecoparques	Suzeth Pulgarín (UMATA Chocontá) Fernando Salgado (Guardabosque – UMATA Chocontá) Alejandro Guerrero (UMATA Chocontá) Telo (Habitante Chocontá)	04.02.2020
12	Visita Shukubo. Municipio de Suesca. Vereda Tausaquira	Gabriel Borrero, Rosalba Herrera (Propietarios, habitantes de Suesca) Leyla Cárdenas (Agrónoma – Habitante Suesca)	13.09.2020
13	Represa El Sisga (vuelta al embalse)	Yohana Alarcón (Habitante Suesca) María Mónica Rodríguez (Habitante Suesca)	16.01.2021
14	Villapinzón y vivero Chocontá	Fernando Salgado (guardabosque Chocontá)	20.01.2021
15	Río Bogotá (Villapinzón – Suesca)	Veeduría Río Bogotá Mauricio Franco (Habitante Suesca) Roberto Zuleta (Habitante Chocontá)	26.02.2021
16	Granja Agroecológica El Viento	Municipio de Chocontá – vereda El Tejar	03.03.2021

B4. Caracterización de sistemas productivos

B4.1 Cultivo de papa

El cultivo de papa se realiza en un ciclo de producción anual, generalmente dos ciclos consecutivos y se rota a otros cultivos o en pastoreo, en cualquiera de los dos casos se busca aprovechar la fertilización que se ha realizado para el cultivo de papa. En el municipio de Villapinzón la única vereda que a veces tiene dos cultivos en el año es la vereda Soatama por tener una alta disponibilidad de agua en la época seca. En conversación informal se señaló que pueden existir agricultores que exceden los dos ciclos consecutivos a tres o cuatro, pero en general es conocido por la mayoría que los suelos se agotan con dos ciclos y los siguientes tienen muy bajos rendimiento por lo que normalmente después de los dos ciclos los agricultores dejan la tierra en descanso o siembran zanahoria, arveja o pasto para ganado.

La mayoría de los agricultores siembra en febrero/marzo y se cosecha aproximadamente en septiembre/octubre (6 a 7 meses). En el cultivo generalmente no se utiliza riego, se aprovecha la lluvia, el agua que se utiliza es para las mezclas de fertilizantes (dos aplicaciones por ciclo) y plaguicidas (cada ocho días una vez emerge la planta) (se utilizan por hectárea entre 200 y 300 L de agua por aplicación de fungicida para el follaje y entre 400 y 600 L de

agua por aplicación para raíz). El uso de productos de síntesis química se realiza constantemente durante todo el ciclo; para desinfección de la semilla, una vez se siembra para enraizar y para prevenir enfermedades y posteriormente cada semana durante todo el desarrollo de la planta hasta la cosecha. De acuerdo con agricultores de la zona “Cuando llueve toca fumigar más, para la gota”. En general, no se utilizan abonos orgánicos porque de acuerdo con algunos agricultores ese abono “lleva insectos y lleva enfermedades”. Se asume que los problemas que ocasiona el abono orgánico se deben a manejo inadecuado del abono por parte de los agricultores. Generalmente como fertilizante utilizan Triple 15.

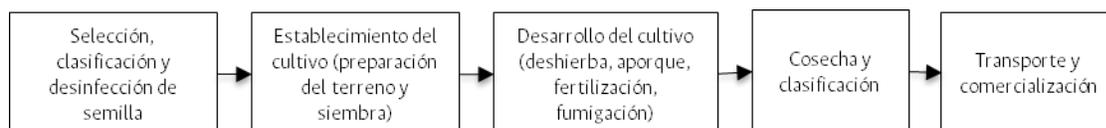
Algunos de los productos señalados por los agricultores como insecticidas son: AMISTAR TOP (es uno, “ahora hay artos para desinfectar la rejada (la semilla)”), otro muy común es el LORSBAN, insecticida de amplio espectro se usa en cultivos y para el chinche en los pastos. Como Fungicidas: VITAVAX, DITHANE, MINERVA, entre otros. Es común entre los agricultores que se refieran a algunos de estos productos químicos como “el veneno”. Todos estos son compuestos organofosforados u organoclorados y uno de los ingredientes activos más conocido es el Mancozeb.

Dentro de las principales plagas y enfermedades mencionadas por los productores se encuentran: el gusano blanco, el “tirote”, la polilla, patanegra, alternaria y gota. El ICA (2011) reporta las siguientes: Babosa, Pulguilla, Polilla guatemalteca, Mosca blanca, Gusano blanco, Gota (tizón tardío), Alternaria (Tizón temprano), sarna polvorienta o roñosa polvosa, patanegra, pudrición blanda, costra negra de la papa, marchitez bacteriana, peste nieve/mortaja blanca/lanosa, entre otras, sarna común y nematodo quiste. Una de las enfermedades más comunes conocida en la región es la gota (de acuerdo con Méndez, 2007 la gota apareció a finales del siglo XIX y hasta 1941 fue combatida con caldos minerales como el bordelés luego apareció el primer fungicida llamado PERENOX producido por una firma británica). Algunos productores orgánicos de hortalizas en el municipio de Suesca utilizan este tipo de caldos minerales y preparados biológicos para el control de plagas y enfermedades, sin embargo, no está difundido entre los productores de papa.

En la preparación del terreno Corpoica y las entidades territoriales recomiendan la labranza mínima pero los agricultores utilizan por lo general maquinaria para el arado, rastrillo y rotovator. Este último no es recomendado por que pulveriza el suelo, sin embargo, fue recomendado en el momento de cambio tecnológico y es utilizado en gran medida por los agricultores. En muy pocos casos se utilizan en la actualidad animales para estas labores. En ocasiones se utilizan enmiendas agrícolas para corregir acidez en los suelos (e.g. en suelos muy ácidos se utiliza cal entre 1 y 3 ton/ha). Se siembran entre 14 y 20 cargas /ha aproximadamente dependiendo de la humedad del suelo. Una vez la planta nace se fumiga cada ocho días con diferentes mezclas que es necesario rotar. Los agricultores consultados indican que los únicos que no se cambian son los fungicidas para la gota. En Villapinzón, estos destacaron en varias ocasiones que las regulaciones “para las abejas” han ocasionado que los productos químicos tengan menor acción por lo que deben aplicar mayor cantidad. “Si no mata una abeja no mata nada”.

En el desarrollo del cultivo se realizan labores de deshierba para evitar la competencia de otras plantas y luego aporque, que consiste en agregar suelo alrededor de la planta y levantar el surco. La fertilización se realiza por lo general en la siembra y en el deshierbe y la cantidad depende de los rendimientos esperados y en algunos casos del análisis de suelo realizado, varía entre uno y dos bultos de abono por bulto de semilla. Hacia el final del cultivo los agricultores aplican otro producto químico para eliminar las hojas y engrosar el tubérculo. Se recomienda recoger la cosecha en tiempo seco para evitar humedad en el almacenamiento, enfermedades y una mejor presentación en el producto final. En la cosecha se realiza la clasificación por tamaño y calidad, generalmente en cuatro; primera (gruesa), segunda (pareja), tercera (mediana), cuarta (pequeña, con defectos o enfermedades). Esta última clasificación se conoce como “Riche”, en algunos casos también se vende o se da como alimento a los animales (vacas, cerdos).

El siguiente diagrama de bloques presenta las etapas del proceso de producción de papa.



B4.2 Ganadería de leche

La ganadería de leche en la región se da de diferentes formas: una especializada y tecnificada que realizan grandes productores, usualmente en las partes más planas de los municipios o en zonas de pendientes moderadas, otra menos especializada y menos tecnificada que suele ser el caso de pequeños y medianos productores que en algunos casos rotan con el cultivo de papa. Para estos últimos y de acuerdo con conversaciones informales con productores la actividad ganadera respalda la inversión en el cultivo de papa al ser una actividad “más segura”, que genera ingresos diarios. La distribución por tamaño y producción en la región corresponde con los valores nacionales reportados por Carulla y Ortega (2016): 80% menos de 20 animales, 15% entre 20 y 50 y 5% más de 50.

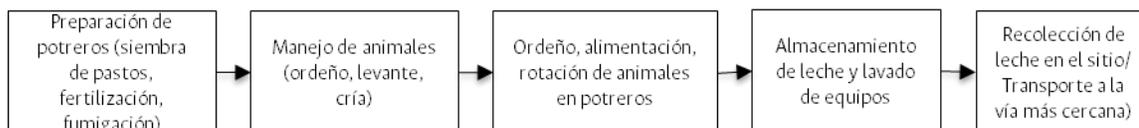
En esta zona, de acuerdo con un productor especializado, se tiene aproximadamente 10% ganado Jersey que no es tan común (son vacas más pequeñas que comen menos y producen mejor calidad de grasa y de leche) y 90% Hollstein, por lo general en cualquier explotación ganadera se utilizan 50% vacas y 50% terneras. Los animales comienzan su ciclo como terneras hasta que son novillas, “se sirven y se preñan”, dan cría en 9 meses, duran en lactancia 10 meses, descansan 2 meses y nuevamente dan cría. Dependiendo de los sistemas se tienen algunos animales en descanso. Algunos productores tienen otros animales como ovejas para carne o caballos para el trabajo en el sistema de producción. También controlan el crecimiento y la crianza para evitar la sobrepoblación de animales lo que disminuye el rendimiento (en el caso de uno de los ganaderos consultados en una finca de 30 ha aproximadamente ordeñaban entre 60 y 70 vacas produciendo 500 L diarios, luego disminuyeron la carga de animales a 53 y el rendimiento aumentó a 1400 L diarios).

Las variedades de pastos más comunes son Raygrass y Kikuyo. El primero de mucho mejor calidad, muy exigente y resistente a heladas, el segundo mucho volumen, pero poco resistente a las heladas. En algunos casos se produce maíz o avena para producción de silos. El kikuyo “se da” mientras que el raigrás lo siembran cada uno o dos años. En algunos casos se utilizan otras variedades como “poa” y “carretón” pero en general los más comunes son kikuyo y raigrás. Los pastos se fertilizan cada “despaste” (una vez comen las vacas) (alrededor de 35 o 45 días) y se fumigan contra el “chinche” o collaria (hace 10 o 12 años). Esta es la plaga más común y el insecticida debe rotarse para que el insecto no se vuelva resistente.

El sistema ganadero demanda agua en todos los procesos; para riego de los potreros, para los animales y para el lavado de los equipos. En algunos casos el agua de lavado de los sitios de ordeño se conduce a los potreros como abono. El agua para los animales se da a voluntad (la que el animal quiera tomar) esto varía con la temporada del año y con la edad del animal (vacas en tiempo seco entre 60 y 80 L por animal por día) y en lavado de equipos entre 100 y 150 L por día. El riego depende también de la temporada, uno de los ganaderos señaló que prende el riego cuando han pasado 10 días sin llover y riega entre 8 y 10 horas al día.

Por lo general en sistemas especializados se ordeñan dos veces al día (mañana y tarde), se les da concentrado en el ordeño, se les hace pastoreo rotacional, se van moviendo por la cantidad de comida para que no repasen el pasto y lo dañen. Se suple lo que comen en pastoreo con concentrado. Una vez se ordeñan, la leche se lleva a tanques de enfriamiento a través de otro tanque y se vende al distribuidor. Los grandes productores y algunos medianos tienen sistemas de ordeño mecánico y tanques de enfriamiento. Las asociaciones de productores de leche suelen tener el acopio de leche con enfriamiento. En mano de obra suelen tener un grupo de ordeñadores y un grupo de trabajadores en las labores de mantenimiento de pastos (fertilización, riego y otras labores). En los sistemas pequeños, los mismos propietarios realizan el ordeño y transportan en cantinas la leche a la vía donde se hace la recolección. Por último, en los sistemas productivos especializados se maneja la parte genética, se realiza inseminación artificial con semen importado, por lo general de Estados Unidos donde hay muy buen control de calidad genética.

El siguiente diagrama de bloques presenta las etapas del proceso de producción de leche.



B4.3 Floricultura

Los cultivos de flores de corte se realizan directamente sobre el suelo o con sistema hidropónico para mayor control del sustrato. El proceso consta de cuatro etapas generales y en algunos casos algunas empresas realizan también la etapa de propagación vegetal, etapa en la cual se estimula el crecimiento de los esquejes. Antes de la siembra se prepara el terreno y esto se suele realizar alrededor de 3 veces año, se fertiliza y se desinfecta y se siembran las plantas madre y se da el tiempo de formación. En la fase de producción se realiza el riego, la fertilización y fumigación principalmente con insumos de síntesis química, aunque algunos floricultores han realizado ensayos con abonos orgánicos y controladores biológicos de plagas. La fumigación se hace de acuerdo con un monitoreo de plagas y enfermedades y se aplica el producto dependiendo de la plaga que se encuentre.

La preparación de los suelos se realiza con carbonato de calcio, cal dolomita, fertilizantes ricos en nitrógeno, potasio y magnesio, entre otros productos. Durante el cultivo se utiliza generalmente fertirriego aplicando productos con diferentes combinaciones de macro y microelementos dependiendo de los análisis de suelo que se realicen. Esta fase del proceso incluye una desinfección con diferentes productos por lo general de síntesis química. La propagación de esquejes requiere el material vegetal y agua y se realiza de manera manual.

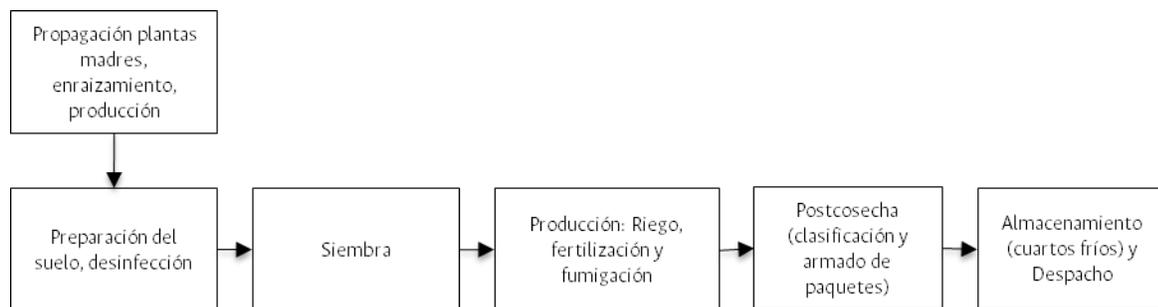
Es un cultivo que requiere de altas cantidades de agua y energía. El riego se realiza cada dos días dependiendo de la humedad relativa y de los requerimientos de las plantas, para ello, dentro de los invernaderos se suelen instalar medidores de temperatura y humedad y en algunos cultivos se utiliza riego por goteo. Además, se hacen análisis de suelo para verificar las cantidades necesarias para la fertilización y se realiza monitoreo continuo de plagas para la aplicación de los insecticidas y fungicidas que por lo general son de aplicación permanente durante todo el ciclo de producción.

La rosa es uno de los productos principales en la región, esta se realiza cada 6 años (cultivo perenne), en 36 semanas empieza la producción, durante ese tiempo se prepara (crea) la mata, se realiza la etapa de corte y por cada corte se realizan 1 o 2 cortes adicionales en el mismo punto, dependiendo de la variedad entre 12 y 14 semanas sale una flor nueva donde se hizo el corte. Se corta el tallo, hay unas yemas que se estimulan y si la mata es fuerte con buena nutrición de esas yemas salen más flores, cuando se hace el corte se estimula. Se producen 120 flores/m² (6 plantas /m²) equivale a 6000 por ha.

El clavel también ha sido uno de los productos principales de la floricultura en la sabana de Bogotá. La siembra se realiza cada 2 años, se realiza el enmallado durante la producción (entre siembra y corte) y corte a las 24 semanas. El enmallado se realiza de manera manual. Cada dos años se saca todo el sustrato que consiste en una mezcla de cascarilla de arroz quemada que se recicla. Es un cultivo muy susceptible a los hongos como el *Fusarium*, plaga que tuvo mucho auge en la década de los ochenta. Es por esto que se suele manejar en cultivo hidropónico.

Durante la producción se realizan labores culturales como tutorado, encanaste, embotone y corte que por lo general son realizadas por mujeres. Las labores de fumigación, preparación del suelo y construcción de infraestructura son principalmente realizadas por mano de obra masculina. Una vez se cortan las flores se transportan a la zona de clasificación y armado de paquetes, posteriormente a los cuartos fríos para el almacenamiento y finalmente se transportan al aeropuerto directamente para exportación. Los cuartos fríos tienen altos costos de energía eléctrica mientras que el cultivo en general requiere de grandes y constantes entradas de insumos externos y trabajo humano.

El siguiente diagrama presenta las fases generales del proceso de producción de flores de corte.



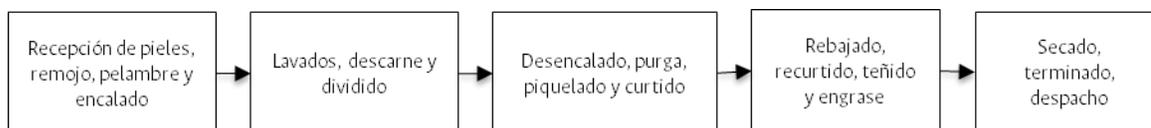
B4.4 Curtiembres

La actividad del curtido de pieles es una actividad tradicional en los municipios de Villapinzón y Chocontá. Comenzó a desarrollarse en el siglo XIX y como se mencionó en el documento ha sido transmitida de generación en generación desde entonces. En la segunda mitad del siglo XX fue protagonista del proceso de modernización de todas las actividades y se cambió el proceso artesanal de curtido de pieles a un proceso con mayor uso de insumos de síntesis química que comenzaron a generar altos niveles de contaminación en las aguas residuales del proceso de producción.

Es un proceso que demanda altas cantidades de agua y energía en todas sus etapas. Una vez se reciben las pieles frescas se realiza el proceso de remojo con detergentes y varios enjuagues y luego pelambre y encalado, procesos que son los mayores aportantes de materia orgánica, sales, cloruros y sulfuros en el agua residual. En el pelambre se busca eliminar el pelo de las pieles con soda cáustica y el encalado ayuda a engrosar la piel con ayuda de cal. En los procesos mejorados con producción más limpia se usan agentes enzimáticos, inmunizantes y tensoactivos biodegradables en el remojo. También se sugiere un proceso de descarne antes del pelambre para disminuir la cantidad de productos químicos en estos procesos, sin embargo, esto implica más energía en mano de obra y uso de maquinaria al realizar doble proceso de descarne.

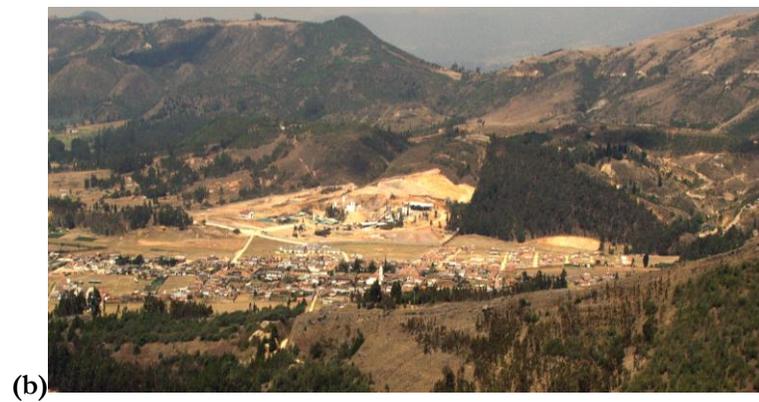
En el descarne se elimina la grasa del interior de la piel, un subproducto con el que se pueden realizar otros procesos y luego en el dividido se separa la carnaza de la piel. La carnaza se vende como subproducto para otros procesos o se continúa procesando en la misma planta de producción. Las siguientes etapas son preparatorias para el proceso de curtido, en los procesos tradicionales se utilizan altos contenidos de amonio, pero en los mejorados se utilizan sales sin amonio o dióxido de carbono como agente descalcante (eliminación de cal). En el piquelado se acidifican las pieles para el buen funcionamiento del agente curtidor, generalmente sales de cromo. Una vez curtidas y secas las pieles se realiza rebajado y escurrido y finalmente se realizan procesos de recurtido, teñido y engrase donde se adicionan nuevamente sales de cromo, ácidos, tinturas y grasas. Posteriormente se secan las pieles y se realizan acabados dependiendo de los requerimientos de producción (una comparación del proceso productivo convencional y con PML se encuentra en Tobón, 2013)

El siguiente diagrama presenta las fases generales del proceso de curtido.



B5. Comparación Fotografías - Transformaciones Casos Suesca

B5.1 Cementos Tequendama – Sector Urbano Municipio de Suesca



Nota. (a) Fotografía de Marcelo Arbeláez – 1990, (b) y (c) Fotografías de Iván Romero Londoño – 2005, 2014

B5.2 Río Bogotá – Río Bogotá Rocas de Suesca

Nota. (a) Fotografía de Marcelo Arbeláez – 1990, (b) Fotografía de Fundación Al Verde Vivo (2021)

B6. Información cualitativa en versión digital

La información cualitativa detallada en transcripciones, audios, fotografías, material completo de los talleres se pueden consultar en el siguiente enlace:
https://drive.google.com/drive/folders/1Tn5SKQT3vDIIt_SBDK3O_YFxx1N34KfHI?usp=sharing

C. Anexo Procedimientos cuantitativos

C1. Delimitación de cuenca

Para la delimitación de la cuenca del río Bogotá y el área específica para el estudio se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se descargó el modelo digital de elevación (DEM) – Alos Palsar 12.5 m
- Se aplicaron una serie de geoprocursos en ArcGis® para delimitación de cuenca: DEM Fill, Flow Direction, Flow accumulation
- Se realizó la delimitación de toda la cuenca del río Bogotá tomando como punto de desfogue su desembocadura en el río Magdalena.
- Se procedió a hacer el recorte de toda la cuenca al perímetro del área de estudio que corresponde a los municipios de Villapinzón, Chocontá y Suesca.

C2. Procedimiento de la representación espacial del balance hídrico

Consideraciones generales

Área: área de los municipios Villapinzón, Chocontá y Suesca que se encuentra dentro de los límites de la cuenca del río Bogotá.

Ecuación general de balance hídrico en una cuenca hidrográfica

$$P - ETP = \text{Excedentes de agua (oferta)} = \text{Escorrentía (superficial)} + \text{Infiltración (subterránea)}$$

Análisis preliminar y selección de información

- Identificación de estaciones potencialmente útiles a través de georreferenciación de catálogo de estaciones IDEAM y catálogo de estaciones CAR. Se identifican 31 estaciones potenciales IDEAM y 51 estaciones potenciales CAR dentro y cerca al área de estudio.
- Descarga de los datos de las estaciones potenciales IDEAM desde el portal DHIME de la entidad. Se encuentran registros óptimos de precipitación (P) para 15 estaciones y ninguna para temperatura (T) (ver Figura C2-1).
- Descarga de datos de las estaciones potenciales CAR desde el portal de la corporación. Solo se encuentran registros óptimos de precipitación para 14 estaciones, y 13 para temperatura (ver Figura C2-1).
- Unificación en un *Shapefile* de las estaciones CAR e IDEAM en las que se encuentran registros óptimos de P, y en otro, las estaciones CAR de T. Una vez determinados los períodos de tiempo para los que se realizará el balance hídrico se generan cuatro *Shapefile* a partir de éste, cada uno correspondiente a las estaciones que serán tenidas en cuenta en cada periodo (ver Tabla C2-1).
- Una vez sistematizados los datos de P y T en Microsoft Excel® se procede a la corrección de campos vacíos. En el caso de meses faltantes no consecutivos se asignó el valor promedio del mismo mes en el año anterior y posterior. En el caso de meses faltantes consecutivos se asignó el valor promedio de la serie de datos. No obstante, si el mes faltante correspondía a año de fenómeno del niño o niña se le asignó el valor promedio del mes durante los años niño o niña a lo largo de la serie de datos. Las tablas de P del IDEAM fueron las únicas que no presentaron registros vacíos.

Construcción de las tablas de precipitación y temperatura

Teniendo en cuenta la temporalidad definida en la investigación se consideraron cuatro periodos de análisis para el balance hídrico.

Tabla C2-1: *Número de estaciones consideradas por periodo y según variable*

Período	VARIABLE					
	Precipitación			Temperatura		
	No. Estaciones IDEAM	No. Estaciones CAR	Tot	No. Estaciones IDEAM	No. Estaciones CAR	Tot
BH 89 - 18	14	13	27	0	10	10
BH 60 - 89	10	5	15	0	7	7
BH 90 - 09	14	14	28	0	10	10
BH 10 - 18	14	15	29	0	7	7

Nota. Elaboración por John Fredy Camacho

- Una vez determinados los rangos de años e identificadas las estaciones útiles para cada uno, se procedió al cálculo de la Precipitación Media Mensual (en adelante PMM) entendida como el promedio aritmético de los valores de precipitación de un mismo mes a través del conjunto de años del período, y de la Precipitación Media Anual (en adelante PMA) calculada como el promedio de las precipitaciones totales anuales.
- Se efectúa el mismo procedimiento en el caso de las estaciones de temperatura en aras de determinar la Temperatura Media Mensual (TMM) y la Temperatura Media Anual (TMA), siendo esta última, el promedio de las temperaturas medias anuales.
- Al final de esta etapa se obtienen 4 tablas de precipitación, y cuatro tablas de temperatura (una de cada variable por período). Estas tablas están conformadas por el Código identificador de la estación (filas), 12 columnas con los valores ya sea de PMM o TMM correspondientes a los 12 meses, y una última columna con los valores de PMA o TMA según sea el caso.

Superficies de Precipitación (Mapas de PMM y PMA)⁹⁹

- Con las tablas de precipitación obtenidas del procedimiento anterior se realizó la operación “Join & Relates” entre ellas y el *Shapefile* de estaciones respectivo de cada período. Este paso permite asociar a los puntos de las estaciones los atributos de precipitación contenidos en las tablas de modo tal que se hace posible el procedimiento de interpolación.
- Para la espacialización de la precipitación se aplicó el método de interpolación del Inverso de la Distancia Ponderada o IDW por tener valores conocidos de P en estaciones cercanas al área de estudio, además de tener valores conocidos dentro del área.
- Como resultado se obtienen 13 ráster de precipitación por periodo de análisis, 12 de PMM y el último para la PMA.
- Los mapas de distribución de PMA resultantes para cada período se presentan en la Figura C2-2.

Superficies de Temperatura (Mapas de TMM y TMA)

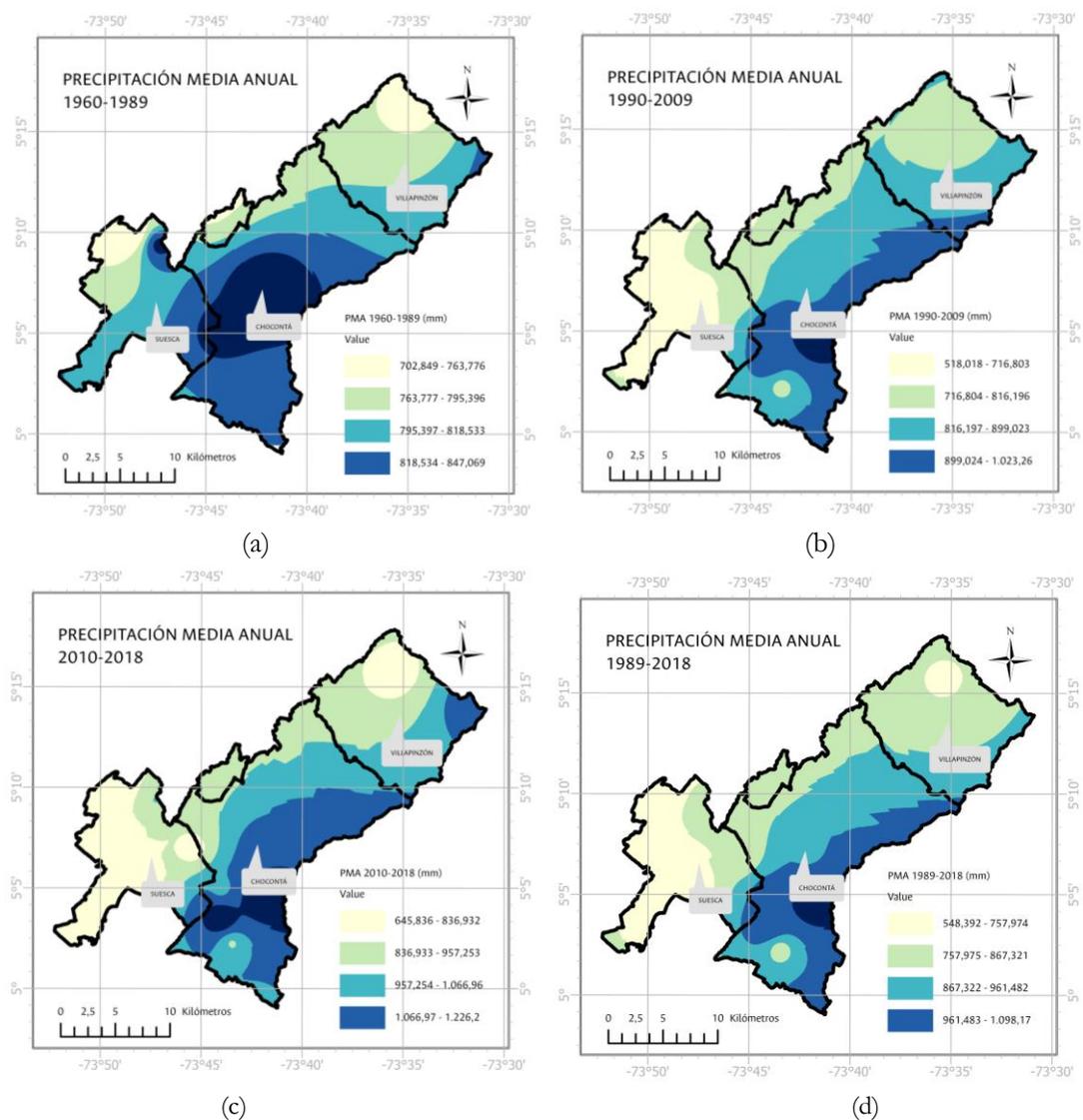
- Para el caso de la T se aplica un procedimiento de interpolación diferente al aplicado para la P. En este caso se observa que existe una limitante geográfica en el sentido de que la mayoría de las estaciones se encuentran por fuera del área de estudio y adicionalmente no presentan una distribución geográfica uniforme entorno a ella (se concentran en la región vecina occidental) (Figura C2-1). Un método como el IDW, por ende, introduciría una subestimación o sobreestimación significativa en los valores de temperatura de la mayor parte del área.
- Se opta como alternativa por un método estadístico que considera la alta correlación existente entre altura y temperatura, de modo tal que es mucho menos dependiente de la localización y distribución de los puntos con respecto al área, comparado con el IDW. Se parte entonces del supuesto de que es posible conocer la temperatura de cualquier punto dentro de la cuenca si se conoce su altura y la magnitud de la

⁹⁹ De aquí en adelante todos y cada uno de los pasos descritos se realizan cuatro veces, una vez por período.

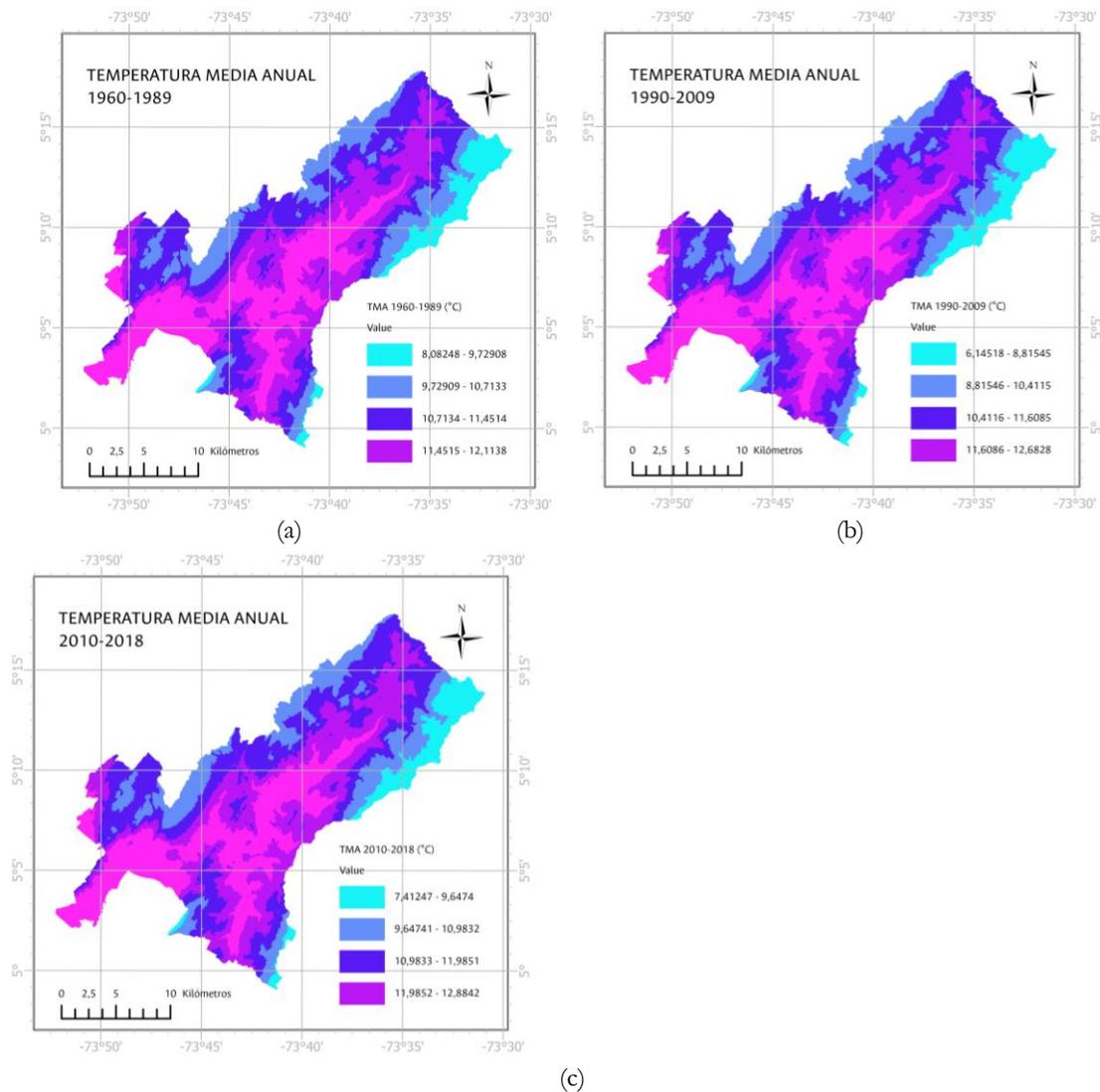
relación que existe entre esta y la temperatura. Para lograr esto se aplicó el siguiente procedimiento de regresión:

- Se empleó el DEM ALOS-PALSAR (12,5 m) para calcular los valores de altura de cada una de las estaciones de temperatura consideradas.
- Obtenidos dichos valores se genera una tabla de cuatro columnas: identificador de la estación, altura, TMM y TMA (13 tablas)
- Se efectúa análisis de correlación entre la altura y la temperatura reportada por estación ingresando las tablas al software IDRISI®. Para todos los casos la correlación es altamente significativa de modo tal que la altura explica en la mayoría de casos más del 90% de la varianza de la temperatura.
- El programa arroja adicionalmente la ecuación de la recta que define la relación entre altura y temperatura. Usando el álgebra de mapas de ArcGIS® se reemplaza la variable x en la ecuación por el DEM del área, de manera que se obtiene finalmente la superficie de temperatura respectiva a cada mes.
- Los mapas de distribución de la temperatura para cada período se muestran en la Figura C2-3

Figura C2-2. Mapas de distribución de precipitación (a) 1960-1989 (b) 1990-2009 (c) 2010-2018 (d) 1989-2018



Nota. Elaboración propia (procedimiento realizado por John Fredy Camacho)

Figura C2-3: Mapas de distribución de Temperatura (a) 1960-1989 (b) 1990-2009 (c) 2010-2018

Nota. Elaboración propia (procedimiento realizado por John Fredy Camacho)

Estimación de ráster mensuales de evapotranspiración por el método de Thornthwaite:

Para el cálculo de la evapotranspiración se empleó el método de Thornthwaite. Todo el procedimiento se realizó usando como insumo las 12 superficies mensuales de temperatura de cada periodo generadas en el paso anterior. Utilizar los ráster de temperatura permite conservar la variabilidad espacial de la ETP en cada punto de la cuenca, diferente a si tomáramos el valor promedio de temperatura para toda el área. Para ello se realizó el siguiente procedimiento.

- Se calculó el índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual. Para hacer esto se reemplazó t (ecuación C2-1) por el mapa de TMM de cada mes en la calculadora ráster, obteniendo así los 12 mapas i del periodo.

Ecuación C2-1
$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

- Se calculó el Índice de Calor Anual (I) que es el resultado de la sumatoria de los 12 mapas i obtenidos en el paso anterior. Se emplea igualmente calculadora ráster para ello.

- Se calcula la ETP de cada mes sin corregir, definida como:

Ecuación C2-2
$$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^\alpha$$

Donde:

ETP_{sin corr.} = ETP mensual en mm/mes (meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

t = temperatura media mensual, °C

I = índice de calor anual, obtenido en el punto 2º

$$a = 675.10^{-9}I^3 - 771.10^{-7}I^2 + 1792.10^{-5}I + 0,49239$$

Toda la fórmula fue reconstruida en el “Ráster Calculator” reemplazando t por los mapas TMM, e I por el mapa de Índice de Calor Anual del período.

- Se aplicó finalmente corrección de la ETP considerando el número de días del mes y el número de horas de sol. Este último valor depende del mes y la latitud y se obtiene de la tabla estandarizada de Número máximo de horas de sol (Allen et al., 1998). Considerando la ubicación del área de estudio se tomaron los valores de la latitud 6.

Ecuación C2-3:
$$ETP = ETP_{sin\ corr.} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial corregida

N = número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud

d = número de días del mes

Como resultado del paso anterior se obtienen 12 mapas de ETP mensual corregida (ETPc) por periodo. Al sumarlos, se obtiene el ráster de ETP Media Total Anual corregida del período.

Cálculo del Balance Hídrico:

Una vez obtenidas los tres tipos de superficies (PMM, TMM, y ETPc) se procede con el cálculo del balance hídrico a través de la herramienta de algebra de mapas en el software IDRISI® y se aplica la ecuación general de balance, restando, en cada pixel, al valor de P, el valor de ETPc. Esta operación da como resultado el valor de excedente hídrico de cada píxel que corresponde a la oferta total o disponibilidad física de agua, que, como se mencionó en el documento, corresponde a la suma de escorrentía (agua superficial) e infiltración (agua subterránea). Finalmente, los ráster resultantes se convierten a vector y se presentan de esta manera las salidas gráficas que se presentan en el documento principal en la sección 4.3.1

Estimación de la Demanda Hídrica:

Para estimar la demanda hídrica, se utilizaron los valores de módulos de consumo reportados por la CAR (2018) relativos a cada uso. Estos valores se cruzaron con los valores de censos poblacionales y censos agropecuarios de cada momento de análisis para obtener una estimación de la cantidad de agua que demandaba y demanda cada uso. Las siguientes tablas presentan los valores de módulos de consumo referenciados. Los valores de número de habitantes, número de animales y cantidades de áreas agrícolas para cada momento se presentan en la sección 3.3.

La Tabla C.2-2 presenta los valores de módulos de consumo de uso doméstico y uso pecuario utilizados. Para el uso agrícola se tomaron los valores de requerimientos hídricos por cultivo y de rangos de pluviosidad para años normales y años secos (ver <https://www.car.gov.co/vercontenido/94>) y para los cultivos de flores se tomaron los valores de consumo de agua anual reportados por los floricultores consultados, en promedio este valor es de 4,5E⁻⁴ m³/ha*año.

Tabla C2-2: *Módulos de consumo para uso doméstico y pecuario*

Uso doméstico (L./hab. *día)	
Rural	125
Urbano	115
Uso pecuario bovino (L./cabeza *día)	
Cría	15

Levante	42
Uso pecuario porcino (L/cabeza *día)	
Cría	4
Levante	8
Ciclo Completo	15
Uso pecuario aves (L/cabeza *día)	
engorde	25
postura	26
traspatio	30
Uso pecuario equino (L/cabeza *día)	
Cuenca alta	15

Nota. Información tomada de CAR (2018) Documento de estimación demanda hídrica disponible en <https://nmm.car.gov.co/vercontenido/94>

Aproximación al balance oferta-demanda de agua:

La aproximación al balance oferta-demanda únicamente se realizó para el período actual debido a que para la segunda mitad del siglo XX se contó con un bajo número de estaciones hidrometeorológicas, además, para la demanda de agua se consideraron los módulos de consumo actuales al no contar con información precisa del consumo en el período mencionado. Por estas razones, computar ambas estimaciones podría llevar a conclusiones equivocadas sobre el balance de agua. A pesar de que para el período actual también fue necesario realizar algunas estimaciones para la demanda hídrica total, se cuenta con mejor información de este período para la disponibilidad de agua por lo que se realizó la aproximación del balance para este período únicamente.

Para ello, se procedió a identificar el valor medio de disponibilidad de agua total en toda el área (excedente de agua resultante en el balance que corresponde a agua superficial y subterránea), esto es, el valor medio de todos los píxeles que componen el área. Para el período 2010-2018 el valor medio de excedente hídrico anual es de 357.31 mm, lo que para el área total de 509 451 080,9 m² equivale a una oferta de agua total de 182 031 965,7 m³/año (5,8 m³/s). No obstante, es necesario tener en cuenta que esta oferta no sólo corresponde con el agua disponible para la sociedad sino también para los ecosistemas y, adicionalmente, hay una cantidad adicional que no es posible usar por la mala calidad de agua. Se estima una reducción de 25% para el caudal ecológico y 25% adicional por calidad de agua. Por lo anterior, el agua disponible para la demanda por parte de la sociedad sería de 91 015 982,9 m³/año (2,9 m³/s).

Teniendo entonces una demanda total de 2,45 m³/s y aun considerando que puede haber una sobre estimación en la demanda agrícola, el balance oferta-demanda anual para el período anual es positivo con un excedente de 0,45 m³/s.

C3 Procedimientos relacionados con el análisis de formas de energía

Cálculo de Biomasa

De acuerdo con la metodología de Guzmán *et al.* (2014) para la estimación de la PPN en agroecosistemas se consideran las coberturas de cultivos (superficie agrícola y producción), superficies de pastos, tierras en descanso y bosques. Los datos utilizados para cada una de estas categorías son los reportados por los censos agropecuarios de 1960 y 2014.

Para la biomasa total de los cultivos es necesario calcular la materia seca que corresponde a: la cosecha, los residuos, la raíz y las arvenses. Para esto se utilizaron factores de conversión a materia seca, índices de residuos y de relación entre biomasa aérea y raíz para cada cultivo y un valor promedio de la producción de materia seca de arvenses por hectárea para los cultivos (se asume con bajos insumos para 1960 y sistemas convencionales para 2014). Para estimar la energía bruta asociada a la biomasa de cada cultivo se utilizaron también factores de conversión a energía bruta. En la Tabla C.3-1 se presentan las referencias de donde se tomó cada dato y los cálculos realizados.

Tabla C.3-1: Datos y cálculos para la estimación de biomasa de cultivos.

Cosecha	Superficie agrícola (hectáreas)	DANE (1960; 2014)
	Producción (kg de materia fresca)	DANE (1960; 2014)
	Factor de conversión de materia seca (FCMS)	Guzmán et al. (2014) Urrego-Mesa (2021) (arveja, frijol)
	Cosecha (materia seca en kg) (BC)	Producción * FCMS
	Factor de conversión a Energía bruta (Mj/kg) (FCEB)	Aguilera <i>et al.</i> (2015)
	Energía bruta Cosecha (Mj)	Producción * FCEB
Residuos (paja)	Índice de residuo (IR)	Guzmán et al. (2014) Urrego-Mesa (2021) (arveja, frijol)
	Residuo (Kg) (R)	Producción * IR
	Factor de conversión de materia seca para el residuo (FCMSR)	Guzmán et al. (2014) Urrego-Mesa (2021) (arveja, frijol)
	Biomasa seca aérea de los residuos (BR)	R*FCMSR
	Factor de conversión a Energía bruta para el residuo (Mj/kg) (FCEBR)	Aguilera <i>et al.</i> (2015)
	Energía bruta Residuo (Mj)	R* FCEBR
Raíz	Cociente de biomasa de raíz:biomasa aérea (BRAiz/BA)	Guzmán et al. (2014) Urrego-Mesa (2021) (papa)
	Biomasa de la raíz seca (BRAizseca)	(BC+BR) *(BRAiz/BA)
Arvenses	Valor promedio de la producción de materia seca de arvenses por hectárea para los cultivos (kg/ha) (MSArv)	Urrego-Mesa (2021)
	Biomasa arvenses (BArv)	MSArv*Superficie

En el caso de los pastos y bosques se realizaron las siguientes estimaciones:

Para pastos:

- En 1960 se asumió que el 95% de los pastos eran variedad kikuyo y el 5% correspondía a pastos mejorados (raigrás). Para 2014 se asumió el 80% de kikuyo y 20% en pastos mejorados. Lo anterior se estimó con base en Hernández-Schmidt (2016), Ramos (1974) y conversaciones con los productores agropecuarios de la región.
- Los valores de rendimiento y contenido de materia seca se tomaron de Borda y Ramírez (2003) y Ramírez y García (2004)
- Los valores de contenido energéticos de los pastos se obtuvieron de Correa *et al.* (2008)
- El valor de cociente de biomasa de raíz: biomasa aérea de Guzmán *et al.* (2014)

Para bosques:

- El área de bosques se tomó de los censos agropecuarios (DANE, 1960; 2014) y el valor de materia seca para bosques andinos se tomó de Sanabria y Puentes (2017), estudio realizado en bosques de Guasca, una zona cercana al área de estudio.

Para flores en 2014:

- Se utilizó el área reportada en el censo agropecuario y el valor de rendimiento reportado por el Sistema de Información del Ministerio de Agricultura (<https://sioc.minagricultura.gov.co/Flores/Documentos/2013-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>).
- Los factores de materia seca y porcentaje de residuos se tomaron de un estudio realizado por el Laboratorio Dr. Calderón (http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Perfil_Nutricional_Plantas_Clavel.htm).
- Los valores de contenidos energéticos de Akbolat *et al.* (2006).

Una vez realizados los cálculos de biomasa para cultivos, tierras en descanso, pastos y bosques en 1960 y 2014, se sumaron todos los valores resultantes para encontrar la biomasa total (ton/año). En el caso de los valores disponibles de energía se sumaron los valores de contenidos energéticos asociados a la biomasa. Las gráficas resultantes se presentan en el documento en el numeral 4.4.1.

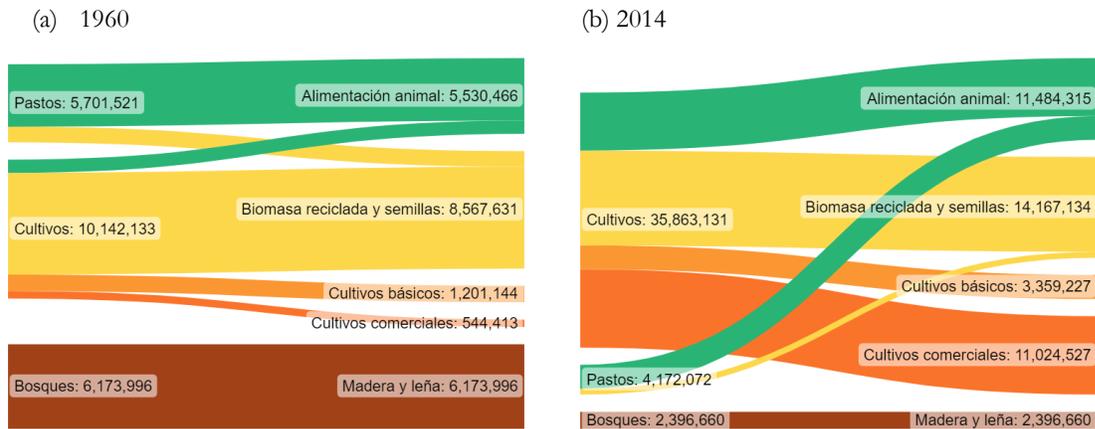
Extracción y uso de biomasa:

Una vez calculada la PPN total correspondiente a la suma de Cultivos, Pastos, Tierras en descanso y Bosques se calculó el uso de biomasa para cada una de estas categorías de extracción. Se considera que la biomasa proveniente de estas categorías es apropiada por la sociedad en forma de alimento y otra parte es reciclada dentro del agroecosistema en forma de alimentación para los animales, biomasa que se recicla nuevamente a través de residuos de cosecha o de semilla que se guarda para próximas cosechas. El bosque es utilizado principalmente como proveedor de madera y leña y su uso depende de las prácticas de la población en los diferentes momentos de análisis.

Para calcular la apropiación humana de la PPN en función de esos usos se asumió para la categoría de cultivos que para alimentación animal se usa el 50% de los residuos de los cultivos (Krausmann *et al.*, 2008) y algunos porcentajes de las cosechas, especialmente de cebada (8%) y papa (8%). La biomasa reciclada consiste principalmente en el porcentaje de los residuos de cultivos que no se dan de comer a los animales (50%) y que quedan para descomponerse en el suelo, sirviendo como abono, las raíces de pastos y las raíces de los cultivos más las tierras en descanso. También el porcentaje de semilla que se deja para la siguiente cosecha (17% de papa). Los cultivos básicos son aquellos que se consumen dentro del agroecosistema por parte de la sociedad que lo conforma y que no se va a canales de comercialización (1960: cosecha de arveja, frijol, maíz, trigo (100%), cebada (15%), papa (33%); 2014: cosecha de arveja y maíz (100%), cebada (20%), papa (30%)). Los cultivos comerciales son aquellos que entran en canales de comercialización externos al agroecosistema (1960: cebada (80%) y papa (42%); 2014: cebada (80%), papa (70%) y flores (100%)). En alimentación animal por pastos se asume que los animales consumen el 80% del pasto y dejan sin consumir el 20% que se convierte en biomasa reciclada (J. Barrero, comunicación personal, 2021). Finalmente, la extracción de madera y leña se calculó asumiendo los indicadores y requerimientos de consumo de leña reportados por Martínez *et al.* (2013) y Urrego-Mesa (2021).

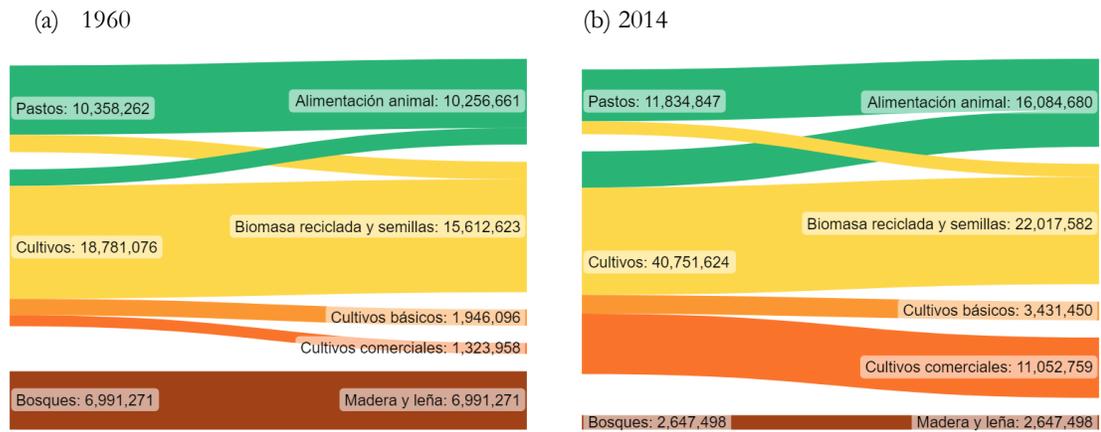
Los diagramas Sankey elaborados para la extracción y uso de biomasa para cada año en el conjunto del SSET, presentados en la sección 4.4.1 y los que se presentan a continuación por municipio, se elaboraron en la plataforma <https://sankeymatic.com/>.

Figura C3-1: Extracción y Uso de Biomasa para Villapinzón 1960 – 2014



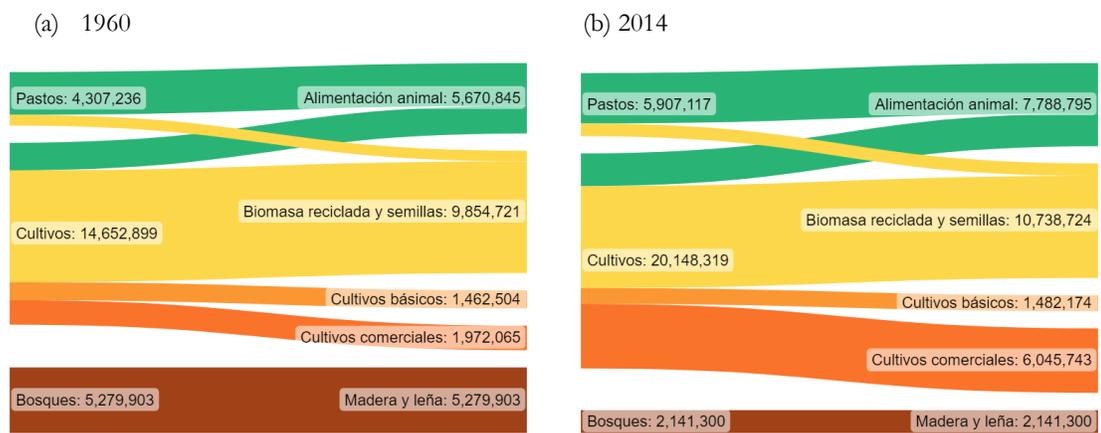
Nota. Elaboración propia con base en DANE (1960, 2016), Guzmán et al. (2014), Urrego-Mesa (2021) y Ruiz-Nieto (2022)

Figura C3-2: Extracción y Uso de Biomasa para Chocontá 1960 – 2014



Nota. Elaboración propia con base en DANE (1960, 2016), Guzmán et al. (2014), Urrego-Mesa (2021) y Ruiz-Nieto (2022)

Figura C3-3: Extracción y Uso de Biomasa para Suesca 1960 – 2014



Nota. Elaboración propia con base en DANE (1960, 2016), Guzmán et al. (2014), Urrego-Mesa (2021) y Ruiz-Nieto (2022)

D. Anexo Guía Cartográfica y Matrices de Cambio

D.1 Guía de capas utilizadas en la investigación

NOMBRE DE LA CAPA	FORMATO	DESCRIPCIÓN (de la capa fuente)	ENTIDAD PRODUCTORA	AÑO
RUNAP_Clip	Shapefile	Áreas protegidas del país.	SINAP	2018
BOSQUE_NO_BOSQUE_1990	Ráster (30 m)	Mapa de bosque no bosque con cobertura de todo el país	IDEAM	1990
BOSQUE_NO_BOSQUE_2000	Ráster (30 m)	Mapa de bosque no bosque con cobertura de todo el país	IDEAM	2000
BOSQUE_NO_BOSQUE_2016	Ráster (30 m)	Mapa de bosque no bosque con cobertura de todo el país	IDEAM	2016
COBERTURA_TIERRA_2010_2012	Shapefile (100 mil)	Mapa de coberturas de la tierra de todo el país. Escala 1:100 000	IDEAM	2012
COMPLEJOS_DE_PARAMO_ESC_100MIL_Clip	Shapefile (100 mil)	Mapa de complejos de páramo delimitados a escala 1:100 000	IAvH	2012
COMPLEJOS_DE_PARAMO_ESC_25MIL_Clip	Shapefile (25 mil)	Mapa de complejos de páramo delimitados a escala 1:25 000. Contiene solo los complejos que a la fecha han terminado su proceso de delimitación en dicha escala.	IAvH	2018
CUENCA_ALT_BTA_ALOS	Shapefile	Cuenca alta del Río Bogotá delimitada en ArcGIS con base en DEM ALOS 12,5 m. y recortada al área de estudio.	IDEAM	2017
MGN_AREA_URB_Clip	Shapefile	Límite de cabeceras municipales y centros poblados.	DANE	2020
MGN_MPIO_POLITICO_Clip	Shapefile	Capa oficial empleada por el DANE para representar el nivel municipal en el Marco Geoestadístico Nacional (MGN) vigencia 2020.	DANE	2020
MGN_VEREDA_Clip	Shapefile	La capa de referencia de veredas actualizada con fines estadísticos a los límites de departamentos y municipios del IGAC.	DANE	2020
SENTINEL_CUENCA_ALOS	Ráster (10 m)	Imagen Sentinel 2A recortada al perímetro de la zona de estudio	ESA	2018
FA_1958	Ráster	Fotografía aérea parcial de la zona de estudio del año 1958. Obtenida del IGAC por convenio con Universidad Nacional.	IGAC	1958

NOMBRE DE LA CAPA	FORMATO	DESCRIPCIÓN (de la capa fuente)	ENTIDAD PRODUCTORA	AÑO
CARTOGRAFIA BASE	Shapefile	Incluye todas las capas asociadas a cartografía base (vías, drenajes, construcciones, topónimos, orografía, etc.). Obtenida de la cartografía base escala 100 mil del IGAC, recortada al perímetro del área de estudio.	IGAC	2017
CUNDINAMARCA_SUELOS_VF	Shapefile	Mapa de suelos del departamento de Cundinamarca a escala 1:100 000 incluye litología, perfiles, entre otros atributos	IGAC Agrología	
MAPA GEOLÓGICO NACIONAL	Shapefile	Mapa geológico con capas de pliegues, fallas, unidades cronoestratigráficas, volcanes, tectónicas y otros... Escala 1:1000000	SGC	2015
MAPA DE ECOSISTEMAS CONTINENTALES, MARINOS Y COSTEROS DE COLOMBIA	Shapefile	El mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000 versión 2.1	IDEAM, Invemar, IGAC, IAvH	2017
MAPA DE EROSIÓN	Shapefile	Zonificación de la degradación de suelos por erosión. Línea base 2010 - 2011. Escala 1:100000.	IDEAM	2015

D.2 Matriz Cambios y Permanencias 1958 -2020

LCM 1958-2020		COBERTURAS 2020																			P (ha)	G (ha)	CN (ha)	
		1.1.1	1.1.2	1.2.1	1.3.1	2.1.5	2.2.5	2.3.1	2.3.3	2.4.2	2.4.3	2.4.4	3.1.1	3.1.4	3.1.5	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.3.3	5.1.2				
COBERTURAS 1958	1.1.1. Tejido urbano continuo	65,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	253,0	251,1	
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,2	50,2
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	13,9
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	29,6
	2.1.5. Tubérculos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	510,8	510,8
	2.2.5. Cultivos confinados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	165,2	165,2
	2.3.1. Pastos limpios	76,7	50,2	0,0	15,4	39,0	0,0	11475	0,0	1975,7	1066,6	526,1	0,0	0,0	380,2	2,5	467,0	28,4	0,0	0,0	0,0	4627,6	2376,7	-2250,9
	2.3.3. Pastos enmalezados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	186,3	186,3
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	176,3	0,0	13,9	0,0	430,5	165,2	1546,6	0,0	18346,1	243,4	178,2	0,0	0,0	0,0	126,2	43,0	7,1	0,0	0,0	0,0	2930,2	3436,7	506,5
	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	305,1	598,1	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	329,4	2229,6	1900,2
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,2	0,0	1,2	0,0	167,6	0,0	0,0	0,0	0,0	93,7	0,0	12,1	0,0	0,0	236,1	923,6	687,5
	3.1.1. Bosque denso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3.1.5. Plantación forestal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	19,2	0,0	0,0	0,0	170,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,7	490,7	452,0
	3.2.1. Herbazal	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	86,8	0,0	672,6	544,8	106,4	0,0	0,0	0,0	1840,7	550,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1975,6	661,8	-1313,8
	3.2.2. Arbustal	0,0	0,0	0,0	0,0	41,4	0,0	254,1	186,3	460,8	351,8	60,4	1,4	0,0	1,8	533,1	4665,7	17,1	0,0	9,0	0,0	1917,1	1199,6	-717,5
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6	52,6
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,5	0,0	0,0	3,9	28,3	0,0	0,0	108,7	0,0	45,0	0,0	405,5	0,0	0,0	444,3	12,1	-432,3	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	554,5	0,0	101,7	9,0	-92,7	

Nota. En rojo clases de cobertura que no existen o no se identifican en la capa de 1958 pero si en la capa 2020. P= Pérdidas, G= Ganancias, CN =Cambio Neto

D.3 Matriz Cambios y Permanencias 1987-2010

LCM 1987-2010_12		COBERTURAS 2010_12																			Pérdidas (ha)	Ganancias (ha)	Cambio neto (ha)	
		1.1.1.	1.1.2.	1.2.1.	1.3.1.	2.1.5.	2.2.5.	2.3.1.	2.3.3.	2.4.2.	2.4.3.	2.4.4.	3.1.1.	3.1.4.	3.1.5.	3.2.1.	3.2.2.	3.2.3.	3.3.3.	5.1.2.				
COBERTURAS 1987	1.1.1. Tejido urbano continuo	239,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	67,4	62,6	
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0,0	0,0	0,0	29,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2.1.5. Tubérculos	0,0	0,0	0,0	0,0	374,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	12,1
	2.2.5. Cultivos confinados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,7	3,3	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	176,2	171,0
	2.3.1. Pastos limpios	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	16193,2	0,0	181,1	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0	0,0	86,9	0,0	0,0	0,0	0,0	384,8	1728,2	1343,4
	2.3.3. Pastos enmalezados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	186,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7	1341,2	0,0	18363,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1609,5	663,7	-945,8
	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1127,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	12,7	-16,3
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	865,4	0,0	0,0	0,0	29,3	161,3	0,0	0,0	0,0	0,0	190,6	24,8	-165,9
	3.1.1. Bosque denso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	482,8	482,8
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3.1.5. Plantación forestal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,6	0,0	169,5	0,0	0,0	0,0	0,0	554,9	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	240,3	205,7	-34,6
	3.2.1. Herbazal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	288,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2118,6	274,3	0,0	0,0	0,0	0,0	562,8	29,3	-533,4
	3.2.2. Arbustal	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	22,8	12,7	0,0	482,8	0,0	0,0	0,0	5569,5	0,0	0,0	0,0	0,0	530,3	639,1	108,8
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,0	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	108,7	0,0	37,2	0,0	459,2	0,0	0,0	397,6	0,0	-397,6
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	543,2	87,1	0,0	-87,1		

D4. Matriz de Cambios y Permanencias 2010- 2020

LCM 2010_12_2020		COBERTURAS 2020																				Pérdidas (ha)	Ganancias (ha)	Cambio neto (ha)
		1.1.1	1.1.2	1.2.1	1.3.1	2.1.5	2.2.5	2.3.1	2.3.3	2.4.2	2.4.3	2.4.4	3.1.1	3.1.4	3.1.5	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.3.3	5.1.2				
COBERTURAS 2010_2012	1.1.1. Tejido urbano continuo	239,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	67,4	62,6	
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0,0	0,0	0,0	29,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2.1.5. Tubérculos	0,0	0,0	0,0	0,0	374,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	12,1
	2.2.5. Cultivos confinados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,7	3,3	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	176,2	171,0
	2.3.1. Pastos limpios	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	16193,2	0,0	181,1	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0	0,0	86,9	0,0	0,0	0,0	0,0	384,8	1757,5	1372,8
	2.3.3. Pastos enmalezados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	186,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7	1341,2	0,0	18363,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1609,5	663,7	-945,8
	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1127,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	12,7	-16,3
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	0,0	0,0	865,4	0,0	0,0	0,0	0,0	161,3	0,0	0,0	0,0	0,0	190,6	24,8	-165,9
	3.1.1. Bosque denso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3.1.5. Plantación forestal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,6	0,0	169,5	0,0	0,0	0,0	0,0	554,9	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	240,3	205,7	-34,6
	3.2.1. Herbazal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	288,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2118,6	274,3	0,0	0,0	0,0	0,0	562,8	482,8	-80,0
	3.2.2. Arbustal	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	22,8	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	482,8	5569,5	0,0	0,0	0,0	0,0	530,3	639,1	108,8
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,0	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	108,7	0,0	37,2	0,0	459,2	0,0	0,0	397,6	0,0	-397,6	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	543,2	87,1	0,0	-87,1		

E. Anexos al Modelo Conceptual General de Metabolismo Territorial

E1. Diagrama integral de flujos de agua y energía en el SSET

