



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

FACULTAD DE HISTORIA, GEOGRAFÍA Y CIENCIA POLÍTICA

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

MODELANDO LA PROYECCIÓN TERRITORIAL DE LAS CIUDADES
MEDIAS PARA LA CONFORMACIÓN DE ESQUEMAS ASOCIATIVOS
TERRITORIALES: ESTUDIO DE CASO DE LA CIUDAD DE SOGAMOSO DEL
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ (COLOMBIA) 1976-2047

Por:

FREDY LEANDRO PULIDO RICAURTE

Tesis presentada al Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile,
Para optar al grado académico de Magíster en Geografía y Geomática

Profesor guía:

Dr. Cristián Henríquez Ruiz

Octubre, 2022

Santiago, Chile

© 2022, Fredy Leandro Pulido Ricaurte

© 2022, Fredy Leandro Pulido Ricaurte

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

Al milagro de la vida de la Basílica de
Nuestra Señora del Rosario de Chiquinquirá

Agradecimientos

En primera instancia, deseo expresar total gratitud a mi profesor guía el Dr. Cristián Henríquez, que a través de su excelente labor como docente investigador y en representación de todos los docentes que hicieron parte de este proceso, indudablemente comprobé que la elección de la línea de investigación, el magister y la universidad fue la mejor decisión que pude tomar en este momento de mi vida para progresar como profesional. Así mismo, deseo agradecer a mi familia y amigos, que siempre han vivido mis metas y sueños en primera persona. Finalmente, agradezco al abogado y concejal del municipio de Sogamoso Julio César González, por la disposición y vocación de acercar las entidades gubernamentales al servicio de la producción académica.

Tabla de Contenido

Agradecimientos	iv
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen.....	ix
Abstract	x
Introducción	1
Capítulo I. Antecedentes de la Propuesta de Investigación	4
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.1.1. Contexto Histórico de las Ciudades Medias	4
1.1.2. Prácticas de Asociatividad Intermunicipal.....	6
1.1.3. Componente Funcional y Espacial de las Ciudades Medias.....	8
1.1.4. La ciudad de Sogamoso como Estudio de Caso.....	9
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivo general	11
1.2.2. Objetivos específicos	11
1.3. Estado del Arte	12
1.3.1. Casos de Asociatividad Intermunicipal en Europa	12
1.3.2. Casos de Asociatividad Intermunicipal en América Latina.....	16
1.3.3. Casos de Asociatividad Intermunicipal en Colombia	18
1.4. Marco teórico	20
1.4.1. El Territorio como Categoría de Análisis Geográfica.....	21
1.4.2. Ciudades Medias y Funciones de Intermediación.....	23
1.4.3. Modelos de Cambio de Uso de Suelo	26
1.4.4. Asociatividad intermunicipal	30
1.5. Diseño metodológico.....	32
1.5.1. Análisis de Redes	33
1.5.2. Modelo de Simulación Espacialmente Explícito	35

1.5.3. Esquemas Asociativos Territoriales	45
Capítulo II. Resultados	46
2.1. Análisis funcional	46
2.1.1. Evolución Histórica de la Ciudad de Sogamoso	46
2.1.2. Conectividad de la Infraestructura Vial	49
2.1.3. Accesibilidad a Equipamiento Educativos	50
2.1.4. Accesibilidad a Centros de Salud	53
2.1.5. Accesibilidad a Equipamientos Comerciales	54
2.2. Análisis espacial	56
2.2.1. Caracterización Territorial del Área de Influencia de la Ciudad de Sogamoso	56
2.2.2. Dinámicas de los Procesos de Cambio de Uso de Suelo 1976-2021	60
2.2.3. Proyección de los Cambios de Uso de Suelo 2047	68
2.2.4. Validación de los Escenarios de Modelación	83
2.3. Hechos de Asociatividad y Esquemas Asociativos Territoriales	85
Capítulo III. Discusión	92
3.1. Hacia Nuevas Formas de Gobernanza Territorial	92
3.2. Proyección de un EAT Empleando el Modelo de Simulación Espacial para la Prestación del Servicio Público Domiciliario de Recolección y Transporte de Residuos Sólidos	95
Capítulo IV. Conclusiones	100
Referencias	104
Anexos	117

Índice de Tablas

Tabla 1: Categorías de uso de suelo	36
Tabla 2: Fuerzas motrices de uso de suelo urbano.....	38
Tabla 3: Escala del Proceso de Jerarquía Analítica	40
Tabla 4: Fuerzas motrices de uso de suelo agrícola, bosque y área abierta	41
Tabla 5: Evolución de la población del área de estudio 1938-2018	47
Tabla 6: Tasa de crecimiento poblacional 1938-2018	48
Tabla 7: Horario de transporte público intermunicipal	50
Tabla 8: Instituciones de educación media, básica y superior	51
Tabla 9: Centros de salud.....	53
Tabla 10: Equipamientos comerciales	55
Tabla 11: Distribución espacial de las unidades paisajísticas en los municipios.....	57
Tabla 12: Distribución espacial de los usos de suelo en la unidad paisajística de valle 2021.....	58
Tabla 13: Distribución espacial de los usos de suelo 2021 en la unidad paisajística de montaña media	59
Tabla 14: Distribución espacial de los usos de suelo en la unidad paisajística de montaña alta	60
Tabla 15: Evolución de los procesos de cambio de uso de suelo 1976-2021	61
Tabla 16: Distribución espacial de los procesos de cambio de uso de suelo en los municipios 1976-2021.....	63
Tabla 17: Distribución espacial de los procesos de cambio de uso de suelo en las unidades paisajísticas de los municipios 1976-2021.....	65
Tabla 18: Probabilidades de conversión de uso de suelo 2021-2047.....	69
Tabla 19: Ponderación de las fuerzas motrices de uso de suelo urbano	70
Tabla 20: Distribución espacial de los usos de suelo 2047	73
Tabla 21: Distribución espacial de los usos de suelo del año 2047 en las unidades paisajísticas de los municipios	74
Tabla 22: Proyecciones de disposición de residuos sólidos 2022.....	99

Índice de Figuras

Figura 1: Localización de la ciudad de Sogamoso y los municipios contiguos.....	10
Figura 2: Conexiones de la infraestructura vial	49
Figura 3: Tiempos de desplazamiento a equipamientos educativos	52
Figura 4: Tiempos de desplazamiento a equipamientos de salud	54
Figura 5: Tiempos de desplazamiento a equipamientos comerciales	55
Figura 6: Distribución espacial del uso de suelo urbano 2021 en las unidades paisajísticas	58
Figura 7: Patrones de expansión urbana en función de la distancia a la ciudad de Sogamoso	62
Figura 8: Patrones de expansión urbana en función de la distancia a las vías de comunicación	62
Figura 9: Mapa de aptitud del uso de suelo urbano	71
Figura 10: Mapas de aptitud de usos de suelo de bosque, agrícola y área abierta	72
Figura 11: Evolución y proyección del uso de suelo urbano del área de influencia de la ciudad de Sogamoso 1995-2047	74
Figura 12: Localización de las tendencias de expansión urbana.....	76
Figura 13: Tendencia de expansión urbana zona norte	77
Figura 14: Tendencia de expansión urbana zona oriental	78
Figura 15: Tendencia de expansión urbana zona sur	80
Figura 16: Tendencia de expansión urbana zona occidental.....	82
Figura 17: Figura de mérito	84
Figura 18: Mapas de validación del modelo	84
Figura 19: Contraste entre las proyecciones del uso de suelo urbano 2047 y los Planes de Ordenamiento Territorial.	88
Figura 20: Proyección de las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios	98

Resumen

El desarrollo actual de las ciudades medias desafía las funciones tradicionales de intermediación que este tipo de ciudades cumple en la articulación de los vínculos urbano rurales. En el contexto de la globalización, estas funciones se desdibujan, al reemplazarlas por políticas públicas sustentadas en visiones de desarrollo a escala nacional e internacional, replicando a las grandes aglomeraciones urbanas. En este sentido, se genera una desconexión con las condiciones y dinámicas territoriales del entorno local, generando desequilibrios y conflictos territoriales, que en muchos casos involucra espacios rurales.

Las evidencias de este tipo de procesos en el territorio, se emplean para demostrar la necesidad de contemplar el uso de políticas públicas e instrumentos de gestión y planificación territorial de asociatividad intermunicipal, para recuperar y fortalecer los vínculos de interacción que caracterizan el área de influencia de las ciudades medias. La metodología propuesta contempla el uso de análisis de redes y flujos y modelos de simulación espacialmente explícitos, para determinar hechos de asociatividad funcionales y espaciales, que involucren la capacidad conjunta de decisión de distintas entidades territoriales para potenciar visiones de desarrollo o solucionar conflictos territoriales.

Esta investigación hace parte del marco del proyecto Fondecyt N° 1220688 y se presenta a través de un estudio de caso, que analiza las relaciones funcionales y espaciales asociadas al desarrollo urbano entre la ciudad de Sogamoso y las entidades territoriales contiguas, con el propósito de identificar hechos asociativos que justifiquen la implementación de prácticas de asociatividad, que en Colombia están representadas por los Esquemas Asociativos Territoriales. Los resultados de la investigación, evidencian hechos de asociatividad funcionales relacionados con patrones de desplazamiento y condiciones de accesibilidad a equipamientos colectivos, y espaciales asociados a procesos de cambio de uso de suelo urbano con tendencia a la conurbación, que demuestran la necesidad de contemplar nuevas formas de gobernanza territorial orientadas específicamente para las ciudades medias y su área de influencia.

Abstract

The current development of medium cities challenges the traditional functions of intermediation that this type of cities fulfills in the articulation of rural urban bonds. In the context of globalization, these functions are dismantled, replaced by public policies supported by national and international development visions, replicating those of large urban agglomerations. In this sense, a disconnection is generated with the conditions and territorial dynamics of the local environment, generating imbalances and territorial conflicts, which in many cases involve rural spaces.

Evidences of this type of processes in the territory are used to demonstrate the need to contemplate the use of public policies and instruments of management and territorial planning of inter-municipal association, to recover and strengthen the bonds of interaction that characterize the area of influence of the middle cities. The proposed methodology 1contemplates the use of spatially explicit network and flow analysis and simulation models to determine functional and spatial areas of association, which involve the joint decision-making capacity of different territorial entities to enhance development visions or resolve territorial conflicts.

This investigation is based on the framework of the Fondecyt project N° 1220688 and is presented through a case study, which analyzes the functional and spatial relationships associated with urban development between the city of Sogamoso and the adjacent territorial entities, with the purpose of identifying social issues that justify the implementation of associative practices, which in Colombia are represented by the Territorial Asociative Schemes. The results of the investigation, show evidence of functional association related to displacement patrons and conditions of accessibility to collective equipment, and spaces associated with processes of change of use of urban soil with a tendency to conurbation, which demonstrate the need to contemplate new forms of territorial governance specifically oriented to median cities and their area of influence.

Introducción

El proceso de urbanización a nivel mundial, impone el reto de avanzar en la comprensión de la importancia de las ciudades que están llamadas a recibir el papel protagónico en la agenda urbana de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que para 2050 el 68% de la población mundial reside en las ciudades, con una tendencia creciente de las ciudades inferiores a 1 millón de habitantes, denominadas ciudades medias, que concentran más del 60% de la población urbana (ONU, 2019).

La región en desarrollo más urbanizada del mundo es América Latina, que agrupa un promedio de 616 ciudades medias con una población entre 100.000 y 1000.000 habitantes, que corresponde al 35% del total de la población urbana (BID, 2015). Estas ciudades representan el mayor reto de sostenibilidad urbana, al presentar las tasas más altas de crecimiento económico y poblacional en términos relativos (BID, 2016). De acuerdo con el último censo de población realizado en Colombia en el año 2018, existen 49 ciudades en este rango poblacional, distribuidas en 24 de los 32 departamentos que conforman el país (DANE, 2018).

Las ciudades medias se intentan reconocer, definir y clasificar en función de distintos parámetros relacionados con la extensión física y el tamaño poblacional dentro del sistema urbano al que pertenecen. Sin embargo, este tipo de ciudades se caracterizan principalmente por las funciones de intermediación que cumplen en el contexto de sistemas urbanos simples y complejos, así como nodos de intercambio en las densas redes de flujos que conectan las áreas urbanas y rurales (Méndez, 2010; Sposito, 2010).

En Colombia, la conformación y evolución de las ciudades medias obedece a múltiples factores socioeconómicos y biofísicos, que determinan el alcance de las relaciones funcionales y espaciales con otras entidades territoriales. El área de influencia de estas ciudades configura espacios dinámicos que experimentan procesos de cambio de uso de suelo que, en algunos casos conlleva a conflictos territoriales, y pueden llegar a replicar los patrones de ocupación y crecimiento que experimentan las grandes ciudades,

en un proceso de cambio de las practicas socioespaciales (Henríquez, 2014; Sposito, 2004).

Los procesos de urbanización extensiva que presentan algunas ciudades medias, configuran espacios con tendencia a la conurbación, cuando superan los límites político administrativos con otras entidades territoriales, generando un modelo urbano orientado a la fragmentación del paisaje y dispersión de áreas urbanas de baja densidad. Este tipo de conflictos se derivan en gran medida de la falta de coordinación conjunta de estrategias de gestión y planificación, que permitan orientar el desarrollo territorial a partir de procesos y espacios de interés común.

En el caso de Colombia, esta situación se presenta debido a las limitaciones que impone la legislación que orienta el ordenamiento territorial a nivel municipal. Las políticas e instrumentos de planificación territorial tienen un ámbito de aplicación según los límites político administrativos oficiales, que conlleva a plasmar distintas visiones de desarrollo territorial en una misma unidad paisajística que, en lugar de integrar se emplea para dividir.

Esta visión particular del ordenamiento territorial a nivel municipal, se puede superar a través de prácticas asociativas intermunicipales, que se desarrollan a nivel mundial de forma diferenciada, en función de las condiciones del contexto y los instrumentos de planificación que disponen los Estados. En Colombia, la ley que regula el ordenamiento territorial (N° 1454 de 2011), contempla este tipo de prácticas de gobernanza territorial, bajo la denominación de Esquemas Asociativos Territoriales (EAT), que tienen un ámbito de aplicación a diferentes escalas, de acuerdo a las condiciones de los hechos de asociatividad que requieran de su implementación.

En términos municipales, es posible realizar procesos de asociatividad a través de figuras como Áreas Metropolitanas y Provincias Administrativas de Planeación, con base en los criterios de conformación y funcionamiento que establecen este tipo de EAT. En este orden de ideas, la investigación que se presenta a continuación, constituye una propuesta teórica y metodológica, que plantea analizar desde un enfoque funcional y

espacial los hechos de asociatividad que se evidencian en el área de influencia de una ciudad media, y requieren de la implementación de un EAT, presentando como estudio de caso la ciudad de Sogamoso.

La investigación está estructurada en cuatro apartados. En el primero se realiza una contextualización teórica y metodológica de la propuesta y los antecedentes del proceso de investigación. En el segundo se elabora un análisis funcional entre la distribución espacial de los equipamientos colectivos respecto a la localización de los centros urbanos principales, que permite determinar los vínculos de interacción que configuran patrones de movilidad, evidenciando las condiciones de accesibilidad.

En el segundo, se desarrolla un análisis espacial sobre los procesos de cambio de uso de suelo, mediante un modelo de simulación espacial, para realizar una evaluación retrospectiva y prospectiva de las tendencias de cambio y los factores explicativos, con especial énfasis en el uso de suelo urbano. En el cuarto se analizan los procesos funcionales y espaciales que constituyen hechos de asociatividad y requieren de la implementación de un EAT, con base en los criterios de conformación y funcionamiento de los instrumentos de ordenamiento territorial que tienen un ámbito de aplicación válido para este caso.

Capítulo I. Antecedentes de la Propuesta de Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. *Contexto Histórico de las Ciudades Medias*

El aumento acelerado de los procesos de urbanización a nivel mundial, implica el surgimiento de nuevos fenómenos de aglomeración urbana o metropolización que representan grandes desafíos para la gestión y planificación de las ciudades. En este contexto, las ciudades medias se han convertido en un elemento esencial en la articulación de los territorios y la organización de los sistemas urbanos a diferentes escalas en el ámbito local, regional, nacional y global (Maturana et al., 2017).

El proceso de urbanización en América Latina, es ampliamente reconocido debido a las complejidades territoriales que presenta cada país y la incidencia de los grandes impactos de las economías globales en la evolución histórica de las ciudades. En Colombia, la configuración de la red de ciudades se caracteriza por ser un sistema altamente autónomo, derivado de la heterogeneidad ambiental de las regiones que impone economías especializadas (Montoya y Duque, 2017).

Los procesos demográficos y económicos que experimenta América Latina durante el siglo XX, derivados de la implementación de los diferentes modelos de desarrollo económico (modelo primario exportador, modelo de industrialización por sustitución de importaciones y modelo neoliberal), generan un impacto diferenciado en el desarrollo y las funciones del sistema de ciudades que abarca las distintas regiones del país, determinado en gran medida por su vocación territorial y económica.

El desarrollo actual de las ciudades desafía las ideas tradicionales de los modelos territoriales y su efectividad institucional en el ordenamiento territorial (CEPAL, 2016). Las perspectivas teóricas sobre la visión más reciente de las ciudades medias, divergen significativamente respecto al pasado, donde eran generalmente centros administrativos y de comercialización, núcleos para la provisión de servicios y productos necesarios para la

agricultura, y se desempeñaban como lugares centrales en la conexión del campo con el exterior (Capel, 2009).

En el marco de la globalización y en un contexto competitivo neoliberal, estas funciones cambian, algunas ciudades medias tratan de reposicionarse a escalas superiores adoptando diversas fórmulas (mercadotecnia, nodos de infraestructura de gran capacidad, grandes proyectos o eventos), que son políticas de las grandes áreas metropolitanas, y pueden ir en detrimento de las funciones tradicionalmente desplegadas como centro de servicios territorial a escala local (Bellet, 2012). Esta distinción, permite poner en evidencia el papel clave de las ciudades medias, tanto en la integración territorial de los sistemas urbanos a los que pertenecen, como en la capacidad para reforzar los vínculos urbano rurales (Llop et al., 2019).

La importancia de las ciudades medias en Colombia es fundamental para el desarrollo regional, teniendo en cuenta que en este grupo se encuentra la mayoría de las capitales de los departamentos poco poblados y otras ciudades vinculadas a economías agrícolas y mineras bastante dinámicas (Anexo 1), aunque con una influencia y alcance espacial condicionado por su localización y cantidad de población (Montoya y Duque, 2017). Por lo tanto, este tipo de ciudades no puede reemplazar su capacidad de cohesionar el sistema urbano y los vínculos urbano rurales (Llop et al., 2019), a cambio de la promoción de determinados eventos o megaproyectos que se presentan como fuente de progreso y desarrollo territorial a gran escala.

La desconexión de las ciudades medias con las condiciones del entorno inmediato, también se refleja en los procesos de urbanización extensivos, que configuran áreas urbanas dispersas y de baja densidad, lo que implica un mayor consumo de suelo y una estructura urbana muy fragmentada y segregada (Bellet, 2012). Este escenario se vuelve aún más complejo cuando el desarrollo urbano supera los límites político administrativos sin la coordinación conjunta con las entidades territoriales correspondientes, como sucede en algunos municipios del país que experimentan fuertes procesos de conurbación. Estos procesos de urbanización derivan en iniciativas para la conformación de áreas

metropolitanas, que precisamente no responden a un minucioso proceso de planificación; al contrario, se presentan como una respuesta inmediata para orientar el desarrollo urbano de estos escenarios y solucionar conflictos territoriales.

El crecimiento de las ciudades medias que evidencian procesos de conurbación, especialmente cuando involucra áreas rurales, se convierte en un fenómeno muy sensible a generar cambios negativos en la estructura demográfica y económica de estos espacios. En este sentido, la necesidad de coordinar el desarrollo conjunto de los territorios en Colombia, reconoce que el funcionamiento de las ciudades medias es claramente dependiente de unas economías regionales altamente diversificadas (Montoya y Duque, 2017).

Los cambios funcionales y espaciales que se despliegan de la ciudad como polo de articulación territorial, incide directamente en su área de influencia, que en la mayor parte de los casos concentra extensas áreas de producción agrícola. En efecto, el objetivo debería estar orientado a reforzar y potenciar los aspectos positivos y desarrollar acciones urbanas adecuadas a los recursos económicos, sociales y culturales locales para mejorar su posición estratégica y garantizar un desarrollo del conjunto del territorio más equilibrado, coherente con su condición de ciudad media y sostenible (Bellet, 2012).

1.1.2. Prácticas de Asociatividad Intermunicipal

El interés que surge a nivel mundial ante este panorama, conlleva al desarrollo de políticas de Estado diseñadas para fomentar la cooperación horizontal entre gobiernos locales, bajo denominaciones como cooperación municipal, asociatividad intermunicipal y mancomunidades de municipios, que permiten generar una mayor integración territorial, especialmente entre las ciudades medias y su contexto. Aunque existen diversas denominaciones y formas de asociatividad, el fenómeno de las asociaciones municipales implica un tipo particular de colectividad territorial, que busca propiciar el trabajo mancomunado entre municipios circunvecinos, constituyéndose en un importante instrumento de cooperación entre estos entes públicos (Bustamante, 2006).

En Colombia, se despliega una serie de leyes que responden a esta necesidad, institucionalizando nuevas formas de gobernanza territorial, frente al evidente crecimiento de la población y la expansión urbana que experimentan determinados espacios geográficos. Así, en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (LOOT) N° 1454 de 2011, se establecen las normas que regulan los Esquemas Asociativos Territoriales (EAT) en el país, llámese Áreas Metropolitanas, Provincias Administrativas y de Planificación (PAP), Regiones de Planeación y de Gestión (RPG) y Regiones Administrativas y de Planificación (RAP).

Esta ley permite estructurar estrategias de integración, planeación y desarrollo que trascienden el predominio de los límites del modelo municipal. Así, es posible hablar de asociaciones de municipios, departamentos, distritos, áreas metropolitanas, regiones de planeación y gestión. No obstante, Colombia es un país con diferentes escenarios de desarrollo regional y condiciones socioeconómicas muy diversas, que exige un análisis acertado y preciso sobre el tipo de EAT que se podría implementar en una región en particular, especialmente cuando involucra la participación de ciudades medias.

La importancia de este tipo de centros urbanos, reside en la influencia que ejerce sobre las conexiones y redes económicas, sociales y políticas de los territorios rurales, que en la mayoría de los casos constituyen las capitales administrativas de los departamentos. Desde la promulgación de esta ley, se ha pretendido conceder mayor protagonismo a las ciudades medias en el desarrollo de los territorios, al tratar de incorporarlas en distintas iniciativas para conformar principalmente áreas metropolitanas¹ y provincias administrativas y de planeación².

¹ Las áreas metropolitanas pueden integrarse por municipios de un mismo departamento o por municipios pertenecientes a varios departamentos, en torno a un municipio definido como núcleo, no solo para el desarrollo y la prestación de servicios públicos sino también para la programación y coordinación de su desarrollo sustentable, desarrollo humano y ordenamiento territorial (Ley N° 1454, 2011).

² Las provincias, pueden ser constituidas por dos o más municipios geográficamente contiguos de un mismo departamento mediante acuerdo municipal y ordenanza departamental. Y uno de los fines de estos esquemas asociativos es organizar de manera conjunta la prestación de servicios públicos, la gestión ambiental y la ejecución de obras de desarrollo integral (Ley N° 1454, 2011).

En muchos casos, estas propuestas no se realizan con la claridad necesaria para entender las relaciones espaciales que justifican la elección del EAT, debido a los inconvenientes que representa coordinar el desarrollo armónico, integrado y sustentable entre el municipio que concentra el núcleo urbano principal y los municipios contiguos, que por lo general agrupan las áreas rurales. Por esta razón, en la LOOT se establecen puntos estratégicos para la conformación de EAT, destacando la necesidad de señalar, de manera precisa, las condiciones, circunstancias y propósitos de cada esquema, teniendo en cuenta que para cada circunstancia se debe seleccionar el instrumento adecuado (DNP, 2013).

1.1.3. Componente Funcional y Espacial de las Ciudades Medias

Las dificultades que implica identificar los hechos de asociatividad que justifican y determinan el tipo de EAT adecuado para una ciudad media, se pueden superar implementando un análisis funcional y espacial del conjunto de las entidades territoriales que se desean integrar. Por una parte, el análisis funcional rescata las funciones de intermediación de las ciudades medias como centro de provisión de bienes y servicios. Este análisis permite identificar los vínculos de interacción espacial entre la ciudad media y las entidades territoriales del entorno inmediato, a partir de la distribución espacial de los equipamientos colectivos de mayor acceso. Desde una visión conjunta de desarrollo territorial, es posible determinar patrones comunes de desplazamiento, que en términos de tiempo y distancia evidencia las condiciones de accesibilidad de la población y la cantidad de equipamientos colectivos en un espacio determinado (Rojas et al., 2019).

Por otra parte, el análisis espacial, integra los métodos de simulación espacialmente explícitos, que representan poderosas herramientas de análisis espacial que permiten: (a) Explorar los variados mecanismos que fuerzan los cambios de uso del suelo y las variables sociales, económicas y espaciales que conducen a esto; (b) Proyectar los potenciales impactos ambientales y socioeconómicos derivados de los cambios en el uso del suelo, y; (c) Evaluar la influencia de alternativas políticas y regímenes de manejo sobre los patrones de desarrollo y uso del suelo (Aguayo et al., 2007).

Teniendo en cuenta esta serie de ventajas, se propone enfocar el análisis funcional y espacial como un recurso teórico y metodológico para reconocer hechos de asociatividad en el área de influencia de una ciudad media, que representan el propósito esencial de un EAT. De esta forma, es posible proyectar el desarrollo territorial asociado a la planificación urbana desde una visión conjunta y coordinada, que involucra la capacidad de decisión de distintas entidades territoriales. Desde el marco de un EAT, es posible regular desequilibrios funcionales relacionados con el acceso a equipamientos colectivos y conflictos de usos de suelo derivados de patrones de urbanización.

El análisis funcional y espacial propuesto para identificar hechos de asociatividad que orientan la implementación de EAT, constituye una oportunidad para visualizar las funciones de intermediación que desempeñan las ciudades medias en la articulación del territorio al que pertenecen, y el impacto que generan los cambios de uso de suelo que experimentan. Este tipo de análisis, permite evaluar el territorio desde una perspectiva integral, al reunir distintas visiones de desarrollo, en torno a temas de interés común que involucra la capacidad de decisión de diversas entidades territoriales, y contribuye a superar las limitaciones impuestas por los límites político administrativos oficiales, en el ámbito del ordenamiento territorial.

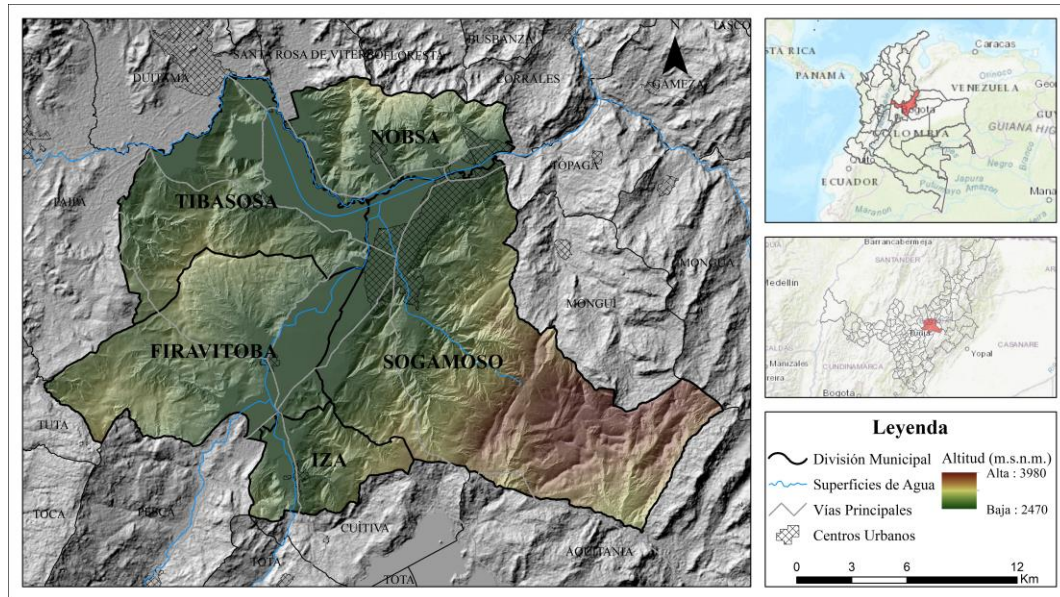
Desde el enfoque de este tipo de análisis, es posible fomentar la integración territorial, especialmente en las regiones, donde las ciudades medias cumplen importantes funciones de intermediación en los entornos rurales. Por esta razón, las ciudades medias no pueden desarrollarse como espacios aislados de su contexto, en su aspiración de internacionalizarse, siendo esta una manera de recuperar la mirada hacia lo local, hacia el territorio, para volver a interactuar con mayor coherencia con lo global (Bellet, 2012).

1.1.4. La ciudad de Sogamoso como Estudio de Caso

En Colombia, los temas de ciudades medias y prácticas de asociatividad intermunicipal, presentan escasos estudios y en menor medida se abordan de forma conjunta. Por esta razón, se presenta la ciudad de Sogamoso como estudio de caso (Figura 1), para analizar las relaciones funcionales y espaciales que configuran hechos asociativos

con las entidades territoriales contiguas, y requieren de la implementación de un EAT. La elección del área de estudio, se realiza teniendo en cuenta que constituye una de las ciudades medias más importantes del departamento de Boyacá, con la segunda población más alta (106.794) de acuerdo con el último censo de población realizado en el país (DANE, 2018). Esta ciudad concentra las principales actividades económicas, comerciales e industriales de gran parte de la región y los equipamientos colectivos que soportan la demanda de la población a nivel regional, especialmente de los municipios contiguos.

Figura 1: Localización de la ciudad de Sogamoso y los municipios contiguos



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el desarrollo histórico de la ciudad de Sogamoso presenta procesos de cambio de uso de suelo asociados al crecimiento urbano, que configura patrones de ocupación con tendencia a la conurbación, al superar los límites político administrativos con las entidades territoriales de Nobsa, Tibasosa, Firavitoba e Iza³. El problema de

³ El significado del nombre de las entidades territoriales se deriva de vocablos de la lengua indígena de la familia lingüística magdalénico chibcha, que predomina en las comunidades que habitan el altiplano cundiboyacense antes del proceso de conquista y colonización español (Quesada, 2009).

investigación toma como referencia las evidencias de estos procesos funcionales y espaciales, que surgen en torno a la ciudad de Sogamoso debido a la posición que desempeña como uno de los principales nodos de articulación regional, para identificar los hechos de asociatividad que requieren de la implementación de un EAT. De esta forma, es posible integrar las distintas visiones de desarrollo de las entidades territoriales que comparten hechos de asociatividad con la ciudad de Sogamoso, para crear estrategias de gestión y planificación conjuntas y coordinadas, que permitan proyectar el desarrollo del territorio y prevenir desequilibrios y conflictos territoriales desde el marco de un EAT.

En este orden de ideas, la pregunta que orienta el desarrollo de la investigación es ¿Cómo usar los métodos de análisis de redes y los modelos simulación espacialmente explícitos para identificar hechos asociativos funcionales y espaciales, que permitan orientar la implementación de Esquemas Asociativos Territoriales?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

- Analizar las relaciones funcionales y espaciales asociadas al desarrollo urbano de la ciudad de Sogamoso, en función de los procesos de cambio de uso de suelo del periodo 1976-2021 y sus potenciales escenarios al año 2047, con el propósito de orientar la selección y conformación de un Esquema Asociativo Territorial para el área de influencia de la ciudad.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Describir las funciones y roles de intermediación entre la ciudad de Sogamoso y las entidades territoriales contiguas, a partir de un análisis de redes y flujos de la distribución espacial de los equipamientos colectivos y los patrones de desplazamiento de la población.
- Desarrollar un modelo de simulación espacialmente explícito para la ciudad de Sogamoso y las entidades territoriales contiguas, a partir de las tendencias de cambio de uso de suelo del periodo 1976-2021 con proyección al año 2047.

- Proyectar un Esquema Asociativo Territorial dentro de las posibilidades que contempla el ordenamiento territorial en Colombia para la ciudad de Sogamoso, de acuerdo con los hechos de asociatividad funcionales y espaciales que comparte con las entidades territoriales contiguas.

1.3. Estado del Arte

En términos generales, las políticas y estructuras de asociatividad o cooperación intermunicipal se encuentran presentes de forma diferenciada a nivel mundial, y su origen histórico obedece a diferentes procesos socio territoriales particulares del contexto de cada Estado. Sin embargo, los desafíos cambian constantemente con la creciente complejidad de un mundo globalizado y requiere el desarrollo de nuevas formas de gobernanza territorial. Por esta razón, la asociatividad intermunicipal es objeto de trabajos de investigación, especialmente en Europa y más recientemente en América Latina, desde diversos enfoques y campos del conocimiento.

Estas investigaciones permiten entender, por una parte, las motivaciones iniciales, contextos y diferentes modalidades en las que surgen estas experiencias y, por otra parte, comprender los aportes y limitantes de esta modalidad para los gobiernos locales y los territorios que representan. La revisión del estado de la investigación sobre asociatividad intermunicipal se realiza con un enfoque multiescalar a partir de las investigaciones más recientes realizadas en Europa y América Latina, teniendo en cuenta que, la asociatividad intermunicipal está sujeta a la implementación de políticas de Estado que contemplan estas formas de gobernanza territorial, las cuales se encuentran en muchos países en permanente desarrollo y actualización.

1.3.1. Casos de Asociatividad Intermunicipal en Europa

Para el caso de Europa, es necesario resaltar en primera instancia la investigación de Bock (2006) titulada “City 2030—21 cities in quest of the future: New forms of urban and regional governance”, que se centra en el análisis de los resultados parciales del concurso que realiza el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania, con

el fin de promover el desarrollo de modelos de cooperación regional y participación integradora de gobernanza en el pensamiento estratégico urbano y regional.

De acuerdo con Bock (2006), el programa de investigación denominado “City 2030” surge como respuesta a la necesidad de conciliar la planificación para el futuro y la toma de decisiones, particularmente para las ciudades que tienen un papel destacado que desempeñar porque experimentan la trascendencia social y técnica. En este sentido, los proyectos que abordan la regionalización se preocupan por la incapacidad de la ciudad como institución política para actuar dentro de sus límites territoriales establecidos y por ampliar el universo de acción para incluir nuevas redes de actores municipales y regionales, ya sea como reacción a la falta de organización e institucionalización regionales o en una crítica deliberada de las estructuras administrativas regionales existentes (Bock, 2006).

En los últimos años, la cooperación entre comunidades está creciendo de forma constante en muchos países europeos, que es especialmente cierto para Italia, como lo demuestra Labianca (2014) en la investigación titulada “Inter-municipal cooperation: from cooperation through rules to cooperation through networks – empirical evidence from Puglia”. Esta investigación comienza planteando que, en los últimos 50 años, una serie de desarrollos, como la ampliación de los servicios públicos y el aumento de los estándares y expectativas de estos servicios, influyen presión sobre el gobierno local, que tiene que recurrir a diferentes estrategias como la cooperación intercomunal.

Con respecto a la gestión de servicios y tareas; este tipo de cooperación intercomunal es representada por asociaciones conocidas como “uniones municipales”. En los últimos años, la legislatura nacional, debido al fenómeno tradicional y generalizado de “pulverización” entre los municipios italianos, impone la práctica obligatoria de garantizar que determinadas funciones sean desempeñadas por los pequeños municipios en forma asociada (Labianca, 2014).

Este artículo tiene como objetivo proporcionar un marco del contexto italiano y de las mejores prácticas de las uniones municipales para comprender sus características, los

factores de su éxito y las condiciones que podrían crear las bases para la transición a una dinámica y formas complejas de cooperación. El estudio se centra en la región de Puglia, donde Labianca (2014) trata de comprender el tipo de cooperación intercomunal en relación con las unidades municipales que existen en la región, confirmando que las formas de cooperación intermunicipal no son nuevas; la diferencia es que, si bien en el pasado se describían como una “oportunidad”, hoy en día se consideran principalmente una necesidad. La investigación muestra que la mayoría de las uniones de municipios italianos, promueve la prestación de servicios sin límites, pero que se está avanzando en la formulación e implementación de políticas (Labianca, 2014).

En relación a las investigaciones de asociatividad intermunicipal, que se centran en la prestación de servicios, también es preciso mencionar el trabajo de investigación de Gomis (2017) titulado “Sistemas mediterráneos de cooperación intermunicipal: las mancomunidades valencianas y las communautés francesas”, donde analiza cuáles son los elementos que llevan a la articulación de las asociaciones de municipios, haciendo un repaso sobre los puntos centrales del debate sobre la escala óptima para la prestación de servicios públicos. Desde esta perspectiva, presenta las principales tendencias en el contexto europeo, que están asociadas principalmente a la reducción de costos de la prestación de servicios públicos, las limitaciones financieras, la generación de economías de escala, la búsqueda de la profesionalización de la gerencia y el tratarse de municipios pequeños o suburbios (Gomis, 2017).

Para el caso particular de Italia, también es necesario destacar el trabajo de investigación de Lazzarini y Chiarini (2017) titulado “The reorganization of development rights at the intermunicipal level: different scenarios for an alternative forecast of land use in the valley of Seriana in Italy”. En esta investigación los autores evalúan distintos escenarios de planificación urbana intermunicipal en el valle de Seriana, en la provincia de Bérgamo, un territorio caracterizado por un bajo grado de cooperación a nivel municipal. En estos términos, Lazzarini y Chiarini (2017) se han propuesto identificar algunos criterios dirigidos a determinar la potencial problemática de las áreas de transformación y el movimiento de los derechos de desarrollo anexos, en función de una

previsión de uso de suelo alternativo y más sostenible para el valle de Seriana, que podría enmarcar un interés común entre municipios, para reducir el consumo de suelo y hacer frente a las nuevas condiciones inmobiliarias (Lazzarini y Chiarini, 2017).

Los escenarios que Lazzarini y Chiarini (2017) evalúan fueron tres: alto grado de cooperación entre municipios, bajo grado de cooperación entre municipios y falta de cooperación entre municipios, de los cuales el primer escenario presenta la hipótesis más viable sobre una reorganización intermunicipal eficaz y eficiente de los derechos de desarrollo, que parte de una forma de acuerdo político entre los diez municipios del Valle de Seriana que permite prever nuevas áreas residenciales e industriales a nivel intermunicipal (Lazzarini y Chiarini, 2017).

En los antecedentes del contexto Europeo no pueden faltar los estudios desarrollados en Francia, puesto que es el referente internacional de la asociatividad, en donde, según Loubet (2013), la eficiencia de este país, en cuanto a cooperación local e intermunicipal, se traduce en recomposiciones territoriales y gubernamentales, debido a que los representantes de los municipios se confrontan, en el día a día, al ejercicio complejo de la cooperación y la definición de proyectos territoriales. En este sentido, la investigación de Demazière (2018) titulada “Strategic Spatial Planning in a Situation of Fragmented Local Government: The Case of France” constituye un buen referente, en cuanto que analiza las reformas del sistema de planificación de Francia en las últimas dos décadas, que ha promovido nuevas escalas espaciales y nuevos métodos para el desarrollo sostenible.

La investigación Demazière (2018) responde tres preguntas: ¿cómo funcionan estas reformas en la práctica en un país donde la planificación se ha descentralizado a los municipios?, ¿En qué medida los planes estratégicos hacen que la relación entre el crecimiento económico y la protección del medio ambiente sea menos antagónica?, ¿Que ilustra con dos estudios de caso de ciudades-regiones en crecimiento: Rennes y Tours, sosteniendo que la calidad de la cooperación intermunicipal tiene la mayor influencia en

un enfoque integrador del desarrollo económico dentro de la planificación territorial (Demazière, 2018).

1.3.2. Casos de Asociatividad Intermunicipal en América Latina

En América Latina la asociatividad intermunicipal es un fenómeno más reciente, con diferentes niveles de desarrollo de acuerdo a la organización político administrativa de cada país. El artículo de investigación de Arias et al (2019) titulado “Cooperación intermunicipal en América Latina: estado del arte y desafíos futuros de la investigación” ofrece un panorama del estado de la investigación latinoamericana sobre cooperación intermunicipal, a partir de una revisión sistemática de literatura publicada en revistas indexadas entre 2005 y 2016.

Esta investigación, identifica los avances sobre los condicionantes relevantes, los factores explicativos de la colaboración como modelo organizacional y gobernanza territorial y los diferentes efectos de la cooperación intermunicipal en países de América Latina. En este sentido, también es necesario destacar el trabajo de investigación de Moret (2008) sobre “Intermunicipalismo y Cooperación Descentralizada”, donde realiza una aproximación teórica de la intermunicipalidad como modalidad de desarrollo, que fundamenta con un análisis de los aportes y limitaciones de la cooperación intermunicipal en algunos países de América Latina como Argentina, Uruguay, Bolivia y Venezuela.

Por otra parte, es conveniente resaltar algunos trabajos de investigación que abordan experiencias en particular sobre asociatividad intermunicipal en ciertos países de América Latina, como es el caso de las investigaciones desarrolladas en Argentina. Por ejemplo, en la investigación titulada “Análisis del asociativismo intermunicipal en Argentina” de Cravacuore (2006), se realiza una descripción del marco normativo, la tipología del asociativismo intermunicipal y las dificultades políticas y de gestión, que se presentan en Argentina de acuerdo con su contexto. Otro ejemplo, es la investigación titulada “Territorio y redes de articulación intermunicipal, en la provincia de Santiago del Estero” de Colucci (2012). En esta investigación se propone como objetivos: Establecer relaciones entre aspectos geográficos (distancia, vecindad, semejanza productiva) entre

las ciudades-municipio; Evaluar la organización interna de los municipios; Identificar redes de cooperación entre los municipios-ciudad.

En Chile, también se han realizado trabajos de investigación que constituyen un gran aporte a la comprensión de las estructuras y políticas de asociatividad intermunicipal, como es el caso de la investigación de Arias y Garrido (2019), titulada “¿Qué impulsa a los gobiernos municipales a colaborar? El caso de la Asociación Ambiental Temática en Chile”, donde los autores, utilizando datos del gobierno chileno, se proponen identificar y analizar los determinantes de la colaboración inter-local para abordar en particular los problemas ambientales. Los resultados muestran que las formas de cooperación están determinadas en gran medida por la pobreza, el tamaño de la población, la capacidad fiscal municipal y el grado de urbanización de las comunidades locales (Arias y Garrido, 2019).

En países de América Latina, con un modelo de gobierno federal como Brasil, también se han realizado investigaciones sobre asociatividad intermunicipal que representan experiencias importantes sobre la evolución histórica en términos constitucionales de estas formas de gobernanza local y regional. La investigación de Grin y Abrucio (2017) titulada “La cooperación intermunicipal en Brasil frente al espejo de la historia: antecedentes críticos y la dependencia de la trayectoria de la creación de la ley de los consorcios públicos”, se enfoca en analizar la como la aprobación de la Ley de los Consorcios Públicos de 2005, ayuda a explicar la ampliación del asociativismo intermunicipal en Brasil.

En esta investigación Grin y Abrucio (2017) explican que la Ley de Consorcios Públicos se promulga como respuesta ante las heterogeneidades y desigualdades regionales, que se generan con el reconocimiento de los municipios como entidades autónomas en la Constitución Federal de 1988. Estas desigualdades, según los autores están relacionadas principalmente con autarquismo municipal, creación de nuevos municipios y competición entre localidades por la atracción de inversiones económicas. En este contexto, el propósito de la Ley de Consorcios Públicos consiste en reglamentar y consolidar las bases legales para que dos o más entes federados pueden unirse para la

prestación de servicios públicos. Así mismo, hubo incentivos para promover el asociativismo intermunicipal resultantes de las políticas públicas, como es el caso de la legislación de Residuos Sólidos que, desde el 2010, define que el gobierno federal solo puede transferir recursos a municipios consorciados (Grin y Abrucio, 2017).

Para cerrar la revisión del estado de la investigación en el contexto de América Latina, cabe resaltar dos libros que complementan la revisión bibliográfica, los cuales sintetizan diversas experiencias que han afrontado la mayor parte de países de América Latina con las formas de gobernanza relacionadas con la asociatividad intermunicipal, que son “El asociativismo intermunicipal en América Latina” de Chacón y Cravacuore (2016) y “El asociativismo intermunicipal en América Latina” de Quintero (2006).

Al realizar una revisión general de los trabajos de investigación citados anteriormente, es posible determinar que, tanto en Europa como en América Latina, las motivaciones que conducen a desarrollar políticas y estructuras de asociativismo intermunicipal como formas de gobernanza territorial, obedecen a diversas razones como la preocupación por la planificación del futuro, la alta fragmentación del territorio en municipios, el mejoramiento de la prestación de servicios públicos, la conservación de áreas de interés ambiental y los problemas de recaudación fiscal, entre otras, que dependen de las condiciones y necesidades de desarrollo territorial que son particulares a cada país. Estas experiencias constituyen la base para identificar los aportes que se realizan en este tema y como se puede contribuir para mejorar su comprensión a partir de la investigación propuesta.

1.3.3. Casos de Asociatividad Intermunicipal en Colombia

La revisión del estado de la investigación, particularmente para Colombia, se centra desde el año 2011 en adelante, contemplando que en este año se promulga la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial N° 1454 de 2011, que establece la asociatividad como una herramienta que permite abordar de manera mancomunada, el diseño, implementación y ejecución de políticas, programas, proyectos y acciones de desarrollo de interés común para las entidades territoriales (DNP, 2013). Desde la

institucionalización de los Esquemas Asociativos Territoriales en el marco de la LOOT, son pocos los antecedentes de la conformación de nuevos EAT con un ámbito de aplicación a nivel municipal. Por una parte, la última área metropolitana oficialmente reconocida y configurada es anterior a esta ley, precisamente del año 2005 (Área Metropolitana de Valledupar). Por otra parte, las Provincias Administrativas y de Planeación, se crean solo en el departamento de Santander y Antioquia, a través de decretos y ordenanzas expedidas por estos departamentos.

Las investigaciones sobre los EAT conformados desde la LOOT son muy escasos, debido a la reciente promulgación de esta ley. Sin embargo, se destacan algunos trabajos que permiten entender las relaciones de cooperación intermunicipal y los procesos explicativos de conformación, tanto de áreas metropolitanas como de asociaciones de municipios anteriores a la ley, que son respectivamente las investigaciones de Rodríguez (2012) titulada “Caracterización del poblamiento y la metropolización del territorio del área metropolitana de Bucaramanga” y el trabajo de investigación de Blanco et al (2005) denominado “La asociación de municipios de la línea: Una experiencia de desarrollo local”.

Las investigaciones realizadas posterior a la entrada en vigencia de la LOOT, constituyen los aportes más importantes para la comprensión de las nuevas formas de gobernanza territorial, como es el caso de la investigación de Zapata (2017) titulada “Las provincias y las áreas metropolitanas en Colombia: potencias para la integración y el desarrollo”, donde expone, por una parte, los principales desarrollos normativos e institucionales que orientan los diferentes esquemas asociativos vigentes en el país y, por otra parte, profundiza en las figuras de las provincias y las áreas metropolitanas, de manera que se puedan contrastar algunos desafíos que estos dos esquemas generan, en tanto las provincias son de reciente creación y reglamentación, apropiadas para los municipios pequeños y rurales; mientras que las áreas metropolitanas ya tienen un recorrido en el ámbito municipal por más de 20 años (Zapata, 2017).

La investigación de Posada et al (2017) titulada “Gestión territorial mediante estrategia de asociatividad para Casanare – Colombia”, el antecedente más significativo sobre la visión prospectiva de los EAT. En esta investigación, se aplica un método de análisis geográfico-ambiental, para motivar la gestión de una estrategia territorial entre entes municipales. En este estudio, se logró generar cartografía de síntesis de los subsistemas ambiental y socioeconómico, para el planteamiento de una estrategia de gestión, a partir de la asociatividad de tipo funcional, entre seis municipios del departamento de Casanare (Posada et al., 2017).

La revisión del estado de la investigación sobre asociatividad intermunicipal, permite identificar los principales enfoques que abordan estas formas de gobernanza territorial como respuesta a las diferentes necesidades del contexto que las justifica. En este sentido, se logra reconocer de acuerdo con la revisión bibliográfica cinco enfoques que sustentan las asociaciones intermunicipales que son: la planificación del futuro de las ciudades, el mejoramiento de la prestación de servicios públicos, la alta fragmentación del territorio en municipios, el ordenamiento de usos de suelo y la protección de áreas de interés ambiental. El aporte de estos enfoques en la comprensión de la asociatividad intermunicipal es fundamental, teniendo en cuenta que, permite avanzar en la comprensión de la asociatividad intermunicipal a partir de los aciertos y limitaciones de distintas experiencias y motivaciones con un enfoque territorial, que orienta el panorama para investigaciones futuras.

1.4. Marco teórico

La investigación se estructura en lo fundamental, a partir de cuatro componentes teórico conceptuales que agrupan diversos temas: territorio, ciudades medias, cambio de uso de suelo y asociatividad intermunicipal. En cada uno de estos componentes se realiza una aproximación de las principales posiciones teóricas y conceptuales que sustentan el análisis del tema propuesto.

1.4.1. El Territorio como Categoría de Análisis Geográfica

El enfoque del planteamiento del problema de la investigación al centrarse en abordar el estudio de las dinámicas espaciales de las ciudades medias desde una visión prospectiva, implica reconocer el complejo de interrelaciones entre la dimensión biofísica y socioeconómica sobre las que se soportan este tipo de núcleos urbanos. Por lo tanto, la categoría de aproximación geográfica que orienta en mayor medida el desarrollo de la investigación es el concepto de territorio. Esta elección se fundamenta en que constituye una categoría mucho más concreta y particular que la de espacio; al mismo tiempo, es más especializada ya que vincula a la sociedad con la naturaleza, pero no desde su apariencia o representación, sino desde su apropiación, uso o transformación y alude tanto a una perspectiva política, como a una cultural, según sea el enfoque (Ramírez, 2015).

El concepto de territorio, al igual que otras categorías de aproximación geográfica, cambia de acuerdo a los distintos paradigmas que marcan la evolución histórica de la geografía, pero también desde otras disciplinas. Por esta razón, es necesario precisar el enfoque que mejor se adapta al propósito de la investigación, donde se pretende articular los factores y las fuerzas motrices socioespaciales que impulsan el desarrollo de las ciudades medias en un contexto de integración territorial.

En este sentido, se descartan las distintas tradiciones (jurídica, naturalista, marxista, humanista) que abordan el estudio del territorio como un sustrato material externo a la sociedad (Altschuler, 2013). En respuesta a estas tradiciones a partir de los años 70 se incorpora la dimensión de las relaciones sociales, desde las nuevas perspectivas que se originan en lo que se denomina geografía crítica, prestando más atención a las complejidades del mundo social.

Uno de los autores pioneros en el nuevo abordaje del territorio, es el geógrafo francés Claude Raffestin (1993), al resaltar los aspectos políticos del territorio y destacar la diferencia entre espacio y territorio, señalando que el primero es anterior al segundo y, más aún, que el territorio es una producción a partir del espacio que, dada las relaciones sociales que implica, se inscribe en un campo de poder (Altschuler, 2013). Raffestin

(1986) da a conocer que los procesos de organización territorial deben analizarse en dos niveles distintos que funcionan de manera interactiva. Un primer nivel está constituido por las acciones de la sociedad sobre la base material de sus existencias y un segundo nivel que son los sistemas de representación, ya que son sus ideas las que guían las intervenciones humanas en el espacio terrestre (Vargas, 2012).

Esta distinción, es esencial para comprender que el territorio es un espacio definido y delimitado por y a partir de relaciones de poder en las más diversas escalas espaciales y temporales (Souza, 1995). En este sentido, Montañez (2001) afirma que el territorio es un concepto relacional que insinúa un conjunto de vínculos de dominio, poder, pertenencia o apropiación entre una porción o la totalidad del espacio geográfico y un determinado sujeto individual y colectivo.

La puesta en primer plano de las relaciones de poder, así como la deconstrucción de una visión naturalizada y estática del territorio, permite comprender que el territorio se construye a partir de la actividad espacial de agentes que operan en diversas escalas. La actividad espacial, se refiere a la red espacial de relaciones y actividades, de conexiones espaciales y de localizaciones con las que opera un agente determinado, ya sea un individuo, una firma local, una organización o grupo de poder, o una empresa multinacional (Montañez y Delgado, 1998).

Las relaciones de poder entre diferentes agentes, constituyen una de las principales fuerzas motrices que orientan el desarrollo de los territorios que concentran las ciudades medias. Para el caso particular de la investigación propuesta, se requiere de una categoría de aproximación geográfica como la de territorio, que permita analizar la estructura económica y social de las ciudades medias, así como los procesos sociales y dinámicas de cambio que se producen en estas, las disputas, tensiones o conflictos entre actores y agentes que componen la estructura, tanto por la apropiación de los recursos disponibles, como por la imposición de sentidos, representaciones y significados sobre el territorio y su dinámica (Altschuler, 2013).

En este contexto, la territorialidad corresponde al modo de apropiación y el grado de control de una determinada porción de espacio geográfico por una persona, un grupo social, un grupo étnico, una compañía multinacional, un Estado o un bloque de Estados (Montañez, 1997). La territorialidad, se convierte entonces, en una estrategia, de un individuo o de un grupo para alcanzar, influenciar o controlar recursos y personas a través de la delimitación y del control de áreas específicas de los territorios (González, 2011).

Por otra parte, la capacidad explicativa del concepto de territorio desde este enfoque, también permite analizar espacios de multiterritorialidad y territorios en red, donde se combina la dinámica de múltiples territorios, niveles escalares y de gobierno (Altschuler, 2013). De esta forma, cobra sentido analizar las relaciones funcionales y espaciales del área de influencia de la ciudad de Sogamoso, para evaluar la posibilidad de implementar un EAT con las entidades territoriales contiguas.

En este orden de ideas, es posible explicar no solo, las relaciones de poder que podrían determinar y orientar la integración territorial a partir de instrumentos para la gestión y planificación pública territorial, sino también tensionar y problematizar la funcionalidad de los límites político administrativos tradicionales, con base en las relaciones espaciales y socioeconómicas entre la ciudad y su entorno. En estos términos, la capacidad y alcance de la actividad espacial es desigual y convergente y, por consiguiente, la creación de la territorialidad, generan una geografía del poder caracterizada por la desigualdad, la fragmentación, la tensión y el conflicto (González, 2011).

1.4.2. Ciudades Medias y Funciones de Intermediación

El segundo componente teórico conceptual, tiene como punto de partida la conceptualización del término de sistema urbano desde la unidad de análisis de las ciudades medias. Esta conceptualización se analiza a través de los modelos de desarrollo económico que se han implementado en América Latina desde el siglo XIX: el Modelo Primario Exportador, el Modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones, el Modelo Neoliberal y el Enfoque Postneoliberal (Calix, 2016), considerando que, los

sistemas urbanos constituyen una expresión de las cambiantes condiciones de desarrollo y, en consecuencia, de organización espacial, que remodela la jerarquía urbana y las relaciones al interior del sistema de ciudades (Montoya, 2013).

La conexión teórica de los modelos de desarrollo económico con las cuestiones concernientes al espacio y el ordenamiento territorial, se realiza con base en los modelos y teorías de desarrollo regional desde el enfoque de la geografía económica, entre los que se destaca principalmente: las teorías de la localización, el modelo de desarrollo endógeno, análisis centro periferia, teorías de polos de desarrollo, entre otras (Alarcón y González, 2018; Manet, 2014; Moncayo, 2001).

El renovado interés por las ciudades medias, que concentra la atención de diversas disciplinas, académicos e impulsa la creación de programas como CIMES “Ciudades Intermedias y Urbanización Mundial” y RECIME “Red de Investigadores de Ciudades Medias”, pretende incorporar nuevas dimensiones a las formas tradicionales de definir las ciudades, con el propósito de superar el concepto de ciudad media que se centra en tallas demográficas y aspectos cuantitativos, para posicionar el de ciudad intermedia que desarrolla funciones de intermediación entre territorios y escalas muy diversas en el contexto local, regional, nacional y global (Bellet y Llop, 2004; Sposito, 2010).

Por lo tanto, el tamaño de la población o la extensión física de la ciudad, no define su posición en el sistema de redes de ciudades; al contrario, la importancia y el potencial de una ciudad depende de su capacidad de crear relaciones y articularse con el resto de elementos del sistema (Bellet, 2012). De acuerdo con las funciones y roles de intermediación, este tipo de ciudades asume un fuerte componente de transversalidad territorial, al poder modular sus relaciones tanto con la gran ciudad como con el medio rural (Llop et al., 2019), ejerciendo un papel importante en la escala regional, a partir del suministro de bienes y servicios especializados a otros asentamientos de sus respectivas áreas de influencia (Maturana, 2017).

Es evidente, la intención de superar los modelos de relaciones y flujos jerárquicos, que siguen las direcciones verticales de la jerarquía que describe el modelo de los lugares

centrales de Walter Christaller, al quedar desvirtuados por la creciente movilidad, la tendencia a la especialización y complementariedad de los lugares y el proceso de descentralización de algunas actividades y funciones no decisoriales a otros centros menores (Bellet y Llop, 2004). En este punto reside una de las claves que ayuda a identificar las ciudades medias, en cuanto a sus funciones, en un centro de servicios y equipamiento del que se proveen tanto los habitantes del mismo núcleo como aquellos que residen en su área de influencia, que cubre un radio medio de 45 km según estudios del programa CIMES (Bellet y Llop, 2004b).

La condición histórica de ciudad-mercado, representa actividades donde se concentran, manipulan y distribuyen los bienes producidos en el mismo territorio y los producidos en ámbitos más alejados (Bellet y Llop, 2004b). Las funciones de intermediación que desempeñan estas ciudades dependen en gran medida de una serie de infraestructuras colectivas, especialmente las que están vinculadas con la comunicación y transporte, que les permite potenciar su papel como centro logístico (Bellet y Llop, 2004).

Por otra parte, cada vez se destacan las formas urbanas de este tipo de ciudades, como la compacidad y las menores distancias, adquieren relevancia como indicadores de calidad de vida (Llop et al., 2019). De acuerdo con las formas y dimensiones urbanas, la configuran como un tipo de ciudad a una escala más humana. Por ejemplo, estudios llevados a cabo por el CIMES, en las últimas dos décadas, comprueba que las ciudades intermedias con menos de 390.000 habitantes y que el 70% de la población urbana de estas reside dentro de un área con un radio aproximado de 3,9 Km, esta distancia implica una accesibilidad al centro urbano de alrededor de una hora de recorrido a pie (Bellet y Llop, 2004b).

Las formas y planos de las ciudades medias, también constituye una fuente de información, que facilita realizar una lectura de la configuración territorial que suscita la relación que la ciudad establece con su entorno a través de funciones de intermediación. Estas características, permiten explicar la fuerza que los ejes de articulación territorial presentan en los diferentes planos, el peso de las formas radiales en buena parte de las

plantas o la funcionalidad socioeconómica de ciertos elementos naturales (Bellet y Llop, 2004).

Para el caso particular de América Latina, Borsdorf (2003) analiza las tendencias urbanísticas de las últimas décadas, así como los factores de la transformación económica y la globalización que han modificado en gran parte la estructura urbana de las ciudades en Latinoamérica. En el escenario actual, el nuevo marco competitivo global y las políticas y la gestión urbana han ido dando un mayor protagonismo a lo económico emulando las políticas de las grandes metrópolis urbanas con la intención de conseguir una mayor proyección a nivel nacional e internacional, que podría haber comportado cierta desarticulación con el territorio más inmediato (Bellet, 2012). La discusión que se presenta sobre las características, potencialidades y opacidades de las ciudades medias, es indispensable en la propuesta de investigación para abordar el estudio de caso de acuerdo con estas perspectivas teóricas.

1.4.3. Modelos de Cambio de Uso de Suelo

El tercer componente teórico, comienza con el análisis del uso del suelo, que se está configurando bajo la influencia de dos grandes conjuntos de fuerzas: las necesidades humanas y los procesos ambientales. Los impactos de los cambios de uso del suelo inciden de diversas formas en el bienestar humano. En los últimos 300 años, los impactos del cambio de uso del suelo han ido asumiendo cada vez más proporciones significativas a amenazadoras, donde la agencia humana más que la naturaleza es la que provoca estos cambios y la responsable de su magnitud y gravedad (Briassoulis, 2000). De hecho, cada vez surge con más fuerza la consideración del surgimiento de un nuevo periodo geológico, anunciándonos que estamos entrando en la era del “Antropoceno”, donde el proceso de urbanización que trasciende el ámbito local y regional, se configura como la fuerza geológica más importante y por tanto de los cambios globales del planeta (Montes y Duque, 2015).

El desarrollo urbano es un determinante importante de la estructura de los ecosistemas e influye significativamente en el funcionamiento de los ecosistemas

naturales a través de: (a) la conversión del suelo y la transformación del paisaje; (b) el uso de recursos naturales; y (c) la liberación de emisiones y desechos (Alberti, 1999). En este contexto, los estudios descriptivos del cambio de uso del suelo han impulsado investigaciones más exhaustivas del “por qué” de estos cambios, y descubrir los factores o fuerzas que provocan estos cambios directa o indirectamente, a corto o largo plazo, así como la adopción de medidas (políticas) para contrarrestar los impactos negativos de los cambios identificados (Briassoulis, 2000).

Los estudios explicativos emplean esquemas teóricos específicos que revelan los principales determinantes del cambio de uso del suelo y sus interrelaciones. Sin embargo, además de describir y explicar este tipo de cambios, un propósito importante para realizar estos análisis es predecir cambios futuros en el uso del suelo. La predicción es una extrapolación del tiempo y el resultado previsto muestra lo que sucederá en un momento desconocido, generalmente en el futuro (simulación prospectiva) (Paegelow y Camacho, 2008). En este sentido, las predicciones relacionadas con el cambio de uso de suelo pueden ser incondicionales o condicionales.

Por una parte, las predicciones condicionales producen futuros de uso del suelo alternativos de un área bajo condiciones o escenarios hipotéticos y, por otra parte, las predicciones incondicionales, también llamadas extrapolaciones de tendencias, proporcionan imágenes futuras de los patrones de uso del suelo en un área que existirá si las tendencias pasadas continúan en el futuro (Briassoulis, 2000). La importancia de los análisis predictivos relacionado con el cambio de uso de suelo, radica en que puede usarse para el diseño de posibles líneas de desarrollo, en forma de escenarios (Paegelow y Camacho, 2008). En este sentido, se aborda la cuestión de “qué debería ser”, es decir, el propósito es prescribir configuraciones de uso del suelo que aseguren el logro de metas particulares, especialmente las que se enmarcan en la búsqueda amplia de “soluciones de uso sostenible del suelo” (Briassoulis, 2000).

La explicación que conduce a la comprensión de los cambios de uso del suelo está fundamentada en un conjunto de proposiciones que se utilizan para comprender la

estructura de los cambios en los usos del suelo de un tipo a otro, y explica por qué ocurren estos cambios, qué causa estos cambios, cuáles son los mecanismos de cambio (Briassoulis, 2000). Así, la teoría se traduce en una forma que permite compararla con la realidad a través del proceso de hacer predicciones. Si las predicciones son buenas, la teoría ha resistido la prueba y se gana confianza en su relevancia (Batty, 2009).

Con base en un variado conjunto de teorías se han creado modelos, que pueden considerarse abstracciones, aproximaciones de la realidad que se logra mediante la simplificación de relaciones complejas del mundo real, hasta el punto de que son comprensibles y manejables analíticamente. Los modelos más relevantes son los descriptivos, predictivos, prescriptivos y de evaluación de impacto del cambio de uso del suelo para áreas urbanas, metropolitanas, regiones, naciones, así como para grupos de regiones y naciones y el mundo en su conjunto (Briassoulis, 2000).

Los modelos son útiles para comprender el conjunto de fuerzas socioeconómicas y biofísicas que influyen en la tasa y el patrón espacial del cambio de uso del suelo y para estimar los impactos de dichos cambios. Además, los modelos pueden respaldar la exploración de futuros cambios en el uso del suelo en diferentes condiciones de escenario (Verburg et al., 2004). Por lo tanto, los modelos urbanos son esencialmente simulaciones por computadora del funcionamiento de las ciudades que traducen la teoría en una forma que es verificable y aplicable sin experimentar con la realidad (Batty, 2009).

El análisis propuesto en el planteamiento de la investigación, conduce a limitar la selección a los modelos integrados, que en el contexto actual, son aquellos que consideran de alguna manera las interacciones, relaciones y vínculos entre dos o más componentes de un sistema espacial, ya sean sectores de actividad económica, regiones, sociedad y economía, medio ambiente y economía, y así sucesivamente, y relacionarlos con el uso del suelo y sus cambios, ya sea directa o indirectamente (Briassoulis, 2000). Una razón importante para perseguir el modelado integrado, es que los humanos responden a señales tanto del entorno físico como de su contexto sociocultural y se comportan para aumentar su bienestar económico y sociocultural (Verburg et al, 2004).

En América Latina existen diversos estudios que implementan modelos de simulación espacialmente explícitos para modelar diferentes usos de suelo a escalas variables. Para este caso, es preciso hacer referencia a los estudios más relevantes, que se centran en la modelación del uso de suelo urbano. En estos estudios, se analizan aglomeraciones urbanas de distinto tamaño, a partir de diferentes métodos y técnicas de modelamiento. La elección y combinación de estos métodos depende en gran medida de sus potencialidades y limitantes, pero también del enfoque de la investigación, las características del área de estudio y la disponibilidad de información.

Para el caso de las áreas metropolitanas, Puertas et al., (2014), aplica un modelo integrado de cambio de uso de suelo, que combina técnicas de regresión logística, cadenas de Markov y autómatas celulares, para evaluar la dinámica de crecimiento urbano del área metropolitana de Santiago de Chile. Estas mismas técnicas y métodos las aplica Salazar et al., (2020) en el área metropolitana de Quito, Ecuador y Avalos et al., (2019) para el área metropolitana de Tepic-Xalisco, México.

Por otra parte, las ciudades medias también son objeto de estudio de distintos trabajos, debido a las condiciones particulares que presenta el desarrollo urbano de este tipo de ciudades. En Chile, Henríquez (2014) implementa un modelo integrado, haciendo uso de métodos de Evaluación Multicriterio, cadenas de Markov y autómatas celulares para modelar el crecimiento urbano de las ciudades de Chillán y Los Ángeles. En Argentina, Linares y Picone (2018) solo emplean métodos de Evaluación Multicriterio y autómatas celulares, presentando como caso de estudio la ciudad de Tandil, mientras que Ramos et al., (2019) utilizan cadenas de Markov y autómatas celulares, para la ciudad de Huimanguillo en México.

Los modelos de simulación espacial de estas investigaciones, se construyen a partir de distintos factores de modelamiento de uso de suelo urbano, en función de las condiciones biofísicas y socioeconómicas del área de estudio. Sin embargo, todos los modelos se emplean con el propósito de establecer nuevos enfoques de planificación urbana, con base en la visión prospectiva de los escenarios alternativos de futuros posibles.

1.4.4. Asociatividad intermunicipal

El cuarto componente teórico, está enfocado en analizar las características y potencialidades de la asociatividad intermunicipal en el marco del contexto nacional, que en Colombia se denomina Esquemas Asociativos Territoriales. Sin embargo, es necesario mencionar que las estructuras de asociatividad intermunicipal se encuentran presentes de manera diferenciada a nivel mundial, y su origen histórico y político obedece a diferentes causas dependiendo el contexto de cada país. Por esta razón, el concepto de asociatividad intermunicipal se ha interpretado y definido de distintas formas de acuerdo con las estructuras políticas de cada país en los que se aplica.

Aunque existe una gran variedad de definiciones, estas comparten el mismo sentido, que es una herramienta para la organización de dos o más municipios, contiguos o no, que expresan de manera voluntaria el interés por fortalecer las competencias de sus gobiernos y la articulación de sus estrategias, mediante la formación de redes de cooperación comprometidas en la construcción de procesos, proyectos y optimización de los recursos, que permitan resolver problemas o mejorar la prestación de servicios de manera conjunta para atender las demandas y necesidades de la población que compete sus jurisdicciones (Bel y Fageda, 2006; Rodríguez y Tuiran, 2006; Spink et al, 2009). Desde una perspectiva general, la asociatividad territorial se estructura a partir de: (a) La concurrencia o participación de dos o más gobiernos locales, (b) la voluntariedad de las relaciones, y (c) la orientación a la solución de un problema común o provisión conjunta de un servicio (Arias et al, 2019).

En el siglo XXI, los gobiernos locales se enfrentan a nuevos desafíos, que tiene que ver con la necesidad de prestar servicios cada vez más numerosos, complejos y financieramente más costosos (Moreno, 2012). En varios países europeos (sobre todo los occidentales), la cooperación intermunicipal tiene un papel esencial en la organización nacional de la administración local debido al alto número de municipios con pocos habitantes y de pequeño tamaño, y a la consiguiente dispersión de la población (Moreno, 2012).

Ante las limitaciones de las entidades municipales para prestar servicios locales y solventar las necesidades de la población, los esquemas asociativos se convierten en instrumentos de articulación y desarrollo territorial, que parten de las propias entidades territoriales de manera coordinada para abordar problemas y temáticas que, por su naturaleza y dimensión, no pueden ser atendidas en forma efectiva de manera individual sino con estrategias conjuntas en un espacio geográfico concreto (Zapata, 2017).

En América Latina el asociativismo es un fenómeno que, con los años, se ha hecho cada vez más frecuente, llegando incluso a desarrollarse leyes específicas para llegar a concretar su realización, asumiendo que la práctica asociativa ha servido para enfrentar diversos escenarios contemporáneos, como buscar el desarrollo económico conjunto en un mundo competitivo globalizado (Chacón, 2016). Por ejemplo, en Chile, la asociatividad municipal se presenta como una alternativa innovadora que está en pleno desarrollo para potenciar la capacidad de los gobiernos locales en materia de inversión pública, especialmente en los municipios que por la escasez de recursos comprometen el desarrollo de proyectos de inversión, demostrando la efectividad de las prácticas asociativas (Centro de Políticas Públicas UC, 2015).

El interés por este fenómeno se evidencia con más fuerza en el marco de la ola democratizadora y de la implementación del neoliberalismo, lo que confluye con el creciente desarrollo de marcos institucionales pro cooperación en los países de la región (Arias et al., 2019). A diferencia de lo que sucede en Europa, en América Latina la implementación de la asociatividad municipal evidencia claras tendencias hacia la descentralización, con la especificidad propia de cada subregión y país (Quintero, 2006).

Para el caso particular de Colombia, el asociativismo es anterior al proceso de descentralización. En la reforma constitucional de 1968 se consagra la figura de las asociaciones de municipios, y luego es establecida por la Ley N° 1 de 1975 y reglamentada por el Decreto N° 1390 de 1976. Este instrumento se estableció como un mecanismo de planificación regional y estratégica para la prestación conjunta de servicios y obras públicas, atribuciones que aún se mantienen vigentes en la legislación actual (Hernández,

2006). Sin embargo, el avance más significativo hacia el marco institucional común y unificado para las distintas estrategias asociativas, surge con el proceso de descentralización que comienza en la década de 1980, desencadenando una serie de reformas y cambios institucionales que inciden en las estrategias de integración, planeación y desarrollo regional a lo largo del territorio nacional (Zapata, 2017).

En 2011, y como complemento de la ley anterior, se promulga la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial N° 1454 de 2011, y se introducen nuevas figuras para potenciar la cooperación intermunicipal, la integración regional y la justicia territorial. A partir de esta fecha, se empiezan a implementar diferentes figuras de asociación como Provincias Administrativas y de Planificación (PAP), Regiones de Planeación y de Gestión (RPG) y Regiones Administrativas y de Planificación (RAP), además de otras figuras de larga tradición, como las asociaciones de municipios y las áreas metropolitanas (Zapata, 2017).

Aunque este tipo de esquemas asociativos difieren en cuanto a los requisitos necesarios para su conformación y las fuentes de financiación, cabe indicar que comparten una serie de objetivos comunes que son: prestar conjuntamente servicios públicos; cumplir funciones administrativas propias o asignadas al ente territorial por el nivel nacional; ejecutar obras de interés común o cumplir funciones de planificación; procurar el desarrollo integral de sus territorios, en temas estratégicos como competitividad y desarrollo regional (Ley N° 1454 de 2011, artículo 17). La revisión teórica sobre los antecedentes de los esquemas asociativos permite visualizar el panorama en el cual se enmarca el desarrollo de este tipo de figuras de gobernanza territorial, y comprender las implicaciones teóricas y prácticas que se asumen al pretender formular un Esquema Asociativo Territorial en Colombia.

1.5. Diseño metodológico

El diseño metodológico de esta investigación incorpora distintas formas de abordaje cualitativo y cuantitativo desde el enfoque de la investigación proyectiva, que permite generar visiones alternativas de futuros posibles, encontrar procesos explicativos para comprender mejor el futuro, y establecer criterios de decisión para alcanzar el futuro

deseado (Hurtado, 2010; Miklos y Tello, 1996). En estos términos, se sustenta la visión prospectiva que orienta la ruta metodológica de los objetivos propuestos, que tienen el propósito de evaluar la posibilidad de proponer e implementar un Esquema Asociativo Territorial para el área de influencia de la ciudad de Sogamoso, de acuerdo con las relaciones funcionales y espaciales que configuran hechos de asociatividad intermunicipal.

1.5.1. Análisis de Redes

En el primer objetivo específico, se describen las funciones y roles de intermediación entre la ciudad de Sogamoso y los municipios contiguos. Este tipo de funciones dependen en gran medida de una serie de infraestructuras colectivas, que están vinculadas principalmente con la infraestructura vial y los sistemas de transporte, y les permite potenciar su posición como centro de intercambio y provisión de bienes y servicios especializados, haciendo funcional ciertos espacios socioeconómicos. Desde esta perspectiva, se ejecuta un análisis de redes y flujos, para determinar las condiciones de accesibilidad a los equipamientos colectivos que demandan mayor acceso, como es el caso de educación, salud y comercio.

El análisis de redes y flujos se construye sobre la base de dos tipos de datos gráficos y alfanuméricos que son, la red de transporte y los equipamientos colectivos. Estos datos se obtienen de los servidores web del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Estadística (DANE), que representan las entidades encargadas de producir la información geográfica y estadística oficial en Colombia. El conjunto de datos se somete a varias etapas de procesamiento en el programa geoespacial ArcGIS versión 10.7.1. En primera instancia, los datos se proyectan al sistema de coordenadas UTM WGS-84 (18N) y se realiza una digitalización mejorada, en función del grado de actualización y precisión requerido.

Posteriormente, se procede con la corrección y control topológico de los elementos de la red de transporte, que es necesario para crear un *Network Dataset*. Esta herramienta de datos de red, contiene los atributos de circulación y comportamiento que modelan la

red de transporte. Para este caso, se emplean tres atributos del modelo de red o evaluadores de desempeño. El primero, corresponde al tiempo, que representa un costo y se define en la unidad de minutos. Este factor almacena los tiempos de desplazamiento entre los diferentes nodos y arcos que conforman la red de transporte. Los valores de desplazamiento se calculan a través de la siguiente fórmula:

$$T = \frac{(M \times K)}{V}$$

T = Tiempo de desplazamiento
M = Distancia del segmento
K = Constante de tiempo
V = Velocidad en unidades de distancia por unidad de tiempo

La velocidad de desplazamiento se configura en función de la capacidad promedio de un vehículo automotor, ajustada a un 80% de la capacidad máxima definida por el Ministerio de Transporte y Vías, que corresponde a 60 k/h, considerando que la velocidad máxima permitida es de 80 k/h. El segundo hace referencia a la distancia, que representa la longitud de los arcos, definido en la unidad de kilómetros y, el tercero, es el tránsito, que se comporta como una restricción, al determinar la dirección de flujo de los ejes viales.

Las rutas y tiempos de desplazamiento se calculan mediante la extensión *Network Analyst*, que permite crear una matriz origen – destino, donde el origen corresponde a los centroides de las estaciones de transporte que dispone cada municipio y el destino hace referencia a la localización de los equipamientos colectivos (instituciones educativas, centros de salud y establecimientos de comercio). Las múltiples interacciones entre orígenes y destinos conforman una matriz de tiempo y distancia de desplazamiento que privilegia las rutas más cortas, en función de los parámetros de desplazamiento.

Los valores de la matriz se representan espacialmente a través del método de interpolación espacial correspondiente a IDW (*Inverse Distance Weighting*), con base en la metodología propuesta por Rojas et al. (2019). Estos resultados permiten visualizar la accesibilidad que tiene la población de cada municipio a los equipamientos colectivos, de acuerdo a diferentes rangos de distancia y tiempo. De esta forma, se analizan los patrones

de movilidad de la población respecto a la distribución espacial de los equipamientos colectivos y las redes de transporte.

1.5.2. Modelo de Simulación Espacialmente Explícito

En el segundo objetivo específico, se propone y desarrolla un modelo de simulación espacialmente explícito, que contempla el uso de los métodos de cadenas de Markov, evaluación multicriterio y autómatas celulares. Este modelo analiza los cambios de usos de suelo registrados en el periodo 1976-2021, para proyectar la distribución espacial del suelo futuro del año 2047, con especial énfasis en el uso de suelo urbano.

El modelo de simulación se soporta sobre la base del reconocimiento y selección de los usos de suelo del área de estudio. Este proceso se realiza con material cartográfico de diferentes estados temporales. Por una parte, se utiliza una serie de fotografías aéreas en formato digital correspondientes a los años 1976 (10/01/1976) y 1995 (18/12/1995), proporcionadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y, por otra parte, se emplea una imagen satelital Sentinel 2 del año 2021 (2021/12/01) con una resolución de pixel de 10x10 metros, obtenida del servidor web *The Copernicus Open Access Hub*⁴.

El material cartográfico en su conjunto se proyecta al sistema de coordenadas UTM GSW-84 (18N), utilizando como referencia las cartas topográficas de los municipios de Sogamoso, Nobsa, Tibasosa, Firavitoba e Iza, escala 1:25.000, del IGAC. Las escenas se ajustan a los límites correspondientes al área de estudio, para realizar el análisis de fotointerpretación y digitalización de los respectivos polígonos de usos de suelo, mediante el SIG ArcGIS versión 10.7.1.

La clasificación de los usos de suelo se realiza con base en la metodología Corine Land Cover, promovida por la Comisión de la Comunidad Europea y adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). Esta metodología permite seleccionar y sistematizar las tipologías particulares que se evidencian para el área de estudio, como producto del reconocimiento de campo (Tabla 1).

⁴ <https://scihub.copernicus.eu/>

Tabla 1: Categorías de uso de suelo

Categorías	Uso y cobertura de suelo	Descripción
Urbano	Tejido urbano continuo	Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno.
	Tejido urbano discontinuo	Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.
Agrícola	Áreas agrícolas heterogéneas	Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.
	Pastos	Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años.
Bosque	Bosque denso	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros.
Área Abierta	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos.

Superficies de Agua	Ríos, lagos, lagunas y canales	Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.
---------------------	--------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2010).

Sobre la base de esta clasificación, se configura el modelo de simulación espacial en el SIG Idrisi Selva, y comprende tres etapas generales. En la primera etapa, se emplea el método de Cadenas de Markov, que determina las probabilidades de transición de los usos de suelo de diferentes estados temporales. El proceso se ejecuta mediante el módulo *Markov*, donde se ingresa los usos de suelo del año 1995 y 2021, que conforman una matriz de probabilidad de transición, para un periodo de proyección de 26 años, y representa la base cuantitativa de las probabilidades de transición de los cambios de usos de suelo para el año 2047. Esta matriz expresa la probabilidad que tiene cada píxel de las diferentes categorías de usos de suelo de cambiar de un tipo a otro o conservar la misma en el siguiente periodo de tiempo (Eastman, 2012).

En la segunda etapa, se aplica el método de Evaluación Multicriterio (EMC) enfocado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con base en la propuesta metodológica de Gómez y Barredo (2006). Este método de análisis espacial permite crear un mapa de aptitud para cada tipo de uso y cobertura de suelo, con especial énfasis en el uso de suelo urbano, al involucrar una mayor cantidad de variables en la capacidad del territorio para asignar posibles alternativas de uso urbano.

La EMC se desarrolla mediante el módulo *Decision Support Wizard*, utilizando el año 2021 como referencia para realizar las respectivas proyecciones. La información geográfica que se ingresa al módulo, representa dos criterios, limitantes y factores, que están fundamentados en los conocimientos previos sobre las tendencias de cambio de los usos de suelo. Las limitantes, actúan como restricciones de tipo binario o booleanas (valor 0 y 1), al delimitar y excluir las espacialidades que no pueden hacer parte del resultado

final, mientras que los factores determinan el grado de aptitud que tiene cada celda (píxel) del área de estudio para acoger un determinado tipo de uso de suelo (1 a 255).

La aptitud territorial para el uso de suelo urbano considera tres limitantes espaciales: el curso de los cauces que conforman la red hídrica, las áreas previamente urbanizadas y la cobertura de infraestructura vial. Las limitantes se transforman a planos booleanos (máscaras), donde el valor 0 corresponde a las áreas que representan las restricciones y el valor 1 al área restante. En cuanto a los factores, se identifican las variables que tienen una incidencia significativa en la localización y expansión del uso de suelo urbano, logrando cartografiar 10 factores, que se analizan y agrupan en dos tipos: socioeconómicos y físicos (Tabla 2).

Tabla 2: Fuerzas motrices de uso de suelo urbano

Categoría	N°	Factor	Unidad de medida	Descripción	Normalización	Fuente
Socioeconómicos	1	Centro urbano principal	Distancia (m)	A menor distancia de las zonas urbanas actuales es mayor la adecuación para nuevas áreas urbanas.	Función sigmoideal simétrica	Elaboración propia, 2021
	2	Centro urbano secundario	Distancia (m)			
	3	Vías	Distancia (m)	A menor distancia de la infraestructura vial es mayor la adecuación para nuevas áreas urbanas.	Función lineal monotónicamente decreciente	IGAC, 2018
	4	Zonas industriales	Distancia (m)	A menor distancia de las zonas industriales es menor la adecuación para nuevas áreas urbanas, debido a las restricciones de uso de suelo.	Función lineal monotónicamente decreciente	Elaboración propia
	5	Equipamientos educativos	Distancia (m)	A menor distancia de bienes y servicios es mayor la adecuación para nuevas áreas urbanas, ya que es necesario garantizar el acceso a bienes y servicios	Función lineal monotónicamente decreciente	Elaboración propia
	6	Equipamientos de salud	Distancia (m)			

	7	Equipamientos Comerciales	Distancia (m)	conforme a la demanda urbana.		
	8	Tamaño predial	Superficie (m ²)	A menor tamaño predial es mayor la probabilidad de urbanizar.	Función sigmoideal simétrica	IGAC, 2021
	9	Pendiente	Grados	Las pendientes entre 0 y 10 grados son más adecuadas para las zonas urbanas, decreciendo la aptitud a medida que aumenta la pendiente.	Función sigmoideal monotónicamente decreciente	Sentinel 2, 2021
	10	Altitud	M.s.n.m.	La superficie con menor altitud es más apta para el desarrollo urbano.	Función sigmoideal monotónicamente decreciente	Sentinel 2, 2021

Fuente: Elaboración propia.

Estos factores, se normalizan en una escala continua de aptitud de 1 (mínima aptitud) y 255 (máxima aptitud), mediante la función *Fuzzy*, que transforma diferentes unidades de medida en valores homogéneos, expresados en función de la escala de referencia. Los factores que representan unidades de distancia medidas en metros lineales (distancia euclidiana), se transforman a valores de aptitud, mediante curvas de decaimiento (*distance decay*) o decrecimiento de la aptitud por distancia, de acuerdo con la metodología propuesta por Henríquez et al. (2014).

El grado de aptitud se define a partir de puntos de control derivados de los procesos de urbanización analizados previamente. Para el caso particular de los factores de distancia al centro urbano principal y distancia a las vías, los puntos de control se definen empleando el comportamiento real de la dinámica de cambio de los patrones de urbanización registrados en el intervalo de 1995 a 2021, debido a la importancia que tienen estos factores en la localización del uso de suelo urbano.

Por otra parte, la ponderación de la importancia relativa de los factores se realiza mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (*Analytical Hierarchy Process*, AHP) propuesto por Saaty (1987). Este método requiere indicar la valoración comparativa entre pares, que determina la importancia de un factor respecto a otro, utilizando una escala de

nueve posibilidades (Tabla 3). La ponderación de los factores se fundamenta en el comportamiento y relevancia de las tendencias de cambio de usos de suelo, la revisión bibliográfica y la valoración de expertos de la dinámica urbana local. En este último se consulta a funcionarios de las respectivas Secretarías de Planeación e Infraestructura Física de cada municipio, sobre las fuerzas motrices más importantes en el desarrollo urbano, de acuerdo con el método de Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). Para este caso, cada funcionario compara los criterios, expresando la importancia relativa entre pares, teniendo en cuenta la escala de jerarquía de juicios de valor propuesta para este método (Tabla 3).

Tabla 3: Escala del Proceso de Jerarquía Analítica

Intensidad de importancia en una escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual importancia al objetivo.
3	Importancia moderada de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un factor sobre otro.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un factor sobre otro.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad es muy favorecida y su dominio se demuestra en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece un factor sobre otro es del orden más alto orden de afirmación posible.
2,4,6,8	Valores intermedios entre los juicios adyacentes	Cuando se necesita compromiso.
Valores recíprocos	$A_{ij} = 1 / A_{ji}$	-

Fuente: Saaty (1987).

La ponderación de las fuerzas motrices se realiza en el portal web *AHP Online System - AHP-OS*⁵, que permite organizar en una matriz los resultados de la valoración comparativa de importancia entre pares. Los resultados se expresan en porcentajes acumulados de acuerdo a la prioridad que ocupa cada fuerza motriz, y se validan al obtener una consistencia (CR) menor al 10% ($<0,1$). Esta consistencia se obtiene después de realizar los ajustes indicados sobre las comparaciones por pares que no son consistentes, priorizando en todos casos las fuerzas motrices más significativas con respecto al objetivo de decisión, que es precisamente el desarrollo urbano.

Por otra parte, en los mapas de aptitud de las categorías de uso de suelo agrícola, bosque y área abierta, se consideran las mismas limitantes que en el uso de suelo urbano, mientras que los factores se agrupan en cuatro categorías: socioeconómicos, ambientales, físicos y susceptibilidad de cambio (Tabla 4). Para este caso, no se emplea el AHP, ya que el criterio para valorar estos factores, consiste en otorgarle la mayor importancia al factor de susceptibilidad de cambio, obtenido mediante un cruce de coberturas de uso de suelo (*crosstab*) entre los periodos de 1995 y 2021. La superficie resultante se transforma mediante una función lineal en valores de aptitud (0-255) y, los resultados de cada uso de suelo se agrupan en un único archivo de compilación.

Tabla 4: Fuerzas motrices de uso de suelo agrícola, bosque y área abierta

Uso de suelo agrícola						
Variable	Nº	Factor	Unidad de medida	Descripción	Normalización	Fuente
Socioeconómicas	1	Vías	Distancia (m)	A menor distancia de la infraestructura vial es mayor la adecuación para nuevas áreas agrícolas.	Función lineal monotónicamente decreciente	IGAC, 2018
Ambientales	2	Superficies de agua	Distancia (m)	A menor distancia de las superficies de agua es mayor la adecuación para nuevas áreas agrícolas.	Función lineal monotónicamente decreciente	IGAC, 2018

⁵ <https://bpmsg.com/ahp/>

Físicas	3	Pendiente	Grados	Las pendientes entre 0 y 20 grados son más adecuadas para las áreas agrícolas, decreciendo la aptitud a medida que aumenta la pendiente.	Función lineal monotónicamente decreciente	Sentinel 2, 2021
Susceptibilidad de cambio	4	Uso de suelo agrícola	0-255	Los valores altos (cerca de 255) son aptos para el uso agrícola. Por el contrario, los de menor aptitud o con menos potencial son aquellos próximos a 0.	Función lineal de valores de aptitud	Elaboración propia

Uso de suelo forestal						
Variable	Nº	Factor	Unidad de medida	Descripción	Normalización	Fuente
Socioeconómicas	1	Vías	Distancia (m)	A mayor distancia de la infraestructura vial es mayor la adecuación para las áreas forestales.	Función lineal monotónicamente creciente	IGAC, 2018
Ambientales	2	Superficies de agua	Distancia (m)	A mayor distancia de las superficies de agua es mayor la adecuación para las áreas forestales.	Función lineal monotónicamente creciente	IGAC, 2018
Físicas	3	Altura	M.s.n.m	Las alturas entre 3.000 y 3.400 son más adecuadas para las áreas forestales.	Función sigmoide simétrica	Sentinel 2, 2021
	4	Pendiente	Grados	Las pendientes entre 10 y 50 grados son más adecuadas para las áreas forestales.	Función lineal monotónicamente creciente	Sentinel 2, 2021
Susceptibilidad de cambio	5	Uso de suelo forestal	0-255	Los valores altos (cerca de 255) son aptos para el uso forestal. Por el contrario, los de menor aptitud o con menos potencial son aquellos próximos a 0.	Función lineal de aptitud	Elaboración propia

Uso de suelo área abierta						
Variable	N°	Factor	Unidad de medida	Descripción	Normalización	Fuente
Socioeconómicas	1	Vías	Distancia (m)	A mayor distancia de la infraestructura vial es mayor la adecuación para las áreas abiertas.	Función lineal monotónicamente creciente	IGAC, 2018
Ambientales	2	Superficies de agua	Distancia (m)	A mayor distancia de las superficies de agua es mayor la adecuación para las áreas abiertas.	Función sigmoideal monotónicamente creciente	IGAC, 2018
Físicas	3	Altura	msnm	A mayor altura es mayor la adecuación para las áreas abiertas.	Función lineal monotónicamente creciente	Sentinel 2, 2021
	4	Pendiente	Grados	Las pendientes entre 20 y 90 grados son más adecuadas para las áreas abiertas.	Función lineal monotónicamente creciente	Sentinel 2, 2021
Susceptibilidad de cambio	5	Uso de suelo área abierta	0-255	Los valores altos (cerca de 255) son aptos para el uso de área abierta. Por el contrario, los de menor aptitud o con menos potencial son aquellos próximos a 0.	Función lineal monotónicamente creciente	Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia.

El tercer y último procedimiento que se realiza para ejecutar el modelo de simulación integra el módulo CA Markov, que permite expresar espacialmente los resultados de la combinación del mapa de uso de suelo del año 2021, las matrices de áreas de transición derivadas de las cadenas de Markov y la evaluación multicriterio correspondiente a todos los usos de suelo, para proyectar el uso de suelo futuro del año 2047. Los Autómatas Celulares son entidades celulares representadas por una matriz de celdas que tiene la capacidad de cambiar su estado basándose en una regla que relaciona su estado previo y el de sus vecinos más inmediatos. Así, uno de los elementos básicos que promueven la dinámica de cambio es la proximidad, donde las áreas tienen una

tendencia más alta de cambiar su estado cuando existen áreas cercanas del mismo estado, es decir, un fenómeno de expansión (Eastman, 2012).

El modelo se calibra y valida con base en la simulación de un escenario conocido, entendiendo que el proceso de simulación debe tener la capacidad de estimar la similitud espacial que debe existir entre los usos de suelo observados y simulados para un mismo periodo de análisis (Pontius, 2008). Para este caso, los periodos seleccionados corresponden al año inicial 1995, el año observado 2021 y el año simulado 2021. Los tres periodos se someten a un análisis cuantitativo, con base en el método de evaluación del error y análisis del cambio propuesto por Pontius et al. (2008; 2014).

Esta propuesta metodológica contempla dos fases, por una parte, se realiza una superposición de los usos de suelo observados y simulados a partir de una matriz de contingencia tridimensional, que identifica las siguientes categorías: acierto por observar cambio y predecir cambio (*hits*); acierto por observar persistencia y predecir persistencia (*correct rejections*); error por observar cambio y predecir cambio en categoría incorrecta (*wrong hits*); error por observar cambio y predecir persistencia (*misses*); y error por observar persistencia y predecir cambio (*false alarms*).

Por otra parte, los resultados de esta validación se utilizan para calcular tres medidas estadísticas complementarias propuestas por Pontius et al (2008). La primera es la figura de mérito, que mide la relación entre los usos y coberturas de suelo efectivamente simulados respecto al total de cambios simulados y persistencias en el periodo 1 observado, periodo 2 observado y periodo 3 simulado. El segundo corresponde a la exactitud del productor, que agrupa las áreas simuladas exactamente como cambio, considerando el periodo de referencia correctamente observado. El tercero hace referencia a la exactitud del usuario y representa las áreas simuladas exactamente como cambio, considerando que el periodo de referencia está correctamente simulado. Las ecuaciones que empleadas para estimar este conjunto de medidas estadísticas son las siguientes:

	A: representa el área de error debido a los cambios observados simulado como persistencia.
Figura de mérito = $B/(A+B+C+D)$	B: representa el área correcta que se debe a los cambios observados simulados como cambios.
Exactitud del productor = $B/(A+B+C)$	C: representa el área de error debido al cambio observado simulados como falsas ganancias.
Exactitud de usuario = $B/(B+C+D)$	D: corresponde al área de error que se debe a la persistencia observada simulada como cambio.

1.5.3. Esquemas Asociativos Territoriales

El desarrollo del tercer objetivo específico, propuesto con la finalidad de proyectar un Esquema Asociativo Territorial para la ciudad de Sogamoso, se sustenta de la información y resultados obtenidos en los objetivos anteriores. En este sentido, se realiza una evaluación de los resultados del análisis de redes y flujos y el modelo de simulación espacialmente explícito, que permite identificar hechos asociativos funcionales y espaciales, que involucran la capacidad de decisión de varias entidades territoriales, y justifican la implementación de un EAT para el área de estudio.

Los resultados de esta evaluación, se analizan con base en dos fuentes de información. Por una parte, los resultados se comparan con los criterios de conformación y funcionamiento que presentan los distintos tipos de EAT que tienen un ámbito de aplicación válido a nivel municipal, según la ley Orgánica de Ordenamiento Territorial N° 1154 de 2011, que regula estas formas de gobernanza territorial. Por otra parte, se realiza un contraste con los antecedentes de algunos EAT implementados previamente en Colombia, respecto a los hechos asociativos que promueven este tipo de prácticas asociativas en diferentes contextos.

Este análisis permite discutir cual es la opción más apropiada para regular los hechos asociativos que presenta el caso del área de estudio, desde el enfoque de la asociatividad intermunicipal y las formas de gobernanza territorial institucionalizadas en el país. Así mismo, se resalta el alcance del análisis de redes y flujos y los modelos de simulación espacialmente explícitos, como una propuesta metodológica para orientar la conformación de EAT.

Capítulo II. Resultados

2.1. Análisis funcional

2.1.1. *Evolución Histórica de la Ciudad de Sogamoso*

La transición de los modelos de desarrollo económico implementados en América Latina durante el siglo XX, configura importantes cambios en la evolución histórica de las ciudades. En Colombia, estos cambios se manifiestan de forma diferenciada de acuerdo al contexto biofísico y socioeconómico del sistema de ciudades de cada región. Debido a la diversidad regional y las condiciones particulares de desarrollo, las ciudades constituyen la expresión de las cambiantes condiciones que imponen los modelos de desarrollo económico en la organización espacial, la jerarquía de los centros urbanos y las relaciones con otras entidades territoriales (Montoya, 2013). Para el caso del departamento de Boyacá, la transición del Modelo Primario Exportador al Modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones, marca un referente de cambio significativo, especialmente en la dinámica urbana y demográfica del municipio de Sogamoso, al consolidar la segunda ciudad más importante del departamento, después de la ciudad capital localizada en el municipio de Tunja.

Durante el periodo del Modelo Primario Exportador (1850-1930), el municipio de Sogamoso evidencia una urbanización lenta y un predominio de la población rural (Tabla 5). Sin embargo, desde este periodo el centro urbano constituye uno de los principales centros de comercialización y prestación de servicios a nivel regional. La dinámica urbana articula, por una parte, las cadenas de producción y distribución de productos agropecuarios y manufacturados y, por otra parte, los equipamientos colectivos de salud, educación y comercio, que soportan la demanda de la población de gran parte del departamento (Camargo, 1934).

Tabla 5: Evolución de la población del área de estudio 1938-2018

Municipio	Población													
	1938		1951		1964		1985		1993		2005		2018	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Sogamoso	5.216	16.463	13.574	15.503	32.274	19.365	67.428	19.477	83.152	25.963	96.828	20.266	108.250	12.212
Firavitoba	-	6.999	780	5.803	1.107	4.919	1.732	5.035	1.898	4.299	2.087	4.229	2.488	4.035
Tibasosa	-	4.694	768	4.248	1.275	4.979	2.390	5.950	2.958	5.538	4.184	8.442	5.006	6.017
Nobsa	-	2.845	548	3.003	2.686	6.508	2.908	9.201	3.003	8.265	5.224	9.970	11.935	2.716
Iza	-	2.177	546	2.311	606	1.676	634	1.074	723	984	901	1.215	1.159	785

Fuente: Elaboración propia con base en los censos de población nacional del DANE.

Este escenario cambia con la implementación del Modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones. Las regiones más dinámicas fueron, en general, las que acumularon capital, concentraron infraestructura y servicios urbanos o se especializaron en algunas actividades industriales manufactureras o extractivas (minería y petróleo) que producían para el mercado interno (Kerner, 2003).

En este contexto, el hierro ocupó un lugar fundamental en la demanda del país, ya que la producción de hierro de los principales proveedores a escala mundial se destina para la fabricación de material bélico durante la segunda guerra mundial y al finalizar el conflicto se emplea para la reconstrucción de los países en la posguerra. Por esta razón, se desplaza la demanda de los países de América Latina, frenando los planes de inversión en infraestructura (Barreto, 2014).

El proceso de industrialización que soluciona la demanda de hierro, se desarrolla en torno al municipio de Sogamoso. Los estudios realizados en esta zona por el Servicio Geológico Colombiano, permiten identificar que, en un radio máximo de 35 kilómetros, es posible extraer mineral de hierro, caliza, carbón y una gran cantidad de agua, que

constituyen los recursos naturales indispensables para producir hierro y, a su vez, se convierten en los factores de localización industrial, que determinan la ubicación de la única planta siderúrgica integrada del país (Camargo, 1961). Aunque el impacto del proyecto siderúrgico tiene efectos a escala regional, los cambios más importantes confluyen en la ciudad de Sogamoso, al configurar una serie de transformaciones en la dinámica urbana y demográfica.

La construcción de la planta siderúrgica que comienza en 1950 se convierte en una importante fuente de empleo y se manifiesta a través de los procesos de migración que generan una explosión demográfica. El incremento de la población durante el periodo de 1951-1964 duplica la tasa de crecimiento del periodo precedente que corresponde a 1938-1951. La corriente migratoria, ocasiona un cambio en la distribución espacial de la población, donde la población urbana supera por primera vez a la rural (Tabla 6).

Tabla 6: Tasa de crecimiento poblacional 1938-2018

Municipio	1938	Tc	1951	Tc	1964	Tc	1985	Tc	1993	Tc	2005	Tc	2018
Sogamoso	21.679	2%	29.077	5%	51.639	3%	86.905	3%	109.115	1%	117.094	0%	120.462
Firavitoba	6.999	0%	6.583	0%	6.026	1%	6.767	0%	6.197	0%	6.316	0%	6.523
Tibasosa	4.694	1%	5.016	2%	6.254	1%	8.340	0%	8.496	3%	12.626	0%	11.023
Nobsa	2.845	2%	3.551	8%	9.194	1%	12.109	0%	11.268	3%	15.194	0%	14.651
Iza	2.177	1%	2.587	0%	2.282	0%	1.708	0%	1.707	2%	2.116	0%	1.944

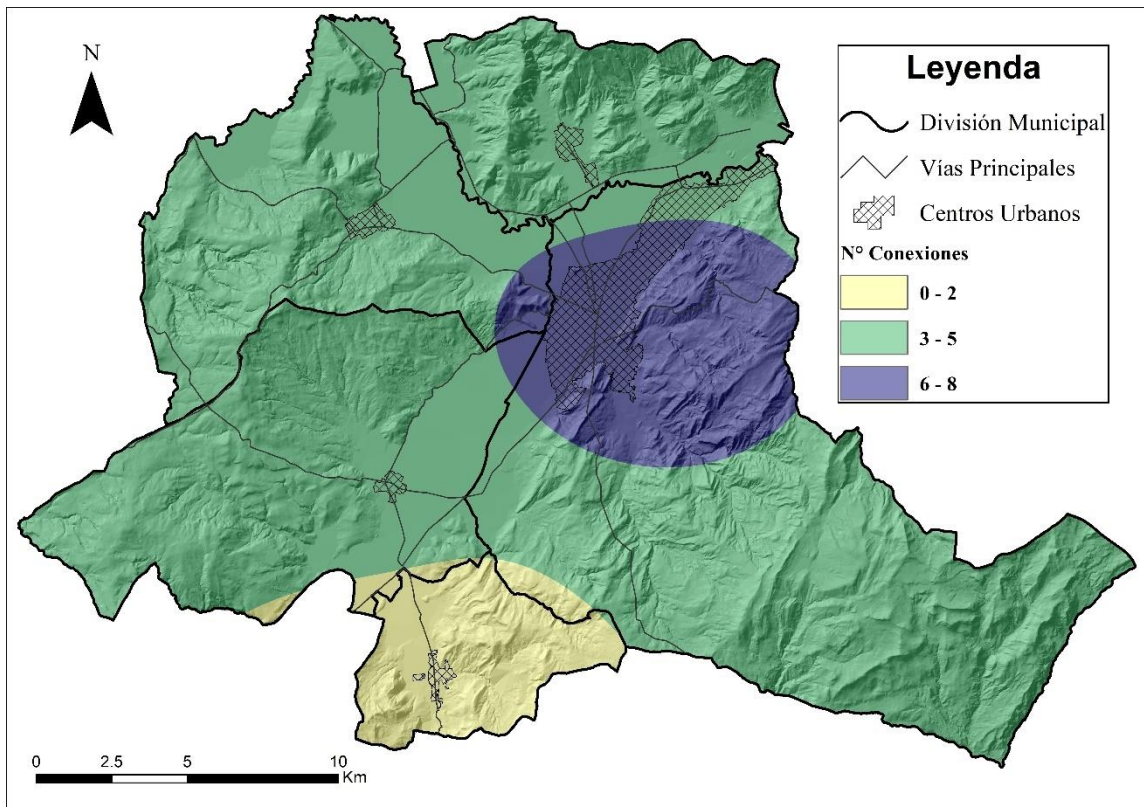
Fuente: Elaboración propia con base en los censos de población nacional del DANE.

Este fenómeno poblacional se desarrolla en paralelo con distintos proyectos de desarrollo y modernización derivados del proceso de industrialización, como es el caso de la ampliación de la red de servicios públicos, la expansión del sector residencial y comercial, la construcción de centros de educación, salud y protección social. De esta forma, la ciudad de Sogamoso se consolida históricamente como uno de los centros de provisión de bienes y servicios más importantes del departamento de Boyacá, que le permite crear un sistema de vínculos con otras entidades territoriales.

2.1.2. Conectividad de la Infraestructura Vial

La dinámica de las redes de transporte y la distribución espacial de la infraestructura vial, expresa el grado de relaciones, intercambios y funciones estratégicas de los diferentes municipios que hacen parte del área de estudio. La cobertura de la red vial permite evidenciar que los patrones de conectividad, presentan una tendencia a la concentración, donde predomina la centralidad del nodo de conexión localizado en la ciudad de Sogamoso, respecto a los nodos de los municipios contiguos, al presentar el mayor número de conexiones (Figura 2). De esta forma, la ciudad de Sogamoso constituye el principal nodo de transporte, que articula las relaciones de accesibilidad y conectividad del sistema vial a nivel regional.

Figura 2: Conexiones de la infraestructura vial



Fuente: Elaboración propia.

El sistema de transporte público intermunicipal, está organizado en torno al terminal de transporte de la ciudad de Sogamoso, que cubre diferentes rutas a nivel regional y nacional. Para el caso particular de los municipios contiguos, disponen de una ruta directa y única, donde los vehículos salen del terminal de transporte con destino a los diferentes centros urbanos y retornan durante el mismo recorrido al punto de partida, en diferentes horarios e intervalos de tiempo (Tabla 7). Este patrón de movilidad demuestra el bajo grado de interacción de los flujos de transporte intermunicipal, considerando que no existen rutas entre los municipios contiguos a la ciudad de Sogamoso, sin antes pasar por el terminal de transporte.

Tabla 7: Horario de transporte público intermunicipal

Destino	Horario	N° de Vehículos	N° de Pasajeros
Nobsa	5:48 Am – 7:30 Pm cada 10 minutos	72	145
Tibasosa	5:30 Am – 7:00 Pm cada 15 minutos	50	122
Firavitoba	6:00 Am – 7:00 Pm cada 15 minutos	48	115
Iza	6:00 Am – 7:00 Pm cada 20 minutos	36	70

Fuente: Terminal de Transportes de Sogamoso (2018).

La dinámica de las redes de transporte intermunicipal, se expresa a través de la frecuencia y horario del servicio para cada municipio. Los intervalos de tiempo se agrupan en un rango de 10 a 20 minutos, que determinan las diferencias en la demanda de transporte. El municipio de Nobsa presenta el mayor flujo de vehículos durante el día, seguido de Tibasosa y Firavitoba que registran la misma cantidad de vehículos, mientras que el municipio de Iza registra la menor intensidad de tráfico vehicular de este modo de transporte.

2.1.3. Accesibilidad a Equipamiento Educativos

Los registros de la Secretaría de Educación de Boyacá y la Secretaría de Educación de Sogamoso, permiten identificar que el área de estudio dispone de 38 instituciones de

educación básica, media y superior, que agrupan establecimientos públicos y privados. La localización espacial de las instituciones educativas, evidencia una alta concentración en la ciudad de Sogamoso, con una presencia muy baja en los municipios circundantes, que se incrementa de acuerdo a la cantidad de población (Tabla 8).

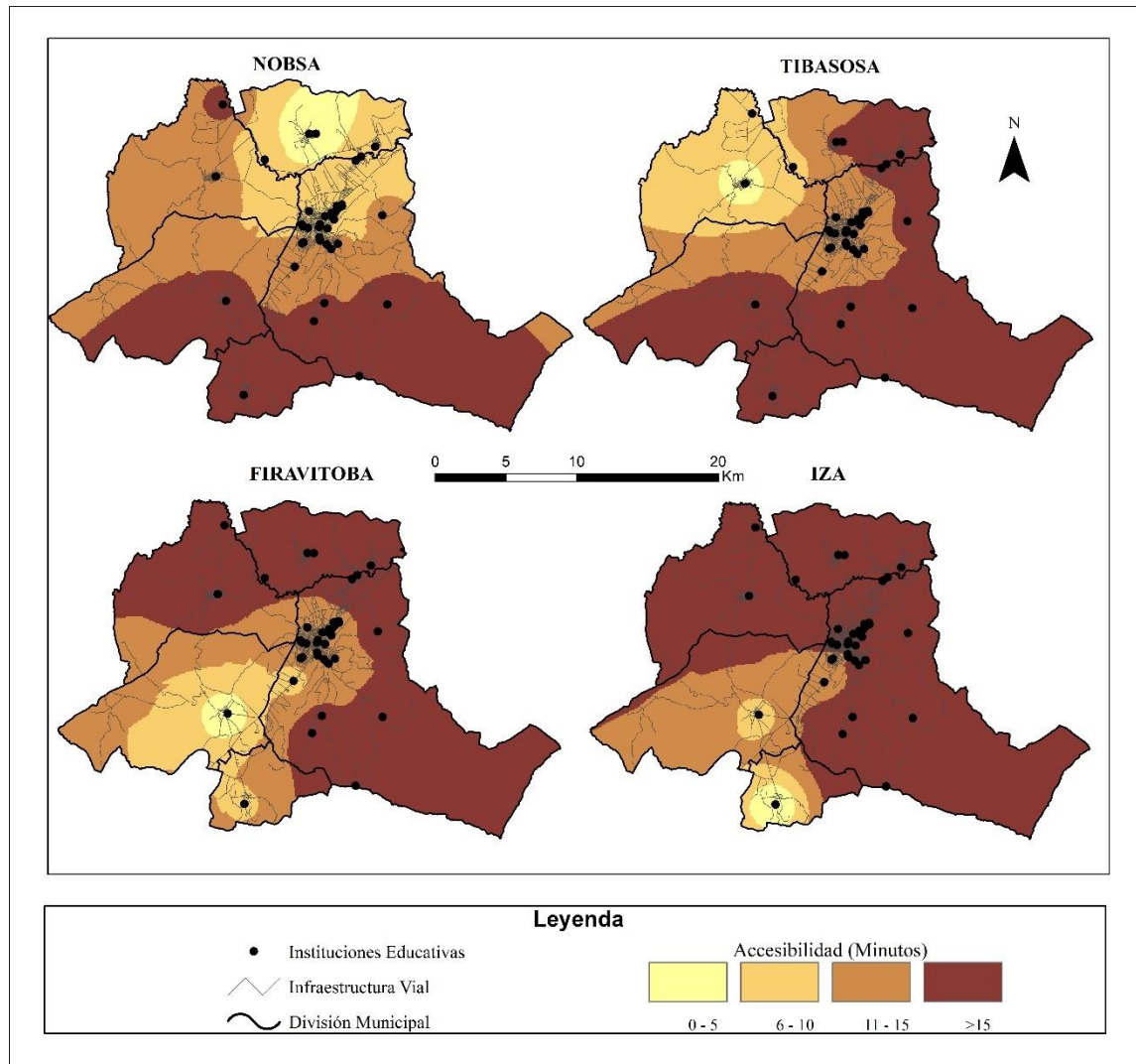
Tabla 8: Instituciones de educación media, básica y superior

Municipio	Población 2018	N° Instituciones educativas
Iza	1.944	1
Firavitoba	6.523	1
Tibasosa	11.023	2
Nobsa	14.651	4
Sogamoso	120.462	30

Fuente: Elaboración propia con base los registros de las Secretarías de Educación de Boyacá y Sogamoso (2021), y el DANE (2018).

La distribución espacial de los tiempos de desplazamiento para el total de instituciones educativas, oscila aproximadamente entre 1 a 29 minutos (Figura 3). Los tiempos registrados en el radio inmediato, cercanos a 1 minuto, conducen a las instituciones educativas localizadas en el área urbana de cada municipio, que representa la accesibilidad más próxima. Sin embargo, el promedio general de accesibilidad es de 15 minutos, que corresponde al tiempo de desplazamiento hasta la ciudad de Sogamoso, donde se concentra la mayor oferta educativa.

Figura 3: Tiempos de desplazamiento a equipamientos educativos



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la localización espacial de cada municipio y los tiempos de desplazamiento, es posible determinar que el municipio de Nobsa presenta la mayor accesibilidad al conjunto de instituciones educativas. Es el único municipio que en tiempos de desplazamientos de 6 a 10 minutos accede a gran parte de las instituciones educativas ubicadas en la ciudad de Sogamoso. Estos tiempos aumentan de forma diferenciada para los municipios restantes en un rango de 11 a 15 minutos, donde el municipio de Iza es el que presenta la menor accesibilidad.

2.1.4. Accesibilidad a Centros de Salud

La red de asistencia prestadora de servicios de salud está conformada por 12 establecimientos públicos y privados, diferenciados en cuanto al nivel de complejidad de los distintos tipos de servicios médicos. Para este caso, se reconocen, por una parte, los centros con internamiento para pacientes, que hacen referencia a los hospitales y las clínicas de atención continua y especializada y, por otra parte, los centros de atención primaria sin internamiento, que están representados por las Empresas Sociales del Estado (ESE) y prestan servicios de promoción de la salud, prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de acuerdo a la demanda y programación de citas.

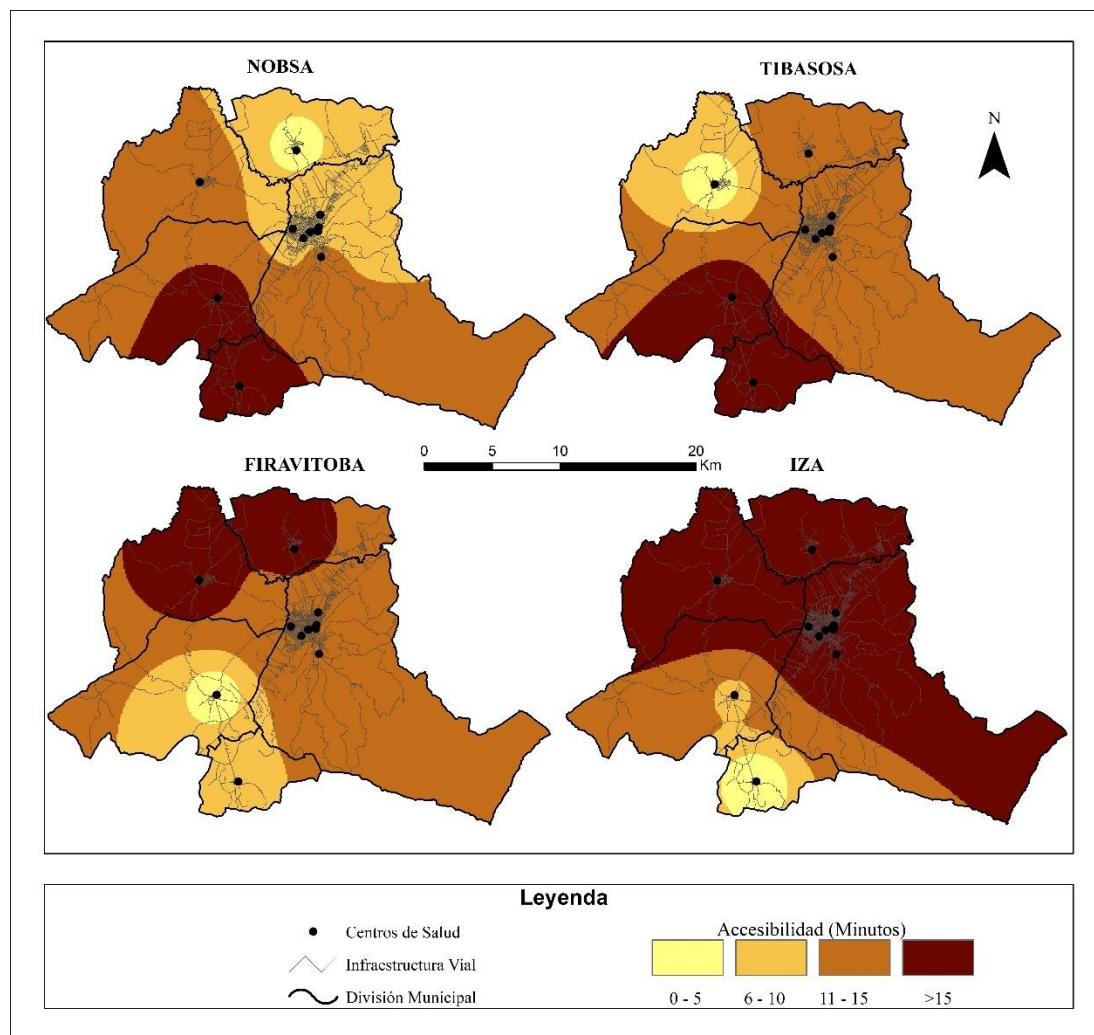
La distribución espacial de los centros de salud, permite evidenciar que la ciudad de Sogamoso concentra el mayor número de ESE y la totalidad de hospitales y clínicas, mientras que los municipios circundantes disponen solo de una ESE (Tabla 9). Los tiempos de desplazamiento que conducen a las ESE, indican que todos los municipios tienen accesibilidad a estos centros de salud en tiempos inferiores a 5 minutos (Figura 4). Sin embargo, la accesibilidad a los hospitales y clínicas cambia, al aumentar los tiempos de desplazamiento en un rango de 10 a 18 minutos, que representa el tiempo de desplazamiento hasta la ciudad de Sogamoso, donde se localizan estos centros de salud.

Tabla 9: Centros de salud

Municipio	Población 2018	N° Centros de salud
Iza	1.944	1
Firavitoba	6.523	1
Tibasosa	11.023	1
Nobsa	14.651	1
Sogamoso	120.462	8

Fuente: Elaboración propia con base en los registros de la secretaria de salud de Boyacá.

Figura 4: Tiempos de desplazamiento a equipamientos de salud



Fuente: Elaboración propia.

2.1.5. Accesibilidad a Equipamientos Comerciales

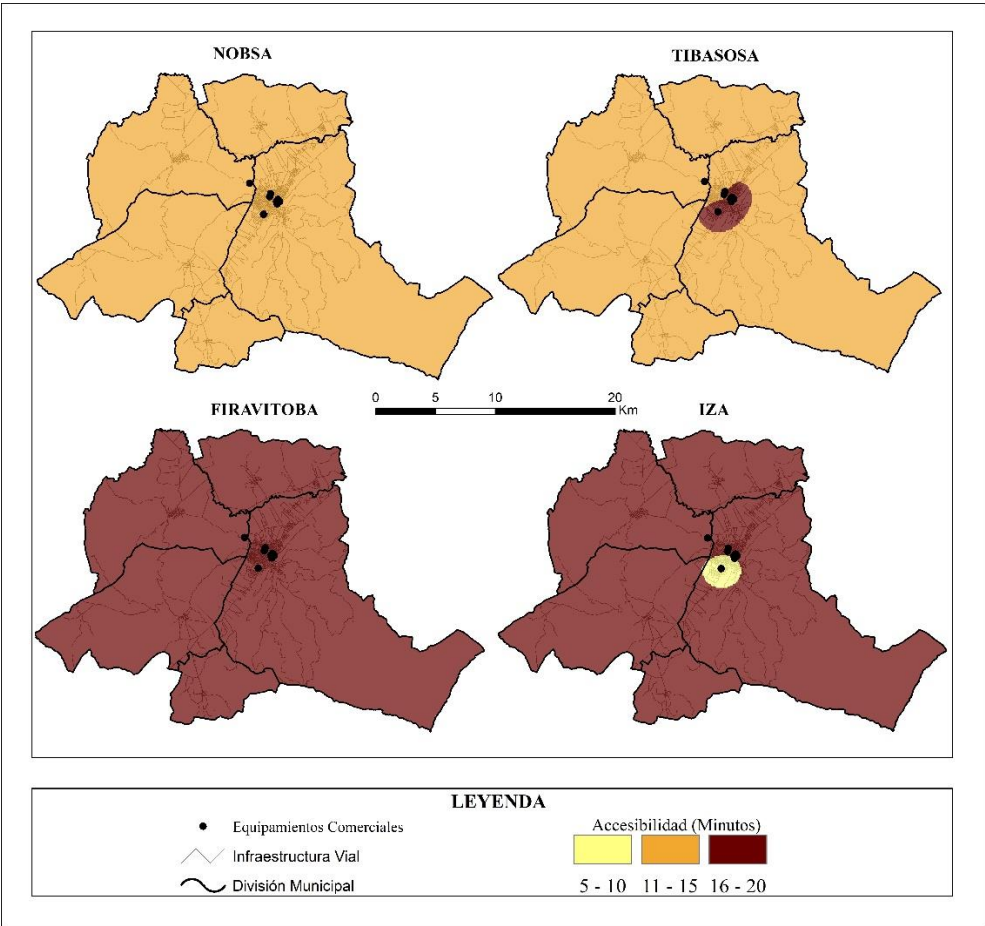
Los equipamientos comerciales que implican un desplazamiento recurrente por parte de la población son terminales de transporte, instituciones bancarias, plazas de mercado y centros comerciales (Tabla 10). Este tipo de equipamientos colectivos se localizan en gran medida en la ciudad de Sogamoso, distribuidos en diferentes sectores de la ciudad, que determinan las diferencias en los tiempos de accesibilidad, con un tiempo promedio de desplazamiento de 15 minutos desde los municipios circundantes (Figura 5).

Tabla 10: Equipamientos comerciales

Municipio	Nº Equipamientos comerciales
Iza	-
Firavitoba	-
Tibasosa	1
Nobsa	-
Sogamoso	10

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: Tiempos de desplazamiento a equipamientos comerciales



Fuente: Elaboración propia.

La alta concentración que presenta la distribución espacial de los equipamientos comerciales en el centro de la ciudad de Sogamoso, permite identificar que la mayor parte de estos equipamientos se encuentran agrupados a distancias que no superan los cinco minutos de diferencia. Por esta razón, los tiempos de desplazamiento de cada municipio se representan en menos de dos rangos.

2.2. Análisis espacial

2.2.1. Caracterización Territorial del Área de Influencia de la Ciudad de Sogamoso

El área de estudio está localizada en la región de los Andes en Colombia, al centro oriente del departamento de Boyacá, formada por altiplanos de origen fluvio-lacustre, que están rodeados por cadenas montañosas de rocas sedimentarias con un relieve de pendientes predominantemente suaves. Los altiplanos de la cordillera oriental constituyen macroformas del relieve que presentan un potencial ambiental y paisajístico, representado en los suelos orgánicos, profundos y fértiles, que junto con la topografía plana y el sistema de drenaje natural de la cuenca alta del río Chicamocha, los convierte en espacios atractivos frente a procesos de ocupación agropecuario y urbanístico.

En esta parte del altiplano Cundiboyacense se identifican tres unidades paisajísticas: valle, montaña media y montaña alta. La primera corresponde a áreas depresionales de origen tectónico que conforman planos de inundación con depósitos fluvio-lacustres en pendientes menores al 3% (Flórez, 2003; CORPOBOYÁCA, 2006). La segunda incluye los espacios de montaña ubicados altitudinalmente hasta los 3.400 msnm, que presenta un aumento de la pendiente y una actividad hidrogravitatoria dominante, evidenciada en movimientos en masa de todo tipo. El tercero corresponde a las áreas de mayor elevación altitudinal, que constituyen espacios estratégicos de conservación y protección debido a la importancia de las formaciones vegetales en la regulación hídrica (IDEAM, 2010).

La distribución espacial de las unidades paisajísticas, determina que la unidad de montaña media cubre la mayor parte del área de estudio, seguido de la unidad de valle y montaña alta (Tabla 11). De acuerdo con la división político administrativa, los

municipios de Sogamoso, Tibasosa y Firavitoba concentran individualmente entre un 20 y 30 % aproximadamente del área de las unidades de valle y montaña media, mientras que los municipios de Nobsa e Iza se encuentran por debajo de este rango, concentrando la menor parte de estas unidades paisajísticas. Respecto a la unidad de montaña alta, es preciso indicar que la totalidad del área está localizada en el municipio de Sogamoso.

Tabla 11: Distribución espacial de las unidades paisajísticas en los municipios

Municipio	Unidad Paisajística					
	Valle (22,02%)		Montaña media (62,70%)		Montaña alta (15,26%)	
	ha	%	ha	%	ha	%
Sogamoso	3.277	29,67	9.903	31,50	7.654	100
Nobsa	1.556	14,09	3.988	12,68	-	-
Tibasosa	3.000	27,16	6.398	20,35	-	-
Firavitoba	2.587	23,42	8.346	26,54	-	-
Iza	623	5,64	2.803	8,91	-	-
Total	11.043	100	31.438	100	7.654	100

Fuente: Elaboración propia.

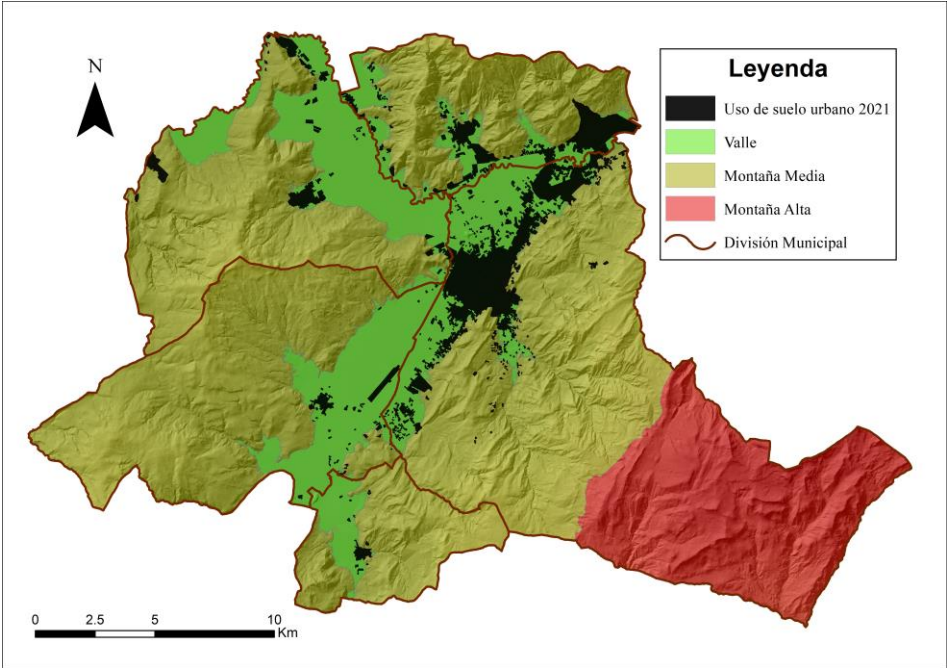
Los patrones de usos de suelo que presenta cada unidad paisajística, se distribuyen de forma diferenciada para cada municipio (Tabla 12). La unidad paisajística de valle, está dominada por el uso de suelo urbano y agrícola, que de manera conjunta representan el 98% del área total de esta unidad paisajística, mientras que los usos de bosque y área abierta representan un área menor al 2%. Para este caso, el municipio de Sogamoso concentra la mayor parte del uso urbano con el 61%, seguido del municipio de Nobsa con el 23% (Figura 6); en cambio para el uso agrícola los municipios de Tibasosa y Firavitoba suman aproximadamente 50%.

Tabla 12: Distribución espacial de los usos de suelo en la unidad paisajística de valle 2021

Municipio	Uso de suelo (valle)							
	Urbano (19,39%)		Bosque (0,65%)		Agrícola (79,09%)		Área Abierta (0,85%)	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Sogamoso	1.274,42	61,44	18,11	30,66	1.929,59	22,24	6,03	6,52
Nobsa	525,76	23,86	30,4	40	942,15	10,40	24,32	26,08
Tibasosa	187,76	8,90	6,34	8	2.727,44	31,54	10,50	11,95
Firavitoba	88,24	4,38	6,78	4	2.412,67	29,23	40,01	36,95
Iza	27,36	1,39	9,26	17,33	565.86	6,57	11,80	18,47
Total	2.103,54	100	70,89	100	8.577,71	100	92,66	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Distribución espacial del uso de suelo urbano 2021 en las unidades paisajísticas



Fuente: Elaboración propia.

Esta distribución espacial cambia para la unidad paisajística de montaña media, donde se evidencian tres cambios importantes (Tabla 13). El primer cambio se manifiesta con el predominio del uso de suelo de área abierta, que representa aproximadamente el 50% del área total de esta unidad paisajística. El segundo cambio, hace referencia a la disminución significativa del uso de suelo urbano y agrícola, respecto a los valores registrados en la unidad paisajística de valle, que para este caso representan solo 1% y 29% respectivamente. El tercer cambio, está relacionado con el aumento del uso de suelo de bosque, que pasa de 1% en la unidad paisajística de valle al 19% en la unidad de montaña media.

Tabla 13: Distribución espacial de los usos de suelo 2021 en la unidad paisajística de montaña media

Municipio	Uso de suelo (Montaña media)							
	Urbano (1,05%)		Bosque (19,86%)		Agrícola (29,28%)		Área Abierta (49,79%)	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Sogamoso	150,26	49,54	3.113,19	49,80	4.811,04	52,33	1.788,95	11,14
Nobsa	75,11	22,65	961,76	15,44	255,29	2,77	2.692,28	17,24
Tibasosa	74,44	22,35	948,90	15,20	1.962,92	22,09	3.398,14	23,49
Firavitoba	9,70	3,02	681,64	9,85	1.746,76	18,37	5.863,36	34,70
Iza	7,18	2,41	523,59	9,69	420,85	4,42	1.857,03	13,41
Total	316,69	100	6.229,08	100	9.196,86	100	15.599,76	100

Fuente: Elaboración propia.

Los municipios que concentran la mayor parte del uso de suelo de área abierta son Tibasosa y Firavitoba, que suman el 57% del total del área de esta unidad paisajística. Por otra parte, el municipio de Sogamoso, aumenta el área de cobertura del uso de suelo agrícola, al concentrar el 25% del área total de esta unidad paisajística, mientras que los municipios restantes registran una disminución respecto a la unidad de valle. El

incremento del uso de suelo de bosque se presenta en todos los municipios, especialmente en el municipio de Sogamoso, que agrupa aproximadamente el 50%.

La unidad paisajística de montaña alta le corresponde en su totalidad al municipio de Sogamoso, donde predomina en un 92% el uso de suelo de área abierta (Tabla 14). La baja intervención de otros usos de suelo se debe al hecho que concentra una de las áreas de protección ambiental más importantes del departamento de Boyacá, denominada Parque Natural Regional Siscunsi - Oceta. Este parque constituye un área de manejo especial, que es objeto de protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y los lineamientos dispuestos en el plan de ordenamiento territorial del municipio de Sogamoso (POT, 2018).

Tabla 14: Distribución espacial de los usos de suelo en la unidad paisajística de montaña alta

Municipio	Uso de suelo (Montaña alta)							
	Urbano (-)		Bosque (1,17%)		Agrícola (6,19%)		Área Abierta (92,62%)	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Sogamoso	-	-	89,93	100	473,92	100	7.081,58	100
Nobsa	-	-	-	-	-	-	-	-
Tibasosa	-	-	-	-	-	-	-	-
Firavitoba	-	-	-	-	-	-	-	-
Iza	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	89,93	100	473,92	100	7.081,58	100

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. *Dinámicas de los Procesos de Cambio de Uso de Suelo 1976-2021*

Los procesos de cambio de uso de suelo de los periodos 1976-1995 y 1995-2021, evidencian un aumento de la superficie urbana en los dos periodos de análisis (Tabla 15). La distribución espacial sigue un patrón común, al concentrar la mayor parte de las áreas

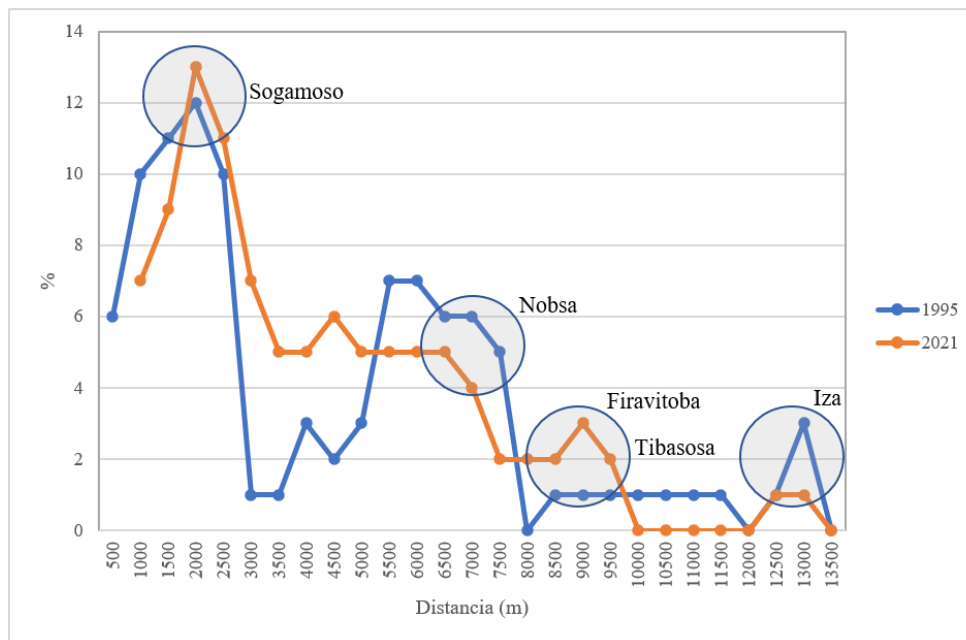
urbanas en torno al centro urbano principal y las vías de comunicación. En el primer caso, agrupa más del 40% en los primeros 3 kilómetros de distancia, que corresponde al área de expansión de la ciudad de Sogamoso, y disminuye a medida que aumenta la distancia con respecto a los centros urbanos secundarios (Figura 7), mientras que en el segundo caso agrupa más del 80% en un radio máximo de 500 metros (Figura 8). Este patrón evidencia una expansión urbana horizontal a distancias cada vez mayores entre el centro urbano principal y los centros urbanos secundarios, conformando corredores suburbanos que siguen el trazado de las vías de comunicación.

Tabla 15: Evolución de los procesos de cambio de uso de suelo 1976-2021

Uso de Suelo	1976		1995		2021		Diferencia porcentual			
	ha	%	ha	%	ha	%	1976-1995		1995-2021	
							ha	%	ha	%
Urbano	1,024	2.0	1,641	3.2	2,420	4.8	617	60	779	47
Bosque	1,350	2.7	3,832	7.6	6,389	12.7	2,482	184	2,557	67
Agrícola	19,247	38.4	18,520	36.9	18,248	36.5	-727	-4	-272	-1
Área Abierta	28,210	56.4	25,838	51.8	22,774	45.5	-2,372	-8	-3,064	-12
Superficies de agua	292	0.5	292	0.5	292	0.5	-	-	-	-
Total	50,123	100	50,123	100	50,123	100	-	-	-	-

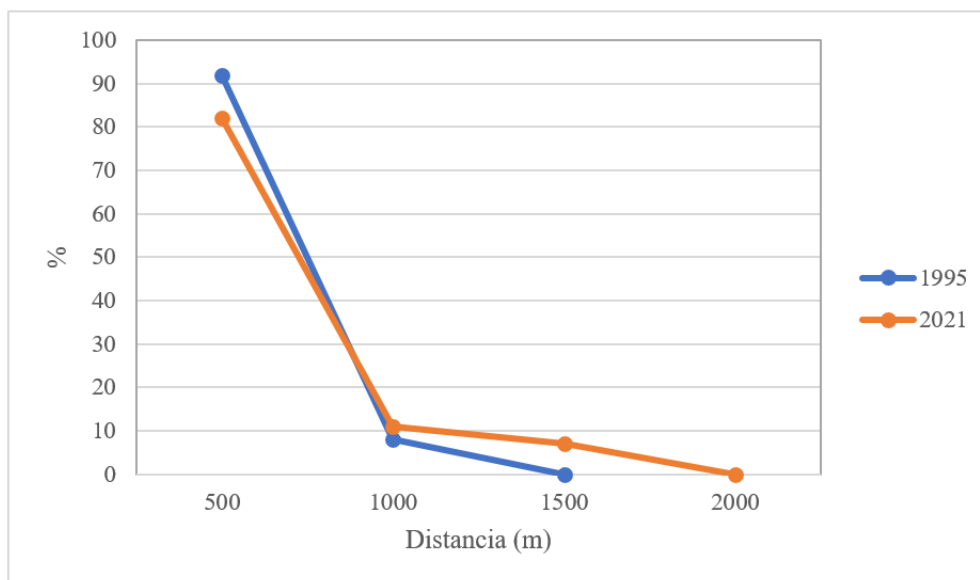
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7: Patrones de expansión urbana en función de la distancia a la ciudad de Sogamoso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8: Patrones de expansión urbana en función de la distancia a las vías de comunicación



Fuente: Elaboración propia.

En el primer periodo 1976-1995, se registra un incremento del 60% de las áreas urbanas y corresponde a 616 hectáreas (Tabla 15). El incremento de las áreas urbanas se presenta especialmente en el municipio de Sogamoso, que concentra el 69% del total de esta superficie, equivalente a 431 hectáreas (Tabla 16). La conformación de nuevos espacios urbanos se desarrolla principalmente entorno al centro de la ciudad de Sogamoso, a través de unidades residenciales y comerciales de baja y mediana altura, ampliando la expansión del perímetro urbano. Esta distribución espacial cambia a medida que aumenta la distancia desde el centro de la ciudad, marcando un patrón disperso de ocupación, que agrupa las nuevas áreas urbanas al margen de las vías principales.

Tabla 16: Distribución espacial de los procesos de cambio de uso de suelo en los municipios 1976-2021

Uso de suelo (Urbano)				
Nombre	1976-1995		1995-2021	
	ha	%	ha	%
Sogamoso	431,42	69,94	485,82	62,35
Nobsa	71,18	11,54	119,33	15,31
Tibasosa	101,8	16,50	124,22	15,94
Firavitoba	9,93	1,60	27,62	3,54
Iza	2,48	0,40	22,09	2,83
Total	616,81	100	779,08	100

Uso de suelo (Bosque)				
Nombre	1976-1995		1995-2021	
	ha	%	ha	%
Sogamoso	1.098,64	44,24	1.365	53,38
Nobsa	511,74	20,60	374	14,62
Tibasosa	472,64	19,03	270	10,55

Firavitoba	252,54	10,16	316	12,35
Iza	147,68	5,94	232	9,07
Total	2.483,26	100	2.557	100

Uso de suelo (Agrícola)				
Nombre	1976-1995		1995-2021	
	ha	%	ha	%
Sogamoso	-467,88	64,31	-31,65	11,64
Nobsa	-44,96	6,18	-121,23	44,60
Tibasosa	-196,96	27,07	-137,39	50,55
Firavitoba	-22,5	3,09	-23,7	8,72
Iza	4,83	-0,66	42,21	-15,53
Total	-727,47	100	-271,76	100

Uso de suelo (Área Abierta)				
Nombre	1976-1995		1995-2021	
	ha	%	ha	%
Sogamoso	-943,99	41,39	-1.857,27	60,42
Nobsa	-588,88	13,02	-367,72	12,054
Tibasosa	-418,92	14,36	-224,36	7,35
Firavitoba	-250,79	22,92	-313,68	10,28
Iza	-169,15	8,29	-301,45	9,88
Total	-2.371,73	100	-3.064,48	100

Fuente: Elaboración propia.

En el segundo periodo 1995-2021, la superficie urbana aumenta un 47% y equivale a 779 hectáreas (Tabla 15). Para este periodo, el mayor incremento también se registra en el municipio de Sogamoso con el 62%, que representa 485 hectáreas (Tabla 16). Las nuevas áreas urbanas, se distribuyen de forma continua en la ciudad de Sogamoso, en un proceso de ocupación que consolida gradualmente el centro de la ciudad. Este proceso también se expande a las áreas urbanas ubicadas al margen de las vías principales que comunican el suroriente y nororiente de la ciudad, densificando en lo fundamental el área de influencia de equipamientos colectivos como la zona industrial y el batallón de artillería.

El desarrollo del suelo urbano que experimentan los municipios contiguos a la ciudad de Sogamoso, se concentra para los dos periodos dentro del perímetro del área urbana. Sin embargo, es posible evidenciar la conformación de áreas urbanas a distancias cada vez mayores de los centros urbanos principales, especialmente en inmediaciones de los límites político administrativos. El incremento de la superficie urbana que registra todos los municipios para los dos periodos se concentra principalmente en la unidad paisajística de valle, con un escaso desarrollo en la unidad de montaña media (Tabla 17).

Tabla 17: Distribución espacial de los procesos de cambio de uso de suelo en las unidades paisajísticas de los municipios 1976-2021

Municipio	Unidad paisajística	Uso de suelo			
		Urbano			
		1976-1995		1995-2021	
		ha	%	ha	%
Sogamoso	Valle	393,38	88%	432,66	51%
	Montaña media	38,05	64%	53,17	55%
	Montaña alta	-	-	-	-
Nobsa	Valle	67,61	19%	104,78	25%
	Montaña media	4,27	8%	14,55	24%

Tibasosa	Valle	89,36	276%	66	54%
	Montaña media	12,69	337%	57,98	352%
Firavitoba	Valle	7,19	12%	21,96	33%
	Montaña media	2,74	212%	5,67	141%
Iza	Valle	2,33	24%	15,35	128%
	Montaña media	0,15	54%	6,75	1570%

Municipio	Unidad paisajística	Uso de suelo			
		Bosque			
		1976-1995		1995-2021	
		ha	%	ha	%
Sogamoso	Valle	4,53	36%	1,15	7%
	Montaña media	1.033,06	112%	1.358,61	80%
	Montaña alta	61,05	265%	5,24	6%
Nobsa	Valle	21,61	221%	-0,99	-3%
	Montaña media	490,13	1.073%	375,62	63%
Tibasosa	Valle	2,15	40%	-1,18	-16%
	Montaña media	470,49	258%	271,61	34%
Firavitoba	Valle	1.83	73%	2,44	56%
	Montaña media	250,49	233%	313,81	82%
Iza	Valle	1,02	31%	4,99	117%
	Montaña media	146,16	137%	227,01	88%

Municipio	Unidad paisajística	Uso de suelo			
		Agrícola			
		1976-1995		1995-2021	
		ha	%	ha	%
Sogamoso	Valle	-396,27	-14%	-427,72	-18%
	Montaña media	-71,62	-2%	352,15	8%
	Montaña alta	-	-	43,92	10%
Nobsa	Valle	-51,37	-5%	-105,06	-10%
	Montaña media	6,71	3%	-16,16	-6%
Tibasosa	Valle	-91,44	-3%	-71,38	-2%
	Montaña media	-105,52	-5%	-66,02	-3%
Firavitoba	Valle	-7,2	0%	-22,15	-1%
	Montaña media	-15,3	-1%	-1,55	0%
Iza	Valle	-2,33	0%	-14,32	-2%
	Montaña media	7,16	2%	56,54	16%

Municipio	Unidad paisajística	Uso de suelo			
		Área Abierta			
		1976-1995		1995-2021	
		ha	%	ha	%
Sogamoso	Valle	-1,64	-12%	-6,09	-50%
	Montaña media	-881,29	-20%	-1.801,39	-50%
	Montaña alta	-61,06	-1%	-49,78	-1%
Nobsa	Valle	-37,85	-62%	1,28	6%
	Montaña media	-551,03	-15%	-369	-12%
Tibasosa	Valle	-0,92	-18%	5.95	145%

	Montaña media	-418,06	-10%	-230,71	-6%
Firavitoba	Valle	-1,83	-4%	-2,24	-5%
	Montaña media	-248,93	-4%	-311,44	-5%
Iza	Valle	-1,02	-5%	-6,02	-34%
	Montaña media	-168,14	-7%	-295,42	-14%

Fuente: Elaboración propia.

El uso de suelo de bosque, también experimenta un cambio significativo, al aumentar del 2% en 1976 al 12% para 2021, especialmente en el municipio de Sogamoso que representa el 44 % en el periodo 1976-1995 y el 60% para el periodo 1995-2021. Este incremento también se presenta en los otros municipios, pero en menor medida, principalmente en la unidad paisajística de montaña media, con escasa presencia en la unidad de valle y montaña alta.

Por otra parte, los usos de suelo que registran una disminución de la superficie son agrícola y área abierta. En el primer periodo 1976-1995 el uso agrícola se reduce en 4%, mientras que en el siguiente periodo 1995-2021 disminuye en 1%. La pérdida de superficie agrícola se presenta de forma diferenciada en los dos periodos para todos los municipios en la unidad paisajística de valle. Respecto al uso de área abierta se registra una disminución más alta, que corresponde al 8% en 1976-1995 y 12% para 1995-2021. La pérdida de esta superficie se evidencia en la unidad paisajística de montaña media que le corresponde a cada municipio.

2.2.3. Proyección de los Cambios de Uso de Suelo 2047

Los resultados de las probabilidades de transición de los usos de suelo para el periodo 2021-2047, determinan que la mayor probabilidad de incremento o cambio de las distintas categorías de uso de suelo futuro es al uso urbano, especialmente sobre el uso agrícola, con una probabilidad de 16% (Tabla 18). Esta conversión se deriva en gran medida de su distribución espacial en el área de estudio que, al converger la mayor parte de la superficie en la unidad paisajística de valle aumentan las probabilidades de

conversión, ya que concentra el 89% y 87% del uso urbano y el 50% y 47 % del uso agrícola para el año 1995 y 2021 respectivamente. Por el contrario, los usos de bosque y área abierta presentan porcentajes muy bajos de incremento o cambio, los cuales, están localizados en las unidades paisajísticas de montaña media y montaña alta, muy distantes del uso urbano, limitando las probabilidades de conversión.

Tabla 18: Probabilidades de conversión de uso de suelo 2021-2047

Uso de suelo		Proyección 2047				
		Urbano	Bosque	Agrícola	Área Abierta	Superficies de agua
		%	%	%	%	%
Periodo 2021	Urbano	85	3,75	3,75	3,75	3,75
	Bosque	1,23	79,78	5,54	13,45	-
	Agrícola	16,27	2,76	80,75	0,21	-
	Área Abierta	0,14	22,83	3,98	73,05	-
	Superficies de agua	3,75	3,75	3,75	3,75	85

Fuente: Elaboración propia.

La proyección de cambio de uso de suelo de área abierta a uso de bosque, también representa una probabilidad de cambio significativa con el 22%, que responde a la dinámica de cambio precedente. El alto nivel de transformación de formaciones vegetales presentes en el área de estudio que conforman estructuras de bosque andino y altoandino, configura a través del tiempo áreas abiertas de pastos, rastrojos y relictos de árboles y arbustos nativos (CORPOBOYÁCA, 2006). Estas áreas, principalmente las que están localizadas en la unidad de paisaje de montaña media son reemplazadas por plantaciones forestales de eucalipto y pino para uso agroindustrial. De esta forma, el uso de bosque incrementa su cobertura correspondiente del 7% en el año 1995 a 12% en el año 2021 del total del área de estudio, especialmente desde la conversión del uso de área abierta.

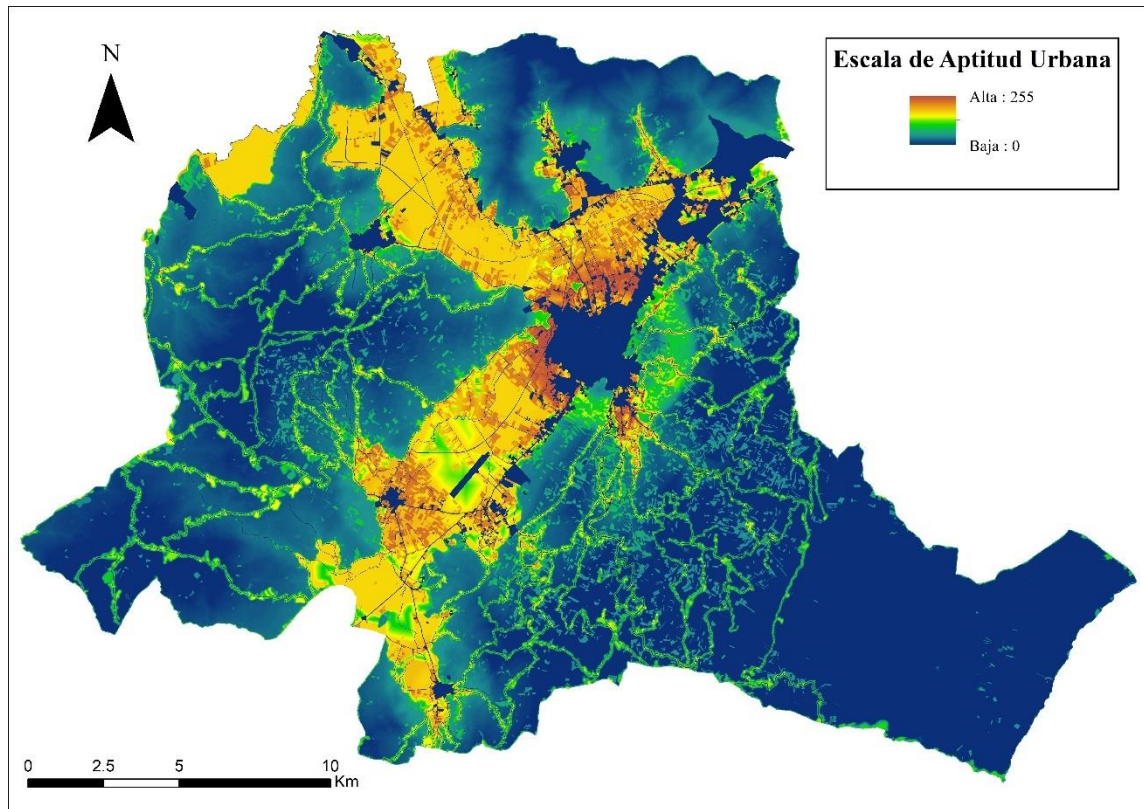
Por otra parte, el resultado de la evaluación multicriterio evidencia la influencia de la ponderación del conjunto de factores (Anexo 2) en la distribución espacial de la aptitud territorial para el uso de suelo urbano (Tabla 19). Las áreas que presentan mayor aptitud son las que limitan o están más próximas a los centros urbanos y las vías de comunicación (Figura 9). Además, es posible identificar los predios más probables de urbanizar debido a la influencia del factor del tamaño predial. La distribución espacial de estas áreas se vincula con la expansión de la superficie urbana existente principalmente en la unidad paisajística de valle, conservando las restricciones que impone el factor de la pendiente.

Tabla 19: Ponderación de las fuerzas motrices de uso de suelo urbano

Factor	Prioridad (%)	Rango
Distancia centro urbano principal	21,7	1
Distancia vías	19,8	2
Tamaño predial	16,9	3
Pendiente	13,8	4
Distancia centro urbano secundario	7,5	5
Distancia zonas industriales	6,3	6
Distancia equipamientos comerciales	6,2	7
Distancia equipamientos educativos	3,6	8
Distancia equipamientos de salud	2,7	9
Altitud	1,4	10

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Mapa de aptitud del uso de suelo urbano



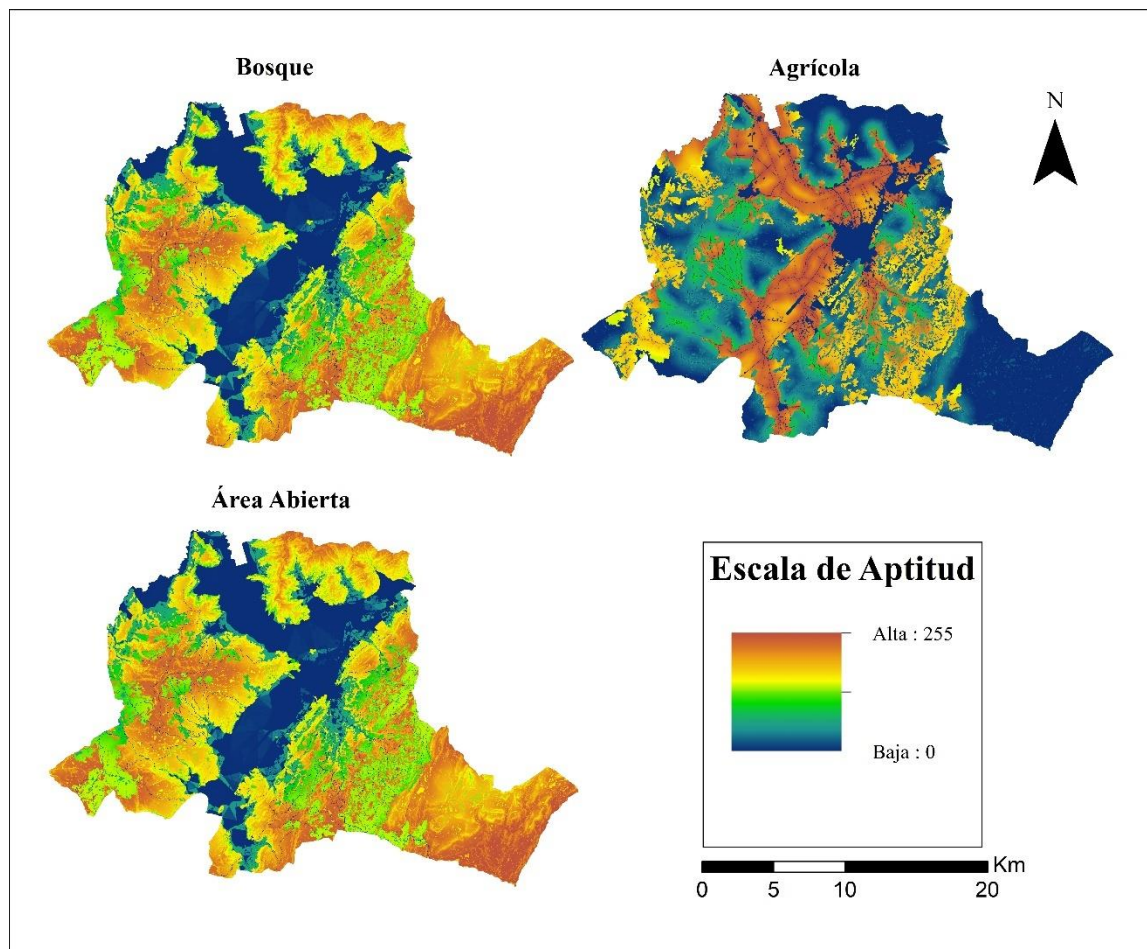
Fuente: Elaboración propia.

Las áreas que presentan la menor aptitud integran los predios más distantes de los centros urbanos y las vías de comunicación. En la unidad paisajística de valle, se identifican especialmente los predios que no cumplen con las condiciones óptimas del tamaño predial, mientras que en la montaña media cubre la mayor parte de la superficie, a excepción de algunos predios localizados al margen de las vías que, debido a la pendiente y el tamaño predial son aptos para urbanizar.

La aptitud territorial que presentan los usos de suelo agrícola, forestal y área abierta, se deriva principalmente de la susceptibilidad de cambio del periodo 1995-2021. Las áreas que registran la mayor aptitud agrícola están localizadas en la unidad paisajística de valle (Figura 10). Esta distribución espacial, está relacionada con la cercanía a superficies de agua y vías de comunicación. Así mismo, la pendiente plana y la

disponibilidad de predios de gran tamaño favorecen la producción agrícola. Esta distribución espacial cambia para los usos de suelo forestal y área abierta, que tienen una aptitud territorial similar, al concentrar la totalidad de áreas de mayor aptitud en la unidad paisajística de montaña media y montaña alta.

Figura 10: Mapas de aptitud de usos de suelo de bosque, agrícola y área abierta



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, el escenario de simulación espacial proyectado para el año 2047, muestra un comportamiento congruente respecto a las tendencias de cambio de uso de suelo experimentadas entre 1976-2021. En este sentido, los usos de suelo urbano y bosque continúan incrementando su cobertura, mientras que la superficie de los usos agrícola y área sigue disminuyendo (Tabla 20).

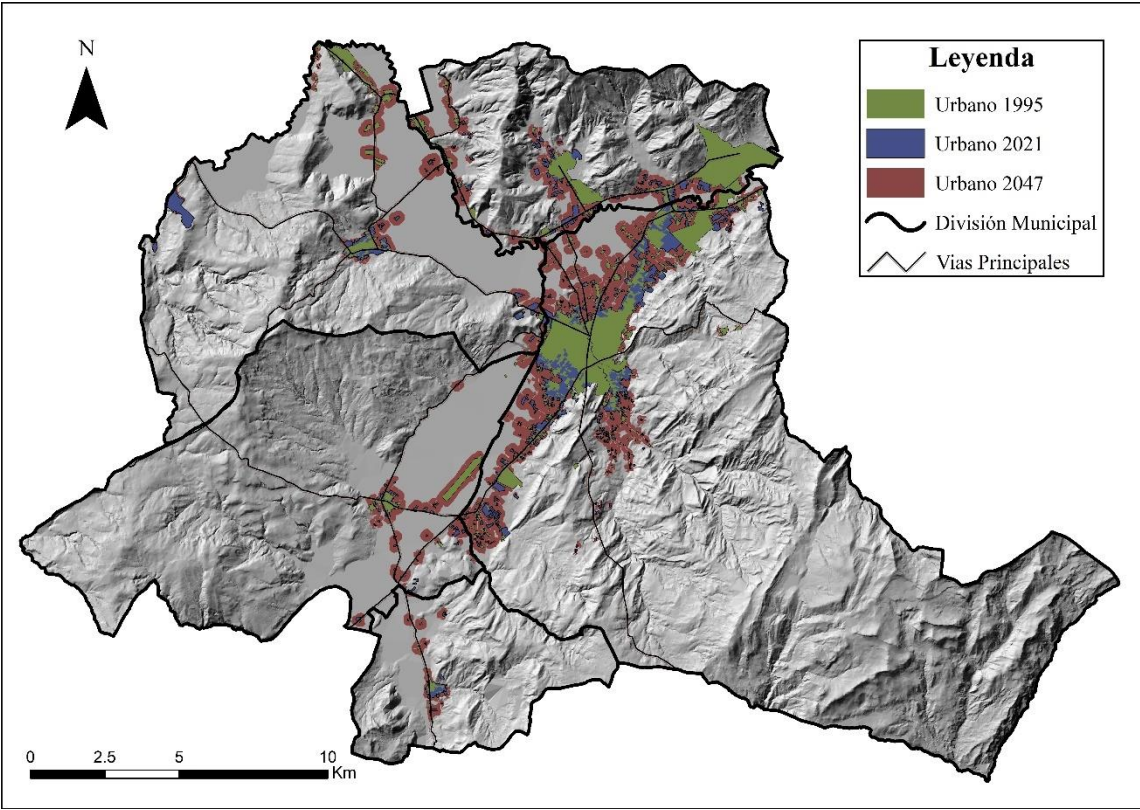
Tabla 20: Distribución espacial de los usos de suelo 2047

Uso de suelo	Periodo		Diferencia porcentual 2021-2047	
	2021	2047		
	ha	ha	ha	%
Urbano	2.420	5.278,8	2.858,8	118
Bosque	6.389	10.886,81	4.497,81	70
Agrícola	18.248	16.036,96	-2.211,04	-12
Área Abierta	22.774	17.622,35	-5.151,65	-23
Superficies de Agua	292	292	0	0

Fuente: Elaboración propia.

La distribución espacial de los usos de suelo de estas proyecciones también presenta tendencias similares en los municipios y las unidades paisajísticas (Figura 11). Para el caso del uso de suelo urbano se observa un incremento de la superficie de forma diferenciada para todos los municipios, especialmente en la unidad paisajística de valle (Tabla 21). El incremento se estima en 2.858,8 hectáreas que representan una variación del 118% respecto al uso de suelo urbano observado en el año 2021.

Figura 11: Evolución y proyección del uso de suelo urbano del área de influencia de la ciudad de Sogamoso 1995-2047



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Distribución espacial de los usos de suelo del año 2047 en las unidades paisajísticas de los municipios

Municipio	Urbano			Total
	Valle	Montaña media	Montaña alta	
	ha	ha	ha	
Sogamoso	1.271,17	235,23	-	1.506,4
Nobsa	453,3	44,07	-	497,37
Tibasosa	338,25	40,22	-	378,47
Firavitoba	355,89	14,7	-	370,59

Iza	85,62	19,64	-	105,26
Total	2.504,23	353,86	-	2.858,09

Municipio	Bosque			Total
	Valle	Montaña media	Montaña alta	
	ha	ha	ha	
Sogamoso	7,47	1.089,41	68,18	1.165,06
Nobsa	5,19	586,39	-	591,58
Tibasosa	1,8	853,29	-	855,09
Firavitoba	0,9	1.151,1	-	1.152
Iza	5,1	728,98	-	734,08
Total	20,46	4.409,17	68,18	4.497,81

Municipio	Agrícola			Total
	Valle	Montaña media	Montaña alta	
	ha	ha	ha	
Sogamoso	-1.247,2	-113,83	1,05	-1.359,98
Nobsa	-451,22	50,08	-	-401,14
Tibasosa	-401,23	103,86	-	-297,37
Firavitoba	-340,06	233,79	-	-106,27
Iza	-81,14	34,76	-	-46,38
Total	-2.520,85	308,66	1,05	-2.211,14

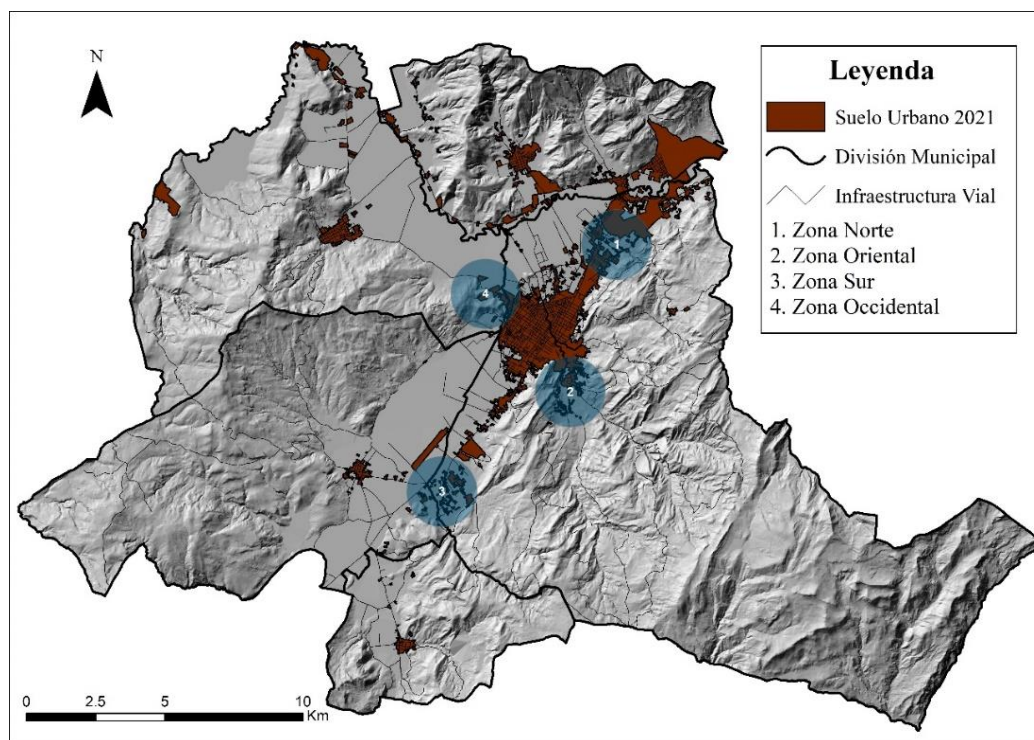
Municipio	Área Abierta			Total
	Valle	Montaña media	Montaña alta	
	ha	ha	ha	
Sogamoso	-5,13	-1.173,83	-69,44	-1.248,4

Nobsa	-5,53	-626,2	-	-631,73
Tibasosa	-3,2	-1.051,54	-	-1.054,74
Firavitoba	-15,61	-1.396,91	-	-1.412,52
Iza	-9,27	-794,76	-	-804,03
Total	-38,74	-5.043,24	-5.081,98	-5.151,42

Fuente: Elaboración propia.

La distribución espacial de las nuevas áreas de uso de suelo urbano, configuran cuatro tendencias de expansión urbana, que están diferenciadas en cuanto a la forma de ocupación y el tipo de construcción o unidad residencial. Estas tendencias representan cuatro zonas, que están localizadas en torno a la ciudad de Sogamoso, especialmente en inmediaciones de los límites político administrativos con los municipios contiguos (Figura, 12).

Figura 12: Localización de las tendencias de expansión urbana



Fuente: Elaboración propia.

La primera tendencia corresponde a la zona norte de la ciudad de Sogamoso, específicamente entre la Carrera⁶ 12 y el margen de los cerros orientales. El proceso de crecimiento urbano que se experimenta en esta zona, está vinculado con la ampliación del área de expansión urbana, que incorpora progresivamente las áreas rurales más inmediatas al centro urbano principal. Las nuevas unidades y barrios residenciales, presentan una diversificación en cuanto a la forma de ocupación y el tipo de construcción, donde se evidencian viviendas unifamiliares y multifamiliares, en un plano de expansión horizontal y vertical, en algunos casos agrupadas en conjuntos residenciales (Figura 13).

Figura 13: Tendencia de expansión urbana zona norte



Fuente: Elaboración propia.

⁶ La nomenclatura urbana oficial de Colombia se conforma a partir de Carreras (sur-norte) y Calles (oriental-occidente).

El surgimiento de nuevas áreas urbanas en esta parte de la ciudad de Sogamoso, configura una zona de transición rurubana, donde se mezclan diferentes tipos de unidades residenciales, actividades agrícolas tradicionales y predios eriazos, en un proceso de crecimiento urbano no planificado, que carece de conectividad física, funcional, social y visual. De acuerdo con el escenario de simulación, este proceso de expansión urbana tiene continuidad en los próximos años, siguiendo el margen de los cerros orientales hasta los límites del parque industrial.

La segunda tendencia de expansión urbana, se concentra en la zona oriental de la ciudad de Sogamoso, en inmediaciones de las veredas de Monquirá, Primera y Segunda Chorrera. En esta zona, se evidencia un patrón disperso de viviendas unifamiliares que paulatinamente consolidan nuevas unidades y barrios residenciales, hasta fusionarse en algunos casos con la estructura de física de la ciudad de Sogamoso (Figura 14). Sin embargo, esta forma de ocupación cambia a medida que aumenta la distancia desde los límites del perímetro urbano, donde las unidades residenciales se concentran al margen de las vías, particularmente sobre la Carrera 4ª y Transversal 1, definiendo una forma urbana tentacular.

Figura 14: Tendencia de expansión urbana zona oriental



Fuente: Elaboración propia.

La proyección de esta tendencia urbana confirma, por una parte, el surgimiento de nuevas áreas urbanas que se fusionan, ampliando el perímetro urbano de la ciudad de Sogamoso y, por otra parte, la aparición de nuevas unidades residenciales más distantes del perímetro urbano siguiendo el trazado de los ejes viales, que disminuyen a medida que aumenta la pendiente. Esta última forma de ocupación urbana, incrementa la fragmentación del paisaje y pérdida de suelo agrícola en esta parte del área rural del municipio de Sogamoso.

El proceso de cambio de uso de suelo que experimenta la zona sur de la ciudad de Sogamoso, configura la tercera tendencia de expansión urbana, que evidencia un crecimiento urbano lineal, siguiendo el trazado de la Carrera 11 sobre la vereda de Vanegas. El desarrollo urbano que presenta el margen de esta vía, concentra viviendas unifamiliares y multifamiliares, agrupadas en algunos sectores en conjuntos o condominios residenciales. Así mismo, se destaca la presencia de construcciones de uso comercial, especialmente restaurantes campestres.

El crecimiento lineal se prolonga hasta inmediaciones del límite político administrativo del municipio de Firavitoba, donde se observa un cambio en la distribución espacial de las nuevas áreas residenciales y el tipo de construcción. En esta parte, se configura un patrón urbano disperso y de baja densidad, representado por viviendas campestres, parcelas de agrado y condominios privados (Figura 15).

Figura 15: Tendencia de expansión urbana zona sur



Fuente: Elaboración propia.

Estas áreas de crecimiento urbano preferencial, se configuran sobre la base de las características ambientales y paisajísticas del entorno rural inmediato a los centros urbanos principales. En este sentido, los agentes privados del desarrollo inmobiliario ofrecen unidades residenciales para estratos de alto ingreso, que buscan espacios con servicios ecosistémicos mejores de los que pueden obtener en los centros urbanos.

Para este caso, las proyecciones advierten un incremento en el uso de suelo urbano, cada vez más distante de los centros urbanos principales. Este patrón de localización residencial, evidencia una fuerte presión urbanística en inmediaciones de los límites político administrativos del municipio de Firavitoba, Iza y Sogamoso. Esta distribución

espacial, no solo reduce el suelo agrícola, sino además aumenta las posibilidades de agotar el suelo urbanizable que le corresponde en este sector del valle a estos municipios, especialmente al municipio de Sogamoso que, bajo esta forma de ocupación urbana está llegando al límite de su jurisdicción político administrativa.

Los intereses del sector inmobiliario y las preferencias individuales de estratos de alto ingreso promueven la construcción de nuevas unidades residenciales en esta zona, que no hacen parte de políticas orientadas al desarrollo rural. De esta forma, se está configurando un patrón urbano que contribuye con la fragmentación del paisaje y pérdida del suelo agrícola. Así mismo, las unidades residenciales de estratos de alto ingreso generan un incremento en el valor del suelo y la vivienda, excluyendo actividades agropecuarias por el bajo rendimiento productivo y población que no está en capacidad económica de adquirir este tipo de viviendas (Arango, 2013; González et al., 2018; Macuacé, 2019). En este contexto, se crea un mayor aislamiento de los grupos sociales, como expresión del creciente distanciamiento social reflejado en la segregación residencial.

La cuarta tendencia, agrupa los parches urbanos más próximos a la ciudad de Sogamoso, particularmente los que están localizados en la zona occidental. Estas áreas urbanas se tienden a fusionar ampliando el perímetro urbano de la ciudad de forma continua y compacta. Sin embargo, las proyecciones estiman el surgimiento de nuevas áreas urbanas en inmediaciones de los límites político administrativos de los municipios de Sogamoso, Tibasosa y Nobsa, que configuran corredores suburbanos con tendencia a la conurbación, como es el caso del conjunto residencial la Toscana (Figura 16), en límites de los municipios de Sogamoso y Tibasosa; la expansión lineal al margen de la vía Diagonal 13 en la vereda de Siatame, que comunica los municipios de Sogamoso y Nobsa; las nuevas unidades residenciales en la vereda de Chameza Mayor, en límites de los municipios de Sogamoso y Nobsa.

Figura 16: Tendencia de expansión urbana zona occidental



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, las proyecciones para los otros usos de suelo advierten un incremento de la superficie del uso de suelo de bosque, que corresponde al 70% respecto al año 2021. Este incremento se registra para todos los municipios, principalmente en la unidad paisajística de montaña media (Tabla 15), a través de la conversión del uso de área abierta, que disminuye en 23%, siguiendo la tendencia de los periodos anteriores.

El uso agrícola también continúa presentando una disminución de su superficie, que en las proyecciones corresponde al 12%, especialmente en la unidad paisajística de

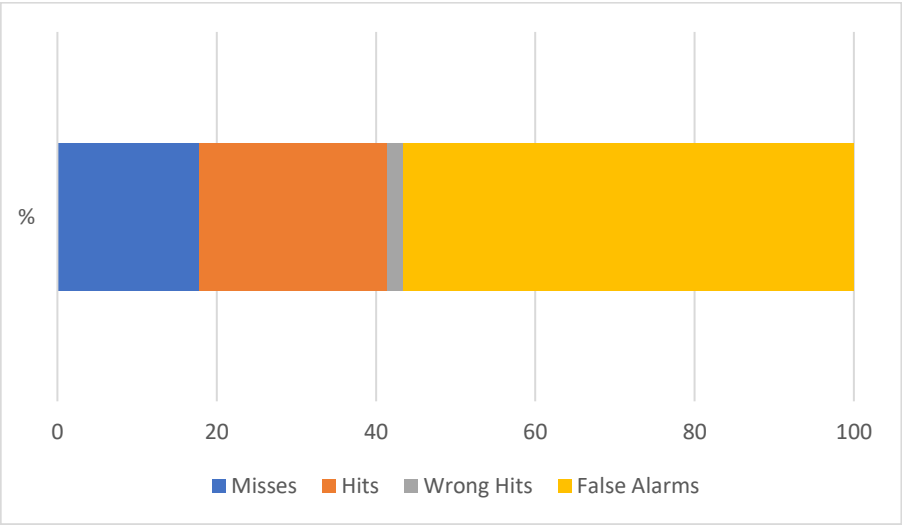
valle que les corresponde a todos los municipios (Tabla 15). Esta reducción se debe al incremento de la superficie del uso de suelo urbano, que continúa transformando las áreas agrícolas localizadas en la unidad de valle e incrementando la desaparición de los suelos con mayor vocación para desarrollar actividades agropecuarias.

2.2.4. Validación de los Escenarios de Modelación

Los resultados de la validación del modelo, que compara los escenarios del año inicial 1995, el año observado 2021 y el año simulado 2021 (Anexo 3), permite determinar que el 23% (*hits*) de los cambios que predice el modelo son correctos (Figura 17). Para el caso específico del uso de suelo urbano, se observa una distribución espacial congruente entre el escenario observado y simulado (Figura 18). Aunque el escenario de simulación muestra un patrón más compacto, menos disperso que el escenario observado, conserva las mismas tendencias de expansión de la superficie urbana.

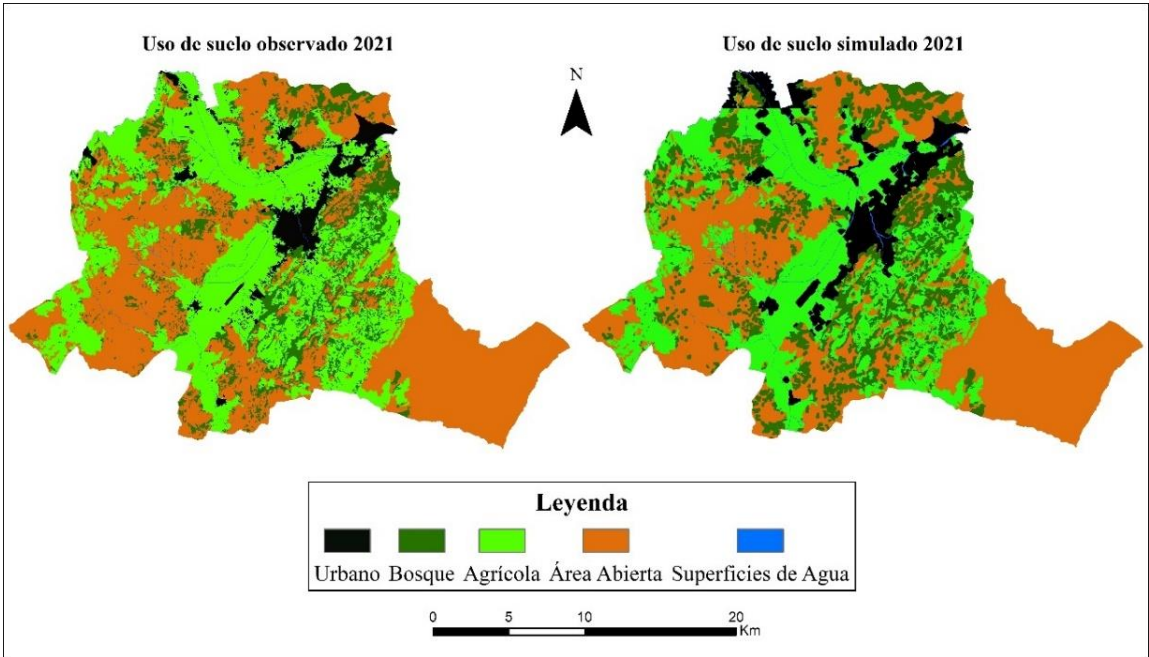
Por otra parte, esta comparación triple, registra un valor de figura de mérito del 24%, exactitud del productor de 53%, exactitud del usuario de 29%, que corresponden a un ajuste aceptable, al compararlo con los resultados de diferentes estudios (Henríquez, 2014; Linares y Piccone, 2018; Salazar et al, 2020). Aunque los resultados de este modelo son inferiores, es necesario tener en cuenta que la precisión del modelo de simulación se reduce al disminuir el tamaño de pixel y aumentar la cantidad de usos de suelo modelados. Para este caso, se emplea un tamaño de pixel de 5 metros y 5 usos de suelo, que representa un análisis espacial más específico, respecto a los estudios de Linares y Piccone (2018) y Salazar et al., (2020) que obtienen valores más altos, al modelar solo 1 uso de suelo y con un tamaño de pixel superior a 30 metros.

Figura 17: Figura de mérito



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Mapas de validación del modelo



Fuente: Elaboración propia.

2.3. Hechos de Asociatividad y Esquemas Asociativos Territoriales

Los instrumentos de asociatividad intermunicipal, surgen con la necesidad de solucionar conflictos y potenciar visiones de desarrollo que, por sus condiciones requieren de la capacidad conjunta de decisión de varias entidades territoriales. Este tipo de asociatividad, se sustenta en la búsqueda de proyectos, procesos y espacios de interés común, que superan los límites político administrativos tradicionales. En este sentido, la propuesta del EAT, contempla dos componentes para determinar los escenarios que, debido a las implicaciones territoriales involucran la ciudad de Sogamoso y los municipios contiguos.

El primero es el componente funcional que, mediante el análisis de la distribución espacial de los equipamientos colectivos de mayor acceso respecto a la localización de los centros urbanos principales, se determinan los vínculos de interacción que conforman patrones de movilidad comunes, de acuerdo a la configuración territorial. Los resultados evidencian que la ciudad de Sogamoso al concentrar la mayor cantidad de equipamientos, se convierte en el principal centro de atracción, debido a la amplia oferta de bienes y servicios especializados.

Los tiempos de desplazamiento desde los centros urbanos principales hasta los equipamientos colectivos más cercanos, establece la dirección de flujo de los patrones de movilidad entre los municipios. Estos patrones configuran un sistema de interacción monocéntrico, que posiciona a la ciudad de Sogamoso como la principal dirección de flujo que tienen los municipios circundantes, especialmente por servicios específicos de educación, salud y comercio.

Para el caso de los equipamientos educativos, los municipios disponen de instituciones de educación primaria, básica y media, pero no tienen instituciones de educación superior, encontrando sus posibilidades de acceso más cercanas en la ciudad de Sogamoso. En cuanto a los equipamientos de salud, en los municipios solo existen centros de salud que ofrecen atención primaria sin internamiento, condicionando las posibilidades de acceso más próximas a servicios de salud especializados en la ciudad de Sogamoso.

Respecto a los equipamientos de comercio, la dependencia aumenta aún más, considerando que los centros comerciales, plazas de mercado e instituciones financieras más cercanas están localizadas en la misma ciudad.

La hegemonía en la oferta de bienes y servicios que presenta la ciudad de Sogamoso, determina patrones de desplazamiento similares para los municipios contiguos, que desde una visión conjunta de desarrollo representan desequilibrios territoriales de tipo funcional. Las diferencias de accesibilidad a equipamientos colectivos en términos de oportunidades, distancia y tiempo, configuran un escenario común que involucra todos los municipios. Estas condiciones de accesibilidad se pueden mejorar con la implementación de un EAT, que permita integrar la capacidad de decisión de todos los municipios.

El segundo componente, hace referencia al análisis espacial del uso de suelo urbano entre la ciudad de Sogamoso y los municipios contiguos. Los resultados demuestran que la expansión física de la ciudad de Sogamoso supera los límites político administrativos, en un proceso que configura corredores suburbanos con tendencia a la conurbación, que comienza a encontrar espacios de fusión y proximidad con los municipios circundantes. Este proceso se desarrolla de forma diferenciada, de acuerdo a las condiciones particulares que presentan las áreas urbanas en estos espacios. En este sentido, se identifican tres formas distintas de ocupación urbana que promueven el desarrollo de los procesos de conurbación.

La primera forma de ocupación que presenta este tipo de procesos urbanos, surge con el emplazamiento de la Empresa Siderúrgica Nacional Acerías Paz del Río en la década de 1950, en inmediaciones de los límites político administrativos de los municipios de Sogamoso y Nobsa. La localización de esta industria se convierte en un polo de atracción industrial y residencial, que favorece la rápida conformación de industrias relacionadas con la cadena productiva del acero y cemento, y áreas residenciales de baja densidad en los dos municipios. Sin embargo, a través del tiempo estas áreas se están

fusionando gradualmente con la superficie de la ciudad de Sogamoso siguiendo el trazado de la Carrera 12 y 9.

La segunda forma de ocupación que potencia las áreas de conurbación, surge al occidente de la ciudad de Sogamoso. El crecimiento compacto de la ciudad en esta dirección, alcanza el límite político administrativo con el municipio de Tibasosa, reduciendo las posibilidades de expansión urbana en esta dirección para el municipio de Sogamoso. Las limitaciones espaciales, conlleva a incorporar predios del municipio de Tibasosa para uso comercial e industrial, como es el caso de la Plaza de Mercado de Mayoristas de Sogamoso, la Casa del Pino y GYJ Empresas de acero – Tibasosa, y también algunas unidades residenciales unifamiliares.

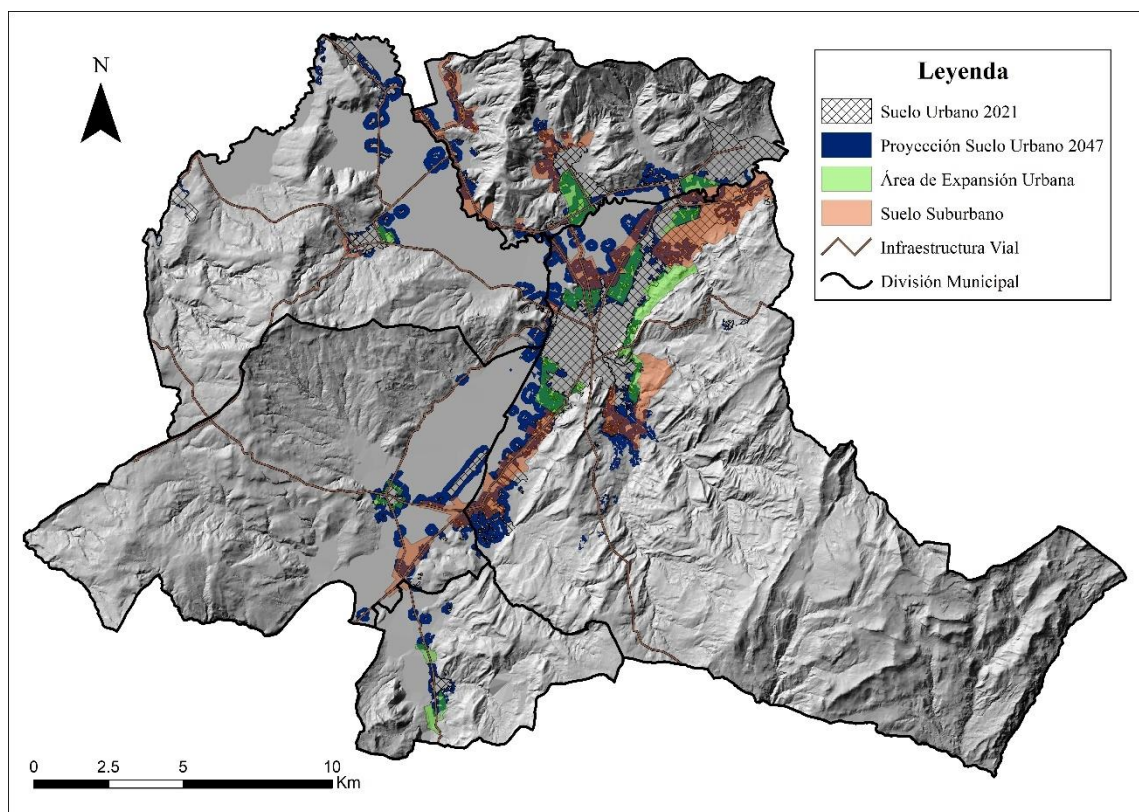
La tercera forma de ocupación, reúne las áreas urbanas localizadas al suroriente de la ciudad de Sogamoso. Esta tendencia presenta un crecimiento urbano disperso de parcelaciones campestres y conjuntos residenciales de estratos de alto ingreso, que se extiende hasta el límite con el municipio de Firavitoba e Iza. Esta forma de ocupación no presenta conectividad física y funcional con los centros urbanos principales. El desarrollo de estas áreas urbanas, al centrarse exclusivamente en el uso residencial, carece de equipamientos colectivos, generando una dependencia de la oferta de bienes y servicios más próximos, que están localizados en la ciudad de Sogamoso.

Las distintas formas de ocupación urbana que involucra la capacidad de decisión de varios municipios, conlleva a contemplar la posibilidad de implementar un EAT, que permita orientar de forma conjunta el desarrollo urbano. Desde esta perspectiva, se lleva a cabo la socialización de los resultados del modelo de simulación espacial con los directivos de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física de cada municipio (Anexo 4).

El análisis que se realiza de las tendencias de expansión urbana del modelo de simulación espacial, comprueba que las áreas más probables de urbanizar son similares a las contempladas en los Planes de Ordenamiento Territorial de cada municipio (Figura, 19). El desarrollo urbano de los municipios en su conjunto se contempla en dos espacios.

Por una parte, en las áreas de expansión urbana, que están localizadas alrededor del perímetro urbano y habilitadas para el desarrollo urbano de alta densidad, que contribuya con la expansión compacta de los centros urbanos y, por otra parte, en los suelos suburbanos, que hacen parte principalmente de los corredores viales, donde se permiten el desarrollo urbano de baja densidad y destinado a viviendas campestres.

Figura 19: Contraste entre las proyecciones del uso de suelo urbano 2047 y los Planes de Ordenamiento Territorial.



Fuente: Elaboración propia.

En los Planes de Ordenamiento Territorial de todos los municipios se identifica el interés común de consolidar y expandir de forma compacta los centros urbanos, que están localizados en la misma unidad paisajística, que corresponde al valle. Sin embargo, las visiones de desarrollo son distintas, condicionadas en gran medida por los límites político administrativa, que no permite construir una visión conjunta del territorio:

“El crecimiento urbano que está experimentando el municipio de Sogamoso se está regulando de acuerdo a los límites del perímetro urbano, priorizando los predios disponibles dentro del área urbana, para consolidar de forma compacta la ciudad. Por esta razón, también se restringe el crecimiento en algunos sectores... Por ejemplo, hacia el sur el crecimiento urbano solo puede extenderse hasta inmediaciones del aeropuerto, mientras que para el norte no debe superar los límites del parque industrial... Las obras más importantes que se van a ejecutar en un futuro cercano son la reactivación del aeropuerto y la construcción de la variante de la vía al llano... Estas obras pueden impulsar la conformación de nuevas áreas urbanas, pero también deben regularse en función de la estructura de la ciudad y los patrones de crecimiento de la ciudad”.

Funcionario de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de
Sogamoso.

“El municipio de Nobsa tiene restricciones ambientales que limitan el desarrollo urbano. Por ejemplo, la roda de 30 metros de las corrientes hídricas que atraviesan el área urbana no es edificable. Por esta razón, se ha solicitado a CORPOBOYACÁ reducir la ronda de protección de los causes para aumentar el índice de ocupación... Así mismo, los humedales del municipio y las centrales eléctricas del corregimiento de Nazareth reducen el área de desarrollo urbano... Sin embargo, en los últimos años se han construido diferentes obras públicas, en diferentes partes del municipio, como el parque de la Breva, el parque de la Ruana, el parque del Acero, el parque de Nazareth, entre otros, que pueden incentivar el desarrollo urbano... Estas obras, al igual que la producción de muebles rústicos y campanas hacen parte de foco de desarrollo turístico que se pretende impulsar, para no depender del sector industrial en un futuro”.

Funcionario de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de
Nobsa.

“El desarrollo urbano del municipio de Tibasosa se proyecta en lo fundamental para la parte nororiental, ya que el sur, occidente y oriente está rodeado por las montañas y limitan la expansión del área urbana. El propósito es consolidar las áreas urbanas

existentes en este sector, al igual que algunos espacios dentro del área urbana, ajustándose a los perfiles viales... Las obras de infraestructura relacionadas con el corredor vial de la BTS y la variante al llano, constituye una oportunidad muy importante para impulsar el desarrollo urbano del municipio”.

Funcionario de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de
Tibasosa.

“El proceso de urbanización que podría experimentar el municipio de Firavitoba está condicionado por la disponibilidad de zonas que no presenten problemas de inundación. Este fenómeno limita las posibilidades de urbanizar algunos sectores, especialmente los que están en el área de influencia de las corrientes hídricas, que de manera periódica se desbordan inundando grandes extensiones de tierra...Por esta razón, el sector más favorable para urbanizar se localiza al nororiente del municipio...Los proyectos de infraestructura que pueden incidir de forma positiva en el desarrollo urbano del municipio son la reactivación del aeropuerto, la conformación de una zona franca y la vía de la variante al llano”.

Funcionario de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de
Firavitoba.

“El crecimiento urbano del municipio de Iza ha estado limitado por tres razones... Primero, debido a la construcción de un sistema muy complejo de canales de regadío que ha generado procesos de remoción en masa e inestabilidad de los suelos... Segundo, gran parte de los predios localizados al margen de la vía principal, no se pueden urbanizar en cuanto que están ubicados sobre las tuberías del acueducto de COSERVICIOS y se debe cumplir con normas de aislamiento... Tercero, en el municipio de Iza se aprobó mediante la resolución 1811 de 2015 el plan de manejo especial de protección del centro histórico de Iza y su zona de influencia... Debido a esta resolución en el municipio solo se pueden construir viviendas de tipo colonial y no se pueden aprobar licencias de construcción que no cumplan las normas urbanísticas y arquitectónicas contempladas en la resolución”.

Funcionario de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de Iza.

Las tendencias de desarrollo urbano y la localización de los equipamientos e infraestructuras, permiten la conformación de áreas urbanas comunes entre municipios, pero se desarrollan de distinta forma dentro de los límites político administrativos, de acuerdo a los intereses particulares de cada municipio. Sin embargo, las implicaciones en el cambio de uso de suelo son las mismas para todos los municipios en la unidad paisajística de valle, donde se evidencia urbanización dispersa, fragmentación del paisaje y pérdida de suelos con vocación agrícola. Estos procesos configuran un escenario de conflictos de uso de suelo que requiere de la capacidad conjunta de decisión de todos los municipios, para intervenir las formas de ocupación urbana y cambio de uso de suelo que ocasionan este tipo de conflictos.

La combinación de los componentes funcional y espacial, define un escenario común para todos los municipios, que involucra la capacidad de integración de las unidades paisajísticas. De esta forma, el EAT estaría conformado por cinco municipios que comparten procesos comunes de desarrollo urbano con tendencia a la conurbación y patrones de desplazamiento similares de accesibilidad a equipamientos colectivos. Esta nueva forma de gobernanza, supera la visión tradicional de los límites político administrativos, al unificar las distintas visiones de desarrollo territorial en función de la estructura y configuración espacial de las unidades paisajísticas.

El objetivo del EAT para este caso, es intervenir escenarios que representan desequilibrios y conflictos territoriales, con base en estrategias de gestión y planificación conjuntas, que permitan incrementar el grado de interacción y comunicación entre los municipios, mejorar la accesibilidad a equipamientos colectivos, regular las tendencias de crecimiento urbano, definir áreas de producción agropecuaria y zonas de interés ambiental. Estos procesos constituyen los hechos de asociatividad intermunicipal que justifican la implementación de un EAT desde un enfoque funcional, espacial e integral, para el área de influencia de una ciudad media.

Capítulo III. Discusión

3.1. Hacia Nuevas Formas de Gobernanza Territorial

La asociatividad intermunicipal es una práctica que está condicionada a las formas e instrumentos de gestión y planificación que disponen los Estados para crear nuevas formas de gobernanza territorial. En Colombia, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (LOOT) N° 1454 de 2011, establece los lineamientos que promueven y regulan los EAT a diferentes escalas, como es el caso de las asociaciones de municipios, distritos, áreas metropolitanas, departamentos y regiones. Los tipos de esquemas asociativos territoriales que tienen un ámbito de aplicación válido para la asociación e integración de municipios son las áreas metropolitanas y las Provincias Administrativas y de Planeación (PAP).

Por una parte, las PAP pueden conformarse por dos o más municipios geográficamente contiguos de un mismo departamento, con el propósito de organizar conjuntamente la prestación de servicios públicos, la ejecución de obras de ámbito regional y la ejecución de proyectos de desarrollo integral, así como la gestión ambiental (Ley N° 1454 de 2011, artículo 16). Sin embargo, la LOOT no establece criterios específicos para regular la conformación y funcionamiento de las PAP, generando un vacío normativo, que conlleva a constituir las PAP mediante ordenanzas y acuerdos expedidos por los departamentos competentes, que expresan distintas visiones de desarrollo, de acuerdo a los motivos que justifican la conformación de las PAP.

Aunque no existe una ley que regule las PAP de forma general en el país, es posible evidenciar que las únicas PAP del país constituidas en el departamento de Santander y Antioquia están integradas por municipios eminentemente rurales, que comparten hechos de asociatividad relacionados principalmente con la producción agropecuaria y conservación de áreas de interés ambiental. Por ejemplo, la provincia de Cártama está integrada por 11 municipios del departamento de Antioquia, que constituye el primer intento en el país por configurar en las zonas rurales, espacios institucionales públicos sub-departamentales, con la capacidad de potenciar el desarrollo económico del sector

cafetalero y turístico, para reducir las diferentes de desarrollo asociadas a la concentración de actividades económicas y población en el área metropolitana del valle de Aburrá (CEPAL, 2021).

La falta de normatividad de las PAP no permite reconocer las potencialidades de la asociatividad y el fin esencial de este tipo de EAT. Por lo tanto, no son suficientes los soportes teóricos para considerar las PAP como un EAT válido y adecuado para el área de estudio. Además, las PAP que existen en el país, evidencian un ámbito de aplicación en entornos rurales orientados a fortalecer la gestión ambiental y potenciar el desarrollo económico, que difiere con los procesos y espacios urbanos de asociatividad que presenta la ciudad de Sogamoso y los municipios contiguos.

Por otra parte, las áreas metropolitanas pueden conformarse por un conjunto de dos o más municipios integrados en torno a un municipio definido como núcleo, que corresponde al de mayor categoría según la clasificación de municipios. La propuesta de la conformación de un área metropolitana se sustenta principalmente en los hechos metropolitanos que justifican su creación, entendiendo como aquellos fenómenos económicos, sociales, tecnológicos, ambientales, físicos, culturales, territoriales, políticos o administrativos, que afecten o impacten simultáneamente a dos o más de los municipios (Ley N° 1625 de 2013, artículo 2).

En Colombia existen seis áreas metropolitanas: Área metropolitana del Valle de Aburrá (1980), Área metropolitana de Bucaramanga (1981), Área metropolitana de Barranquilla (1981), Área metropolitana de Centro Occidente (1991), Área metropolitana de Valledupar (2005), constituidas en función de diferentes hechos metropolitanos, que responden a las necesidades particulares del contexto espacio temporal en el momento de su conformación. Sin embargo, las primeras cinco áreas metropolitanas presentan procesos de conurbación, que fusionan al menos dos centros urbanos principales de los municipios que las integran.

La dimensión urbana de las áreas metropolitanas representa uno de los hechos metropolitanos más importantes, que justifican inicialmente la implementación de este

tipo de EAT. Posteriormente, los municipios conurbados promueven la elaboración de estrategias de gestión y planificación conjuntas para regular y optimizar la prestación de servicios públicos, obras de infraestructura, sistemas de transporte y redes de comunicación, entre otros.

La figura asociativa de las áreas metropolitanas, representa hasta cierto punto un EAT adecuado para el área de estudio. En este caso, la ciudad de Sogamoso constituye el núcleo que integra los municipios contiguos, en función de los procesos y espacios que requieren de la cooperación conjunta. Los hechos metropolitanos que justifican la conformación de esta área metropolitana, hacen referencia a los desequilibrios y conflictos territoriales que configuran la distribución espacial de los equipamientos colectivos y las formas de ocupación urbana con tendencia a la conurbación.

Las competencias y funciones del área metropolitana, permiten solucionar este tipo de conflictos y desequilibrios territoriales, especialmente al integrar los planes y esquemas de ordenamiento territorial individuales, en un Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial (Anexo 5). Esta serie de competencias, también constituyen una oportunidad para promover el desarrollo integral en otros ámbitos de interés común, para todos los municipios que integran el área metropolitana. Sin embargo, la estructura organizacional y técnica de las áreas metropolitanas está diseñada para grandes aglomeraciones urbanas que tienen la solvencia económica para financiar obras de infraestructura, proyectos sociales y servicios públicos que cubren las dimensiones de los procesos de conurbación.

Las fuentes y porcentajes de financiación que le corresponde a cada municipio que integra el área metropolitana, se derivan en gran medida del presupuesto nacional, que les corresponde de acuerdo a la categoría municipal que pertenezcan (Anexo 6). Los municipios están clasificados en siete categorías de acuerdo a la relación entre la cantidad de habitantes y los ingresos corrientes anuales de libre destinación. El núcleo de las áreas metropolitanas que existen en el país está representado por municipios que pertenecen a las categorías 1 y especial, y hacen parte del grupo de ciudades más grandes del país.

Los criterios de conformación de las áreas metropolitanas como son las dimensiones de los procesos de conurbación, el área de cobertura de los proyectos de infraestructura y las condiciones financieras, no están pensadas para aglomeraciones urbanas de menor tamaño. Por lo tanto, la figura del área metropolitana tampoco constituye un EAT adecuado para el área de estudio, por una parte, el desarrollo urbano no presenta las dimensiones de procesos de conurbación consolidados y, por otra parte, la capacidad financiera para respaldar proyectos de desarrollo territorial se limita al presupuesto de municipios posicionados en categorías inferiores a 1, siendo el municipio de Sogamoso el mejor posicionado en la categoría 2.

Por esta razón, es necesario crear nuevas figuras de asociatividad territorial en función de las características funcionales y espaciales de aglomeraciones urbanas de menor tamaño, que están representadas por las ciudades medias. El caso de la ciudad de Sogamoso no es un ejemplo atípico o aislado, contemplando que el sistema urbano en Colombia está conformado en gran parte por ciudades medias, que en algunos casos configuran procesos y espacios que requieren de figuras de asociatividad enfocadas en la prevención para no replicar los errores de las grandes ciudades.

3.2. Proyección de un EAT Empleando el Modelo de Simulación Espacial para la Prestación del Servicio Público Domiciliario de Recolección y Transporte de Residuos Sólidos

La prestación de servicios públicos domiciliarios constituye una de las principales funciones que deben cumplir los municipios en gran parte de los Estados a nivel mundial. Las administraciones municipales tienen la responsabilidad de evaluar y atender constantemente la demanda de servicios públicos e infraestructura. Los costos asociados a su gestión representan una importante inversión del gasto público del presupuesto municipal. Sin embargo, las limitaciones presupuestales que pueden presentar algunos municipios, especialmente los de menor tamaño, los conduce a implementar estrategias como la asociatividad intermunicipal, que es adoptada con mayor frecuencia para gestionar servicios públicos de manera conjunta, optimizar recursos y reducir los gastos

de inversión (Bel y Fageda, 2006; Rodríguez y Tuiran, 2006; Sarra et al, 2020; Spink et al, 2009).

La asociatividad intermunicipal se realiza generalmente entre dos o más municipios, sin que el principio de continuidad espacial sea excluyente, teniendo en cuenta que se sustenta en un acuerdo económico que surge con el propósito de prestar un servicio que no puede ser atendido de forma individual (Zapata, 2017). Sin embargo, este tipo de acuerdos también puede surgir a partir de las tendencias de expansión urbana que vincula espacialmente diferentes entidades territoriales o municipios. Para este caso, la estrategia de la asociatividad intermunicipal se soporta sobre la base de unificar la prestación de servicios públicos domiciliarios como una forma de gobernanza territorial entre dos o más municipios que comparten espacios y procesos comunes de desarrollo urbano.

El crecimiento urbano implica la expansión de las redes de servicios públicos domiciliarios y tiene un impacto diferenciado en los costos de inversión, que se incrementan a medida que la superficie urbana adopta patrones de crecimiento extensivos y dispersos (Entrena-Durán, 2005). Los municipios que conforman el área de estudio disponen de sus propias redes de electricidad, acueducto, alcantarillado y sistemas de recolección de residuos sólidos. Las proyecciones de las tendencias de crecimiento urbano estiman la conformación de áreas urbanas a distancias cada vez mayores del perímetro urbano, que indica la dirección y espacios que requieren a futuro la expansión de estas redes.

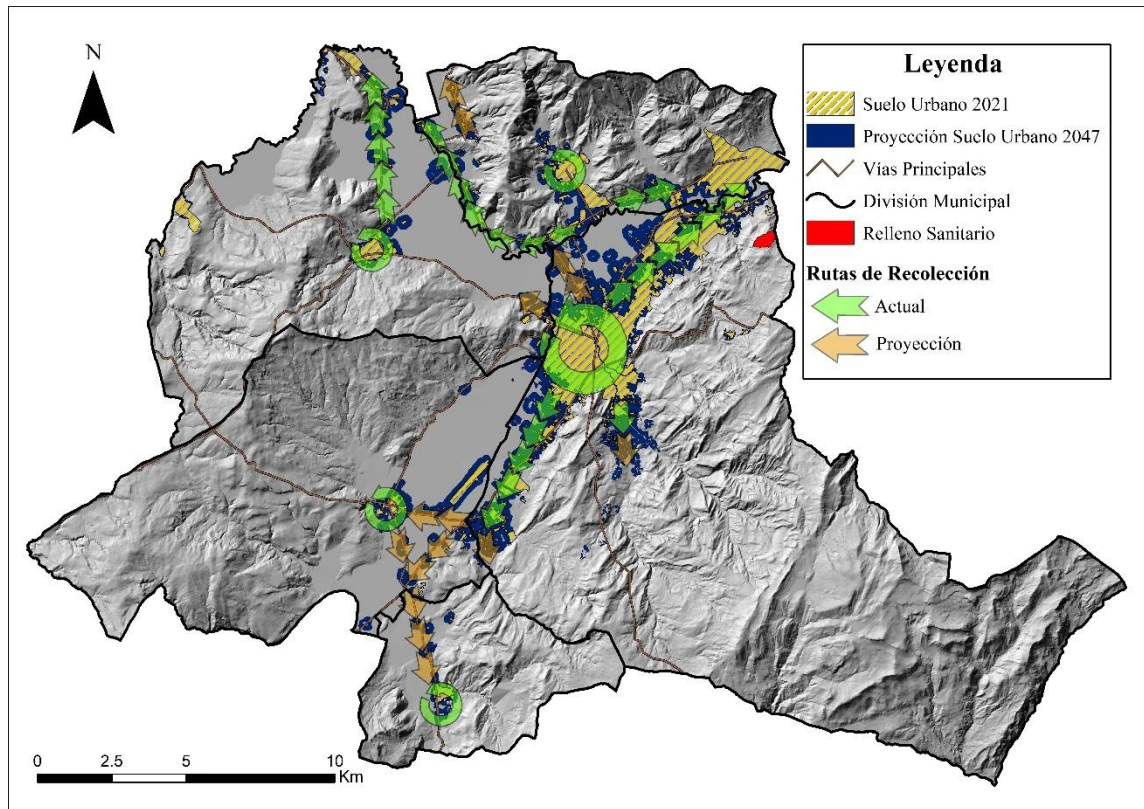
Las tendencias de expansión urbana al configurar corredores suburbanos con tendencia a la conurbación, crea la posibilidad de contemplar la implementación de un EAT con base en la prestación conjunta de servicios públicos domiciliarios, como una forma de gobernanza territorial de espacios y procesos urbanos comunes. En las condiciones actuales, cada municipio dispone de una empresa pública que gestiona todos los servicios públicos domiciliarios (electricidad, acueducto, alcantarillado y recolección de residuos sólidos) dentro de sus respectivos límites político administrativos; pero en el

marco de un EAT, esta gestión se realizaría de forma coordinada para todos los municipios.

En el caso particular de la recolección de residuos sólidos, que representa una de las actividades logísticas más críticas de los entornos urbanos, al tener un gran impacto ambiental y económico, exige a las administraciones municipales revisar y optimizar constantemente la prestación de este servicio (Lavigne et al, 2021). En este contexto, se ha logrado demostrar a través de varios estudios de caso, que la cooperación intermunicipal en la organización de sistemas de recolección, transporte y gestión de residuos sólidos contribuye a explotar economías de escala y reducir los costos de inversión (Villalba et al, 2022; Pérez et al, 2016; Zafra et al, 2013).

El sistema actual de recolección y transporte de residuos sólidos contempla dos etapas. En la primera etapa, los vehículos compactadores recolectan los residuos en las unidades domiciliarias de acuerdo con las diferentes rutas establecidas para cada municipio. La organización de las rutas se establece conforme a la distribución espacial de las áreas urbanas, definiendo dos áreas independientes de recolección, el perímetro urbano y los corredores viales suburbanos (Figura 20). En todos los municipios existe una ruta que abarca el área de los centros urbanos principales, mientras que solo los municipios de Sogamoso, Nobsa y Tibasosa tienen rutas destinadas para los corredores viales más urbanizados (Figura 20). En la segunda etapa, los vehículos después de completar las rutas se dirigen al relleno sanitario Terrazas del Porvenir localizado en el municipio de Sogamoso, que corresponde al lugar donde se realiza el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Figura 20: Proyección de las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios



Fuente: Elaboración propia.

El relleno sanitario Terrazas del Porvenir presta el servicio de vertimiento a nivel regional para la disposición final de los residuos sólidos de 43 municipios del departamento de Boyacá, con capacidad de 266,014 toneladas diarias, que corresponde a 97.095,11 toneladas anuales⁷. Las proyecciones tendenciales de pesajes que se realizan con base en el año 2014, permiten estimar una tasa de incremento anual de la disposición de los residuos sólidos para todos los municipios hasta el año 2027 (Alcaldía del Municipio de Sogamoso, 2015). Los municipios que hacen parte del área de estudio registran de manera conjunta 31.873,9 toneladas para el año 2021, producidos en un área urbana de 2.420 hectáreas. Esta cantidad representa el 55,30% de un total de 57.628

⁷ En el año 2017, se anuncia el cierre del relleno sanitario Terrazas del Porvenir, con el propósito de prevenir una eventual emergencia ambiental y sanitaria, debido al agotamiento de su capacidad. Desde esta fecha se han realizado distintas obras de intervención para ampliar la capacidad y tiempo de uso.

toneladas anuales que registran los 43 municipios que hacen uso de este relleno sanitario (Tabla 22). El incremento de la superficie urbana que estima el modelo a 5.278,8 hectáreas para el año 2047, implica un aumento de producción de residuos sólidos, que corresponde a 69.527,2 toneladas.

Tabla 22: Proyecciones de disposición de residuos sólidos 2021

Municipio	Toneladas/ año	%
Sogamoso	28.288,7	49,08
Nobsa	1.966,2	3,41
Tibasosa	1.072,7	1,86
Firavitoba	353,7	0,61
Iza	192,6	0,33
Total	31.873,9	55,30

Fuente: Alcaldía del Municipio de Sogamoso (2015).

Las proyecciones de las tendencias de crecimiento urbano estiman el incremento de la superficie urbana en los corredores viales suburbanos, que constituyen espacios de interés común para los municipios, especialmente en las inmediaciones de los límites político administrativos que presentan procesos urbanos con tendencia a la conurbación. Las nuevas áreas urbanas implican un aumento en la producción de residuos sólidos domiciliarios y, por ende, requieren de la prestación conjunta del servicio de recolección.

Estas proyecciones, permiten identificar en primera instancia, las áreas que se deben incorporar en las rutas actuales de recolección (Figura 20). Posteriormente, es posible realizar la formulación de rutas óptimas, teniendo en cuenta diversos factores como la capacidad de carga de los camiones recolectores, el tiempo de recolección y el consumo de combustible, que han sido probados en distintos estudios a través de sistemas de información geográfica (Amaral et al; 2022; Gruler et al, 2017; Lavigne et al, 2021; Zamorano et al, 2009).

Capítulo IV. Conclusiones

Los resultados de la investigación permiten identificar las relaciones funcionales y espaciales que demuestran la necesidad de implementar un Esquema Asociativo Territorial para el área de estudio. El análisis funcional evidencia la importancia de la ciudad de Sogamoso como el principal centro de atracción, al concentrar la mayor cantidad de equipamientos colectivos y servicios especializados de educación, salud y comercio. La distribución espacial de los equipamientos colectivos, determina patrones comunes de desplazamiento, configurando un sistema de interacción monocéntrico entorno a la ciudad de Sogamoso, que representa la dirección de flujo más próxima que tienen los municipios contiguos para acceder particularmente a los equipamientos colectivos que disponen de servicios especializados.

El método aplicado resulta innovador para determinar hechos asociativos funcionales, al integrar en el análisis de redes y flujos la distribución espacial de los equipamientos colectivos de varios municipios bajo una visión conjunta de interacción y desarrollo. Los patrones de desplazamiento, representan las condiciones de accesibilidad desde las estaciones de transporte de los centros urbanos principales hasta los equipamientos colectivos más próximos. Sin embargo, este análisis se puede especificar empleando una matriz origen destino, para modelar los patrones de movilidad desde los hogares como puntos de demanda hasta los equipamientos colectivos como puntos de oferta, de acuerdo con el motivo real de desplazamiento y frecuencia.

Este tipo de análisis puede contribuir a mejorar las condiciones de acceso de la población a los servicios que disponen los equipamientos colectivos. Los tiempos de desplazamiento constituye un patrón de referencia que permite identificar factores de localización de equipamientos colectivos para generar una distribución espacial más equitativa, como también para organizar el sistema de transporte público de acuerdo a las necesidades de la población a nivel regional.

La distribución espacial de los usos de suelo en las unidades paisajísticas, configura un patrón común para todos los municipios, que se evidencia principalmente en

el predominio de los usos urbano y agrícola en la unidad de valle, mientras que bosque y área abierta en la unidad de montaña media, que les corresponde a los municipios. Esta distribución espacial, también incide en el comportamiento de los procesos de cambio que presenta cada municipio, especialmente en la unidad paisajística de valle, donde el incremento de la superficie urbana implica una disminución de la agrícola, así mismo, en la unidad de montaña media el aumento de la superficie de bosque repercute en la pérdida de área abierta.

El escenario de simulación espacial proyectado para el año 2047, muestra un comportamiento congruente, por una parte, con las tendencias de cambio de uso de suelo registradas en el periodo 1976-2021 y, por otra parte, con los factores explicativos y la ponderación de pesos relativos. De esta forma, es posible evidenciar que los procesos de expansión urbana se concentran principalmente en torno al centro urbano principal y al margen de las vías de acceso, específicamente en las áreas que cumplen con las condiciones óptimas del tamaño predial y la pendiente. Estos procesos conforman varios corredores suburbanos con tendencia a la conurbación, que configuran espacios de urbanización dispersa, fragmentación del paisaje y pérdida de suelos con vocación agrícola.

El modelo de simulación espacial permite analizar procesos de cambio de uso de suelo desde una visión multitemporal, multiescalar y multifactorial, para comprender procesos de desarrollo urbano como hechos de asociatividad intermunicipal. La forma de emplear este tipo de herramientas de modelación marca un precedente en los escasos estudios y metodologías propuestas para analizar procesos de cambio de uso de suelo con una visión prospectiva, como también para diseñar e implementar Esquemas Asociativos Territoriales en Colombia.

La forma de emplear e interpretar los resultados del modelo resulta innovadora, al comprender que la dinámica urbana permite identificar hechos de asociatividad intermunicipal, que presentan implicaciones en la prestación de servicios públicos domiciliarios, como es el caso de la recolección y transporte de residuos sólidos, y se

deben regular de manera conjunta bajo la forma de gobernanza territorial de la asociatividad intermunicipal.

Los Esquemas Asociativos Territoriales que tienen un ámbito de aplicación válido para la asociación de municipios, como son las Provincias Administrativas y de Planificación y las áreas metropolitanas, no se ajustan a las condiciones funcionales y espaciales del contexto del área de estudio. Por una parte, las Provincias Administrativas y de Planificación no tienen normas de conformación, organización y funcionamiento que permitan reconocer las potencialidades y el fin esencial de la asociatividad de este tipo de Esquemas Asociativos Territoriales. Además, las Provincias Administrativas y de Planificación que existen en el país no representan un antecedente que pueda implementarse, considerando que se conforman de forma generalizada a partir de hechos de asociatividad con un enfoque ambiental y económico.

Por otra parte, las áreas metropolitanas presentan criterios de conformación, organización y funcionamiento planeados para grandes aglomeraciones urbanas, que no son aplicables a aglomeraciones de menor tamaño, como el área de estudio, asumiendo que las áreas metropolitanas se constituyen sobre la base de procesos de conurbación consolidados y tienen la capacidad técnica y financiera para regular este tipo de áreas urbanas. Por esta razón, se concluye que es necesario crear nuevas figuras de asociatividad intermunicipal, de acuerdo con las características funcionales y espaciales del área de influencia de aglomeraciones urbanas de menor tamaño, como es el caso de las ciudades medias.

Esta propuesta constituye una oportunidad para avanzar en el estudio del ordenamiento territorial en Colombia, desde el enfoque de la asociatividad intermunicipal, que permita superar las limitaciones de la división político administrativa tradicional, que condiciona las estrategias de gestión y planificación del territorio en función de límites históricos que no consideran una relación espacial y funcional con los territorios que representan.

En este sentido, debe cobrar importancia la capacidad de integración territorial de las unidades paisajísticas, para encontrar hechos de asociatividad funcionales y espaciales que requieran de la implementación de un Esquemas Asociativos Territoriales. Por otra parte, las ciudades medias se deben reconocer desde la normatividad estatal como aglomeraciones urbanas particulares, que inciden en el ordenamiento y transformación del territorio más allá de los límites político administrativos, debido a las funciones de intermediación y los procesos de expansión urbana que involucran otras entidades territoriales.

Referencias

- Alarcón, O., & González, H. (2018). El desarrollo económico local y las teorías de localización. Revisión teórica. *Revista Espacios*, 39(51), 4. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n51/a18v39n51p04.pdf>
- Alberti, M. (1999). Modeling the Urban Ecosystem: A Conceptual Framework. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26(4), 605–629. <https://doi.org/10.1068/b260605>
- Alcaldía del Municipio de Sogamoso. (2015). Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos- PGIRS - del municipio de Sogamoso- Boyacá. <https://www.sogamoso-boyaca.gov.co/planes/actualizacion-del-plan-de-gestion-integral-de-residuos>
- Aguayo, M., Wiegand, T., Azócar, G., Wiegand, K., & Vega, C. (2007). Revealing the driving forces of mid-cities urban growth patterns using spatial modeling: A case study of los ángeles, chile. *Ecology and Society*, 12(1). <https://doi.org/10.5751/es-01970-120113>
- Altschuler, B. (2013). Territorio y desarrollo: aportes de la geografía y otras disciplinas para repensarlos. *Theomai*, 27-28, 64–79. http://revista-theomai.unq.edu.ar/NUMERO_27-28/Altschuler.pdf
- Amaral, C., Isabel, M., Cunha, D., & Cunha, R. (2022). Performance and its determinants in the Portuguese municipal solid waste utilities. *Waste Management*, 139, 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.020>
- Arango, G. (2013). Salvemos el espacio rur urbano colombiano. *Cuadernos De Vivienda Y Urbanismo*, 1(2). Recuperado a partir de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/5499>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2007). Plan Integral de Desarrollo Metropolitano – METRÓPOLI 2008 – 2020. <https://www.metropol.gov.co/planeacion/Documents/plan-metropoli-2008-2020.pdf>
- Arias, K., & Garrido, L. (2019). What propels municipal governments to collaborate? The case of thematic environmental association in chile. *Lex Localis - Journal of Local Self-Government*, 17(1), 139–157. [https://doi.org/10.4335/17.1.139-157\(2019\)](https://doi.org/10.4335/17.1.139-157(2019))

- Arias, K., Retamal, K., & Ramos, C. (2019). Cooperación inter-municipal en América Latina: estado del arte y desafíos futuros de la investigación. *Revista de Administração Pública*, 53(3), 575-591. <https://doi.org/10.1590/0034-761220180042>
- Avalos, A., Gómez, M., Aguilera, F., & Flores, F. (2019). Simulación del crecimiento urbano de la zona metropolitana Tepic-Xalisco, México. *Estudios Geográficos*, 80(287), 021. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201938.018>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2015). *Universo de ciudades emergentes*. <https://es.scribd.com/document/371756587/Actualizacion-Universo-de-Ciudades-ICES#>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2016). *Guía metodológica del Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles*. <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>
- Barreto, C. (2014). *Conformación del empresariado del sector siderúrgico y su papel en los procesos de modernización social, económica y administrativa, en el corredor industrial de Boyacá, 1960 – 1990*. [Tesis Doctoral]. Universidad EAFIT Escuela de Administración Medellín Colombia.
- Batty, M. (2009). Urban Modeling. In N. Thrift, & R. Kitchin (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography* (pp. 51-58). Oxford, UK: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-008044910-4.01092-0>
- Bel, G., & Fageda, X. (2006). Between privatization and intermunicipal cooperation: Small municipalities, scale economies and transaction costs. *Urban Public Economics Review*, (6), 13-31. <https://www.redalyc.org/pdf/504/50400601.pdf>
- Bellet, C. (2012). Las ciudades Intermedias en los tiempos de la Globalización. En J. Llop y E. Usón (Eds.), *Ciudades Intermedias. Dimensiones y Definiciones* (pp. 224-251). Lleida: Editorial Milenio.
- Bellet, C., & Llop, J. (2004). Ciudades intermedias: entre territorios concretos y espacios globales. *Ciudad y territorio: Estudios territoriales*, 141-142, 569-582. <http://hdl.handle.net/10459.1/68441>

- Bellet. C., & Llop. J. (2004b). Miradas a otros espacios urbanos: Las ciudades intermedias. *Scripta Nova revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 8, 157-180. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-165.htm>
- Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*, 29(86), 37-49. <https://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/1265>
- Bock, S. (2006). “City 2030”—21 cities in quest of the future: New forms of urban and regional governance. *European Planning Studies*, 14(3), 321–334. <https://doi.org/10.1080/09654310500420818>
- Blanco, A., Carrillo, J., & Díaz, J. (2005). La asociación de municipios de la línea: una experiencia de desarrollo local. *Opera*, 5(5), 137–160. Recuperado a partir de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/opera/article/view/1464>
- Bustamante, S. (2006). *Hacia una política pública de asociatividad en Colombia: Propuestas para el fortalecimiento de las asociaciones de municipios*. FCM, GTZ. <https://es.slideshare.net/krmn01/30-pag-hacia-una-politica-publica-asociatividad1-de-los-muniicpios-30-pag1>
- Briassoulis, H. (2000). Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. Web Book of Regional Science. Regional Research Institute, West Virginia University.
- Camargo, G. (1934). *Geografía histórica de Sogamoso*. Editorial Sugamuxi.
- Camargo, G. (1961). *Del Barro al Acero: en la Roma de los Chibchas: Evolución socio-histórica de un pueblo colombiano*. Tunja: Imprenta Departamental.
- Capel, H. (2009). Las pequeñas ciudades en la urbanización generalizada y ante la crisis global. *Investigaciones geográficas*, (70), 07-32. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n70/n70a2.pdf>
- Calix, J. (2016). *Los enfoques de desarrollo en América Latina - hacia una transformación social-ecológica*. Fundación Friedrich Ebert en México. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/12549.pdf>

- Centro de Políticas Públicas UC. (2015). *Asociatividad Municipal: herramienta para la inversión local*. <https://politicaspublicas.uc.cl/publicacion/asociatividad-municipal-potencialidades-para-la-inversion-y-el-desarrollo-local/>
- Colucci, A. (Octubre, 2012). *Territorio y redes de articulación intermunicipal, en la provincia de Santiago del Estero* [Presentación de paper]. 11th Annual International Conference of Territorial intelligence of INTI, "Territorial intelligence and globalization tensions, transition and transformation", La Plata, Argentina. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00966118>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). *Configuración territorial de las provincias de Colombia Ruralidad y redes*. https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/configuracion_territorial_de_las_provincias_de_colombia.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). *La Provincia de Cartama, Antioquia Colombia. Vínculos y tejidos rurales-urbanos para el desarrollo territorial*. https://www.cepal.org/sites/default/files/document/files/la_provincia_de_cartama_antioquia_colombia.pdf
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYÁCA). (2006). *Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha*.
- Chacón, A., & Cravacuore, D. (Eds.). (2016). *El asociativismo intermunicipal en América Latina*. Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana. https://www.academia.edu/27514094/EL_ASOCIATIVISMO_INTERMUNICIPAL_EN_AM%C3%89RICA_LATINA
- Cravacuore, D. (2006). Análisis del asociativismo intermunicipal en Argentina. *Medio Ambiente y Urbanización*, 64 (1), 3-16. <https://www.ingentaconnect.com/contentone/iieal/meda/2006/00000064/00000001/art00002>

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (1938). *Censo nacional de población y vivienda 1938*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (1951). *Censo nacional de población y vivienda 1951*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (1964). *Censo nacional de población y vivienda 1964*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (1985). *Censo nacional de población y vivienda 1985*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (1993). *Censo nacional de población y vivienda 1993*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2005). *Censo nacional de población y vivienda 2005*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Censo nacional de población y vivienda 2018*.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2013). *Definición legal y funcional de los esquemas asociativos de entidades territoriales en Colombia*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/DEFINICI%C3%93N%20LEGAL%20Y%20FUNCIONAL%20DE%20LOS%20ESQUEMAS%20ASOCIATIVOS%20DE%20ENTIDADES%20TERRITORIALES%20EN%20COLOMBIA.pdf>
- Demazière, C. (2018). Strategic Spatial Planning in a Situation of Fragmented Local Government: The Case of France. *disP - The Planning Review*, 54 (2), 58-76,
<https://doi.org/10.1080/02513625.2018.1487645>
- Duque, N. (2017). Importancia de la categorización territorial para la descentralización y las relaciones intergubernamentales en Colombia. *Revista Derecho del Estado*, (38), 67–95.
<https://doi.org/10.18601/01229893.n38.03>

- Eastman, J. (2012). *IDRISI Selva GIS and image processing software version 17.0*. Clark Labs. Worcester, Mass. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/IDRISI-Selva-Spanish-Manual.pdf>
- Entrena-Durán, F. (2005). Procesos de periurbanización y cambios en los modelos de ciudad: un estudio europeo de casos sobre sus causas y consecuencias. *Papers: revista de sociología*, (78), 59-88, <https://raco.cat/index.php/Papers/article/view/40273>
- Flórez, A. (2003). *Colombia: evolución de sus relieves y sus modelados*. Universidad Nacional del Colombia, Unilibros. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53415>
- Gómez, M., & Barredo, J. (2006). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. (2ª ed.). México: Alfaomega Ra-ma.
- González, A (2011). *Nuevas percepciones del territorio, Espacio social y el Tiempo. Un estudio desde los conceptos tradicionales (o clásicos) hasta su concepción en el siglo XXI* [Presentación de paper]. VI Jornadas de Jóvenes Investigadores, Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. <https://www.aacademica.org/000-093/199.pdf>
- González, M., Castro, E., & Munévar, C. (2018). Dinámicas de autosegregación residencial en espacios periurbanos de la ciudad de Manizales, Colombia. *Revista ESPACIOS*. 39 (45), 12. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n45/a18v39n45p12.pdf>
- Gomis, A. (2017). Sistemas mediterráneos de cooperación intermunicipal: las Mancomunidades valencianas y las Communautés francesas. *GeoGraphos. Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 8(92), 1-27. <https://doi.org/10.14198/geogra2017.8.92>
- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20-22), 3761–3772. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.09.009>
- Grin, J., & Abrucio, F. (2017). La cooperación intermunicipal en Brasil frente al espejo de la historia: antecedentes críticos y la dependencia de la trayectoria de la creación de la ley

- de los consorcios públicos, *Revista Políticas Públicas*. 10(2), <https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/politicas/article/view/3124>
- Gruler, A., Fikar, C., Juan, A., Hirsch, P., & Contreras, C. (2017). Supporting multi-depot and stochastic waste collection management in clustered urban areas via simulation–optimization. *Journal of Simulation*, 11(1), 11–19. <https://doi.org/10.1057/s41273-016-0002-4>
- Henríquez, C. (2014). *Modelando el crecimiento de ciudades medias. Hacia un desarrollo urbano sustentable*. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Hernández, J. (2006). El asociativismo intermunicipal en Colombia. En R. Quintero (Ed.), *Asociativismo Municipal en América Latina Gobiernos locales y Sociedad Civil* (pp. 134-156). Ediciones Abya-Yala. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=abya_yala
- Hurtado, J. (2010). *Metodología de la investigación, guía para una comprensión holística de la ciencia*. (3ª ed.) Ediciones Quirón - Sypal.
- Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. (2016). *Dinámicas de las áreas metropolitanas en Colombia* (Debates sobre Gobierno Urbano, número 9). <https://www.institutodeestudiosurbanos.info/observatorio-de-gobierno-urbano/publicaciones-de-debates-urbanos/1407-debates-de-gobierno-urbano-9/file>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). *Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.
- Kerner, D. (2003). La CEPAL, las empresas transnacionales y la búsqueda de una estrategia de desarrollo latinoamericano. *REVISTA DE LA CEPAL*. (79), 85-99. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/10877-la-cepal-empresas-transnacionales-la-busqueda-estrategia-desarrollo>

- Labianca, M. (2014). Inter-municipal cooperation: from cooperation through rules to cooperation through networks – empirical evidence from Puglia. *Regional Studies, Regional Science*, 1 (1), 184-206. <https://doi.org/10.1080/21681376.2014.952769>
- Lavigne, C., Beliën, J., & Dewil, R. (2021). An exact routing optimization model for bio-waste collection in the Brussels Capital Region. *Expert Systems with Applications*, 183, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115392>
- Lazzarini, L., & Chiarini, C. (2017). The reorganization of development rights at intermunicipal level: Different scenarios for an alternative land-use forecast in seriana valley in italy. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 12(03), 406–415. <https://www.witpress.com/elibrary/sdp-volumes/12/3/1475>
- Ley N.º 1454. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (28 de junio de 2011). <https://minvivienda.gov.co/normativa/ley-1454-2011>
- Ley N.º1625. Ley Régimen para las Áreas Metropolitanas. (29 de abril de 2013). <https://www.curaduria2piedecuesta.com/single-post/ley-1625-de-2013-expedida-el-29-de-abril>
- Linares, S., & Picone, N. (2018). Modelización de la expansión urbana y su impacto en el paisaje natural mediante Sistemas de Información Geográfica y Autómatas Celulares. Caso de estudio: Tandil, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 6(1), 5-25. <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/view/45>
- Llop, J., Iglesias, B., Vargas, R., & Blanc, F. (2019). Las ciudades intermedias: concepto y dimensiones. *Ciudades*, (22), 23–43. <https://doi.org/10.24197/ciudades.22.2019.23-43>
- Lotero, J., Gómez, A., Giraldo, P., & Ramírez, J. (2021). La provincia de Cartama-Antioquia Colombia (Documento de Trabajo – Bogotá). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://www.cepal.org/sites/default/files/document/files/la_provincia_de_cartama_antioquia_colombia.pdf

- Loubet, L. (2013). L'apprentissage de la coopération intercommunale: modalités et instruments. *L'espace politique*. 18 (3). <https://doi.org/10.4000/espacepolitique.2454>
- Macuacé, R. (2019). Los espacios rururbanos en Colombia: algunos elementos para su discusión: The rurban spaces in Colombia: Some elements for discussion. *Procesos Urbanos*, 6(6), 33-41. <https://doi.org/10.21892/2422085X.455>
- Maturana, F., Sposito, M., Henriquez, C., Bellet, C., & Arenas, F. (Eds.). (2017). *Sistemas urbanos y ciudades medias en Iberoamérica*. Editorial Serie GEOLibros. https://geografia.uc.cl/images/GeoLibros/GEOLibros_CIUDADES%20MEDIAS.pdf
- Manet, L. (2014). Modelos de desarrollo regional: teorías y factores determinantes. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 23(46), 18–57. <https://doi.org/10.20983/noesis.2014.2.1>
- Méndez, R. (2010). La dimensión urbana del desarrollo territorial: significado actual de las ciudades de tamaño intermedio y las periferias metropolitanas. En C, Cornejo., J, Morán, J. Prada. (Eds.). *Ciudad, territorio y paisaje* (pp. 137-134). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=422416>
- Miklos, T., & Tello, M. (1996). *Planeación prospectiva: una estrategia para el diseño del futuro*. Limusa.
- Moncayo, E. (2001). *Evolución de los paradigmas y modelos interpretativos del desarrollo territorial*. Dirección de Gestión Local y Regional del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.
- Montes, C., & Duque, M. (2015). Ciudades resilientes en el antropoceno: mito o realidad. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 47(183), 9–22. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76390>
- Montoya, J. (2013). El sistema urbano colombiano frente a la globalización: reestructuración económica y cambio regional. *Cuadernos De Vivienda Y Urbanismo*, 6(12), 302-320. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/7038>

- Montoya, J., & Duque, I. (2017). El subsistema de ciudades medias en Colombia y su integración al sistema urbano nacional. En F. Maturana., M, Sposito., C, Henríquez., C, Bellet., F, Arenas. (Eds.). *Sistemas urbanos y ciudades medias en Iberoamérica* (pp. 110-145). Editorial Serie GEOlibros.
- Montañez, G. (1997). Geografía y medio ambiente. En M, Franco., A. Flórez., G, Montañez., A, Rodríguez., R. Torres. (Eds.). *Geografía y ambiente. Enfoques y perspectivas*. Universidad de la Sabana
- Montañez, G., & Delgado, O. (1998). Espacio, territorio y región: conceptos básicos para un proyecto nacional. Cuadernos de Geografía: *Revista Colombiana de Geografía*, 7(1- 2), 120-134. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/70838>
- Montañez, G. (2001). *Espacios y Territorios: Razón, Pasión e Imaginarios*. Universidad Nacional de Colombia.
- Moret, N. (2008). *Intermunicipalismo y Cooperación Internacional* [Presentación de paper]. Anuario 2007 del Observatorio de la Cooperación Descentralizada, Unión Europea-Latina. https://dhls.hegoa.ehu.eus/uploads/resources/4725/resource_files/Moret_Intermunicipalismo_y_Cooperaci%C3%B3n.pdf?v=63736640816
- Moreno, A. (2012). Las estructuras administrativas de la cooperación intermunicipal en Europa: panorama general y aspectos destacados. *Anuario Aragonés del Gobierno Local*, (4), 213-256. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4737776>
- Paegelow, M. & Camacho, M. (Eds.). (2008). *Modelling Environmental Dynamics*. Springer-Verlag. Berlín.
- Pérez, G., Prior, D., Zafra, J., & Plata, A. (2016). Cost efficiency in municipal solid waste service delivery. Alternative management forms in relation to local population size. *European Journal of Operational Research*, 255(2), 583–592. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.05.034>

- Pontius, R., Boersma, W., Castella, J., Clarke, K., Nijs, T., Dietzel, C., ... Verburg, P. (2008). Comparing the input, output, and validation maps for several models of land change. *Annals of Regional Science*, 42(1), 11–37. <https://doi.org/10.1007/s00168-007-0138-2>
- Pontius, R., & Santacruz, A. (2014). Quantity, exchange, and shift components of difference in a square contingency table. *International Journal of Remote Sensing*, 35(21), 7543–7554. <https://doi.org/10.1080/2150704x.2014.969814>
- Posada, A., Campuzano, A., & Berrocal, A. (2017). Gestión territorial mediante estrategia de asociatividad para Casanare - Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.382>
- Puertas, O., Henríquez, C., & Meza, F. (2014). Assessing spatial dynamics of urban growth using an integrated land use model. Application in Santiago Metropolitan Area, 2010–2045. *Land Use Policy*, 38, 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.024>
- Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Sogamoso (POT). (2018). <https://pot.sogamoso.org/>
- Quesada, M. (2009). El panteón lingüístico chibcha y sus vecinos. *LETRAS*, (4)5, 11–24. <https://doi.org/10.15359/rl.1-45.1>
- Quintero, R. (Ed.). (2006). *Asociativismo Municipal en América Latina*. Ediciones Abya-Yala. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=abya_yala
- Ramírez, B. (2015). *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo*. UNAM, Instituto de Geografía. <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/blanca-uam.pdf>
- Raffestin, C. (1993). *Por uma geografia do poder*. Atica.
- Ramos, R., Palomeque de la Cruz, M., Núñez, J., & Sánchez, R. (2019). Análisis geomático espacial del cambio de uso del suelo en Huimanguillo, Tabasco (2000-2010-2030). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.555>

- Rodríguez, J. (2012). Caracterización del poblamiento y la metropolización del territorio del Área Metropolitana de Bucaramanga. *IUSTITIA*, (10), 9. <https://doi.org/10.15332/iust.v0i10.876>
- Rodríguez, E., & Tuiran, R. (2006). La cooperación intermunicipal en México Barreras e incentivos en la probabilidad de cooperar. *Gestión y Política Pública*, 15(2), 393-409. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8279878>
- Rojas, C., Martínez, M., De la Fuente, H., Schäfer, A., Aguilera, F., Fuentes, G., Peyrín, C., & Carrasco, J. (2019). Accesibilidad a equipamientos según movilidad y modos de transporte en una ciudad media, Los Ángeles, Chile. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(1), 177–200. <https://doi.org/10.5209/aguc.64682>
- Saaty, R. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Salazar, E., Henríquez, C., Sliuzas, R., & Qüense, J. (2020). Evaluating Spatial Scenarios for Sustainable Development in Quito, Ecuador. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 141. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030141>
- Sarra, A., Mazzocchitti, M., & Nissi, E. (2020). A methodological proposal to determine the optimal levels of inter-municipal cooperation in the organization of solid waste management systems. *Waste Management*, 115, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.024>
- Souza, M. (1995). O território: sobre o espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. En I, Castro et al (orgs). *Geografia: conceitos e temas* (pág. 77 – 116). Bertrand brasil.
- Spink, P., Teixeira, M., & Clemente, R. (2009) Governança, governo ou gestão: o caminho das ações metropolitanas. *Cadernos Metrópole*, 11 (22), 453-476. <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/5943>
- Sposito, M. (2004). Novos conteúdos na periferia urbana de cidades de médio porte do Estado de São Paulo, Brasil. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía-UNAM*. (54), 114-139. <https://doi.org/10.14350/rig.30185>

- Sposito, M. (2010). Novas redes urbanas: cidades médias e pequenas no processo de globalização. *GEOGRAFIA*, 35, (1) 51-62. <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/4817/5178>
- United Nations (ONU), Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210043144/read>
- Vargas, G. (2012). Espacio y territorio en el análisis geográfico. *Reflexiones*, (91), 313– 326. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72923937025>
- Verburg, P., Schot, P., Dijst, M., & Veldkamp, A. (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61(4), 309– 324. <https://doi.org/10.1007/s10708-004-4946-y>
- Villalba, M., Dijkstra, G., Scholten, P., & Sucozhañay, D. (2022). The effectiveness of inter-municipal cooperation for integrated sustainable waste management: A case study in Ecuador. *Waste Management*, 150, 208– 217. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.07.008>
- Zafra, J., Prior, D., Díaz, A., & López, A. (2013). Reducing costs in times of crisis: delivery forms in small and medium sized local governments' waste management services. *Public Administration*, 91(1), 51–68. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.2011.02012.x>
- Zamorano, M., Molero, E., Grindlay, A., Rodríguez, M., Hurtado, A., & Calvo, F. (2009). A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, 54(2), 123– 133. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.07.001>
- Zapata, O. (2017). Las provincias y las áreas metropolitanas en Colombia: potencias para la integración y el desarrollo. *Revista Políticas Públicas*, 10(2). <https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/politicas/article/view/3126>

Anexos

Anexo 1: Ciudades medias de Colombia según rango de población (100.000-1000.000)

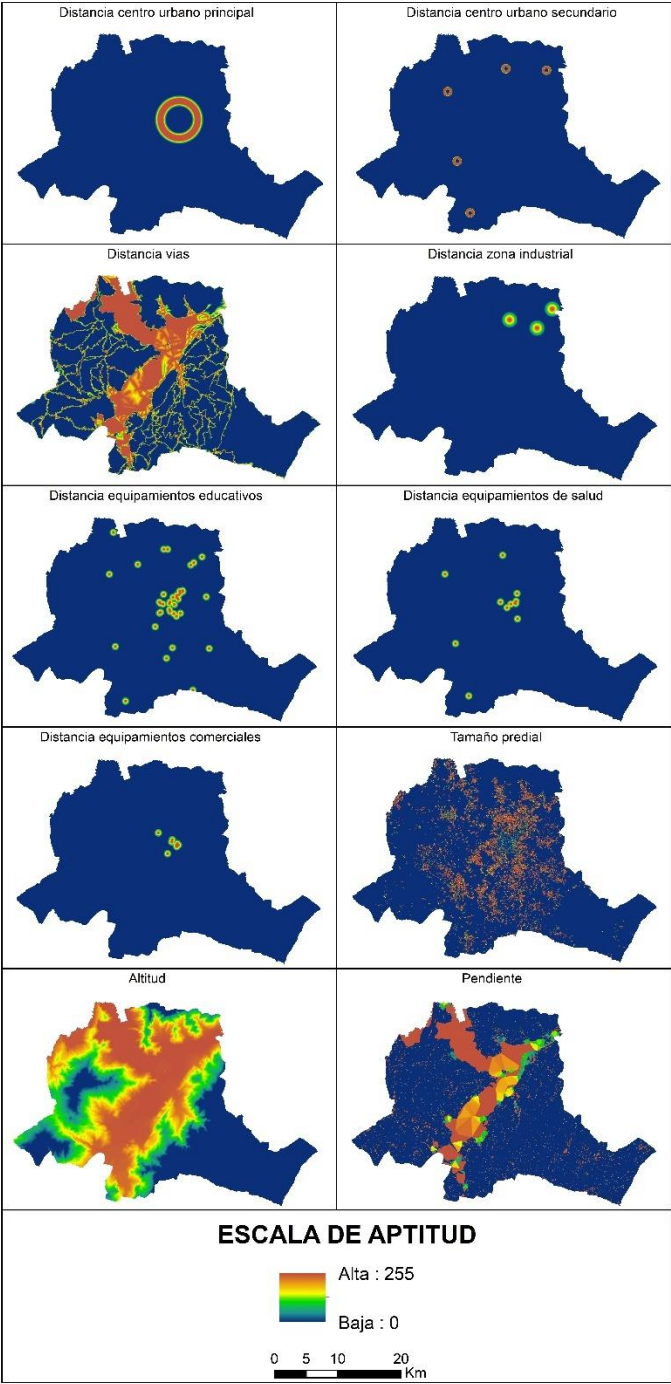
Departamento	Municipio	Población Total	Urbana	Centro Poblado	Rural
Magdalena	Ciénaga	118.435	104.722	5.148	8.565
Boyacá	Duitama	117.606	104.063	3.077	10.466
Cundinamarca	Madrid	109.696	100.746	4.701	4.249
Valle del Cauca	Buga	115.821	101.098	10.183	4.540
Norte de Santander	Ocaña	111.643	100.104	2.131	9.408
Choco	Quibdó	120.679	108.450	3.018	9.211
Boyacá	Sogamoso	120.462	106.794	1.456	12.212
Valle del Cauca	Cartago	118.803	115.979	450	2.374
Atlántico	Malambo	119.920	112.799	4.269	2.852
Bolívar	Magangué	128.003	88.193	35.036	4.774
Cundinamarca	Zipaquirá	129.652	106.083	16.921	6.648
Cundinamarca	Chía	129.613	104.527	13.810	11.276
Cundinamarca	Mosquera	128.893	126.858	405	1.630
Cundinamarca	Fusagasugá	134.658	113.216	5.356	16.086
Cundinamarca	Facatativá	136.041	123.797	5.242	7.002
Valle del Cauca	Jamundí	131.806	101.730	17.360	12.716
Santander	Girón	150.610	131.821	5.746	13.043
Caquetá	Florencia	156.789	139.843	2.044	14.902

Casanare	Yopal	156.942	133.345	6.821	16.776
Boyacá	Tunja	167.991	160.661	-	7.330
Santander	Piedecuesta	157.425	128.019	9.876	19.530
Guajira	Maicao	159.223	96.897	5.629	56.697
Guajira	Riohacha	177.573	121.417	15.870	40.286
Santander	Barrancabermeja	199.564	175.631	11.489	12.444
Valle del Cauca	Tuluá	187.159	155.925	21.365	9.869
Risaralda	Dosquebradas	194.890	184.278	3.229	7.383
Antioquia	Envigado	212.437	202.733	1.732	7.972
Antioquia	Itagüí	263.332	236.688	22.504	4.140
Sucre	Sincelejo	274.622	248.033	18.954	7.635
Quindío	Armenia	275.641	268.445	2.667	4.529
Santander	Floridablanca	275.109	264.478	3.944	6.687
Valle del cauca	Buenaventura	258.445	214.833	22.826	20.786
Cauca	Popayán	277.270	230.298	20.442	26.530
Valle del cauca	Palmira	302.642	237.162	55.734	9.746
Huila	Neiva	314.526	294.905	11.861	7.760
Nariño	Pasto	352.326	274.200	50.914	27.212
Caldas	Manizales	400.436	375.432	8.962	16.042
Risaralda	Pereira	409.670	337.149	43.170	29.351
Córdoba	Montería	433.723	355.317	37.835	40.571

Cesar	Valledupar	459.349	401.588	31.720	26.041
Magdalena	Santa marta	479.853	439.052	26.592	14.209
Tolima	Ibagué	500.686	469.251	7.176	24.259
Meta	Villavicencio	451.212	419.657	15.557	15.998
Antioquia	Bello	481.901	461.138	12.300	8.463
Santander	Bucaramanga	528.855	519.111	3.187	6.557
Atlántico	Soledad	535.984	535.131	-	853
Cundinamarca	Soacha	645.205	640.143	1.907	3.155
Norte de Santander	Cúcuta	629.414	607.236	14.764	7.414

Fuente: DANE (2018).

Anexo 2: Factores normalizados de la EMC empleada en el uso de suelo urbano



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Datos de la validación del modelo de simulación

Nº	Celdas	1995	2021R	2021S	Categoría
1	16.727.638	0	0	0	-
2	143	0	2	0	A
3	600.312	1	1	1	E
4	209.227	3	1	1	B
5	3.809	3	2	1	C
6	814.505	3	3	1	D
7	805	3	4	1	C
8	35	5	5	1	D
9	15.193	1	1	2	D
10	4.976	2	1	2	A
11	4.676	3	1	2	C
12	2.060	4	1	2	C
13	1.447.624	2	2	2	E
14	10.727	3	2	2	B
15	733.884	4	2	2	B
16	23.328	2	3	2	A
17	245.739	3	3	2	D
18	64.040	4	3	2	C
19	57.023	2	4	2	A
20	843	3	4	2	C
21	1.140.152	4	4	2	D
22	4.466	5	5	2	D
23	68	1	1	3	D
24	106.802	3	1	3	A

25	34.120	3	2	3	A
26	607	4	2	3	C
27	5.974.259	3	3	3	E
28	12	4	3	3	B
29	2.428	3	4	3	A
30	8.238	4	4	3	D
31	4.726	5	5	3	D
32	21.102	1	1	4	D
33	5.738	4	1	4	A
34	325.257	4	2	4	A
35	153.975	4	3	4	A
36	7.901.486	4	4	4	E
37	3.391	5	5	4	D
38	19.718	1	1	5	D
39	104.332	5	5	5	E

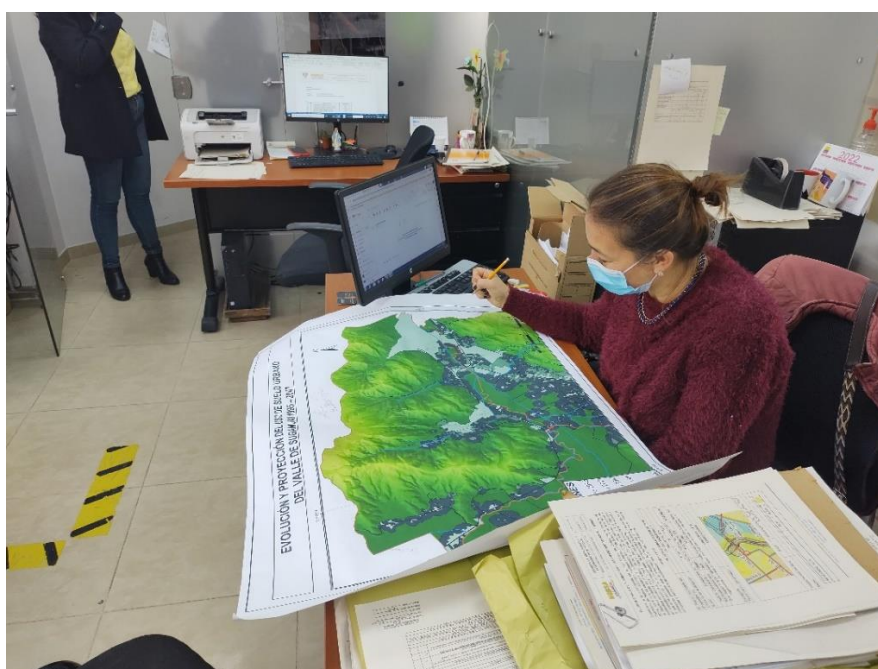
A	<i>Error</i>	<i>Change/Percistence</i>	<i>Misses</i>
B	<i>Correcto</i>	<i>ChangeX/ChangeX</i>	<i>Hits</i>
C	<i>Error</i>	<i>ChangeX/ChangeY</i>	<i>Wrong Hits</i>
D	<i>Error</i>	<i>Percistence/Change</i>	<i>False Alarms</i>
E	<i>Other</i>	<i>Percistence/Percistence</i>	<i>Correct Rejection</i>

Anexo 4. Socialización de los resultados de la investigación

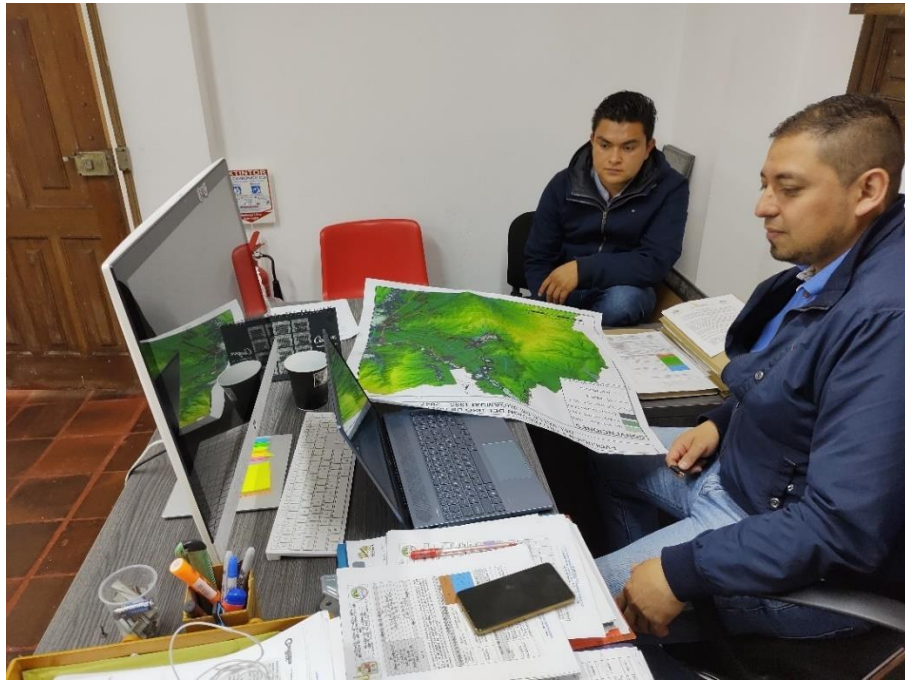
- Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de Sogamoso



- Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de Nobsa



- Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de Tibasosa



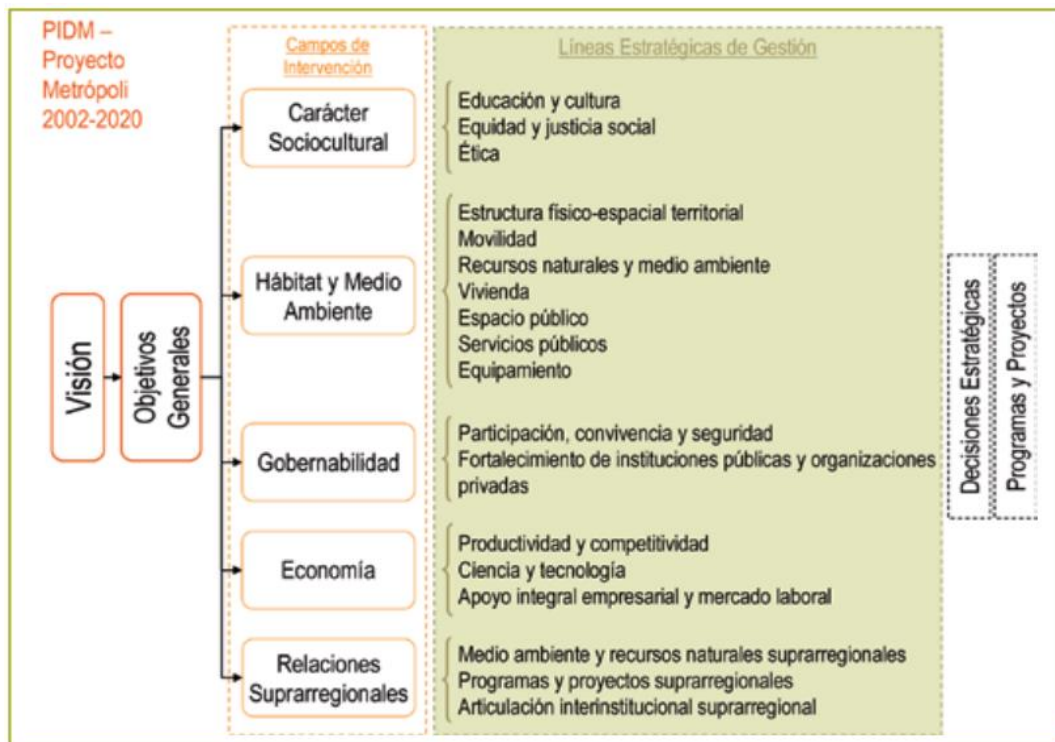
- Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de Firavitoba



- Secretaría de Planeación e Infraestructura Física del Municipio de Iza



Anexo 5. Esquema gráfico metropolitano del Valle de Aburrá



Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2007).

Anexo 6. Marco normativo de categorización municipal

Grupo	Categoría municipal	Población (Nº de habitantes)	Ingresos corrientes de libre destinación	Importancia económica
Primer grupo: municipios grandes	Especial	>= 500.001	>400.000	Grado uno
	Primera	100.001-500.000	100.000-400.000	Grado dos
Segundo grupo: municipios intermedios	Segunda	50.001-100.000	50.000-100.000	Grado tres
	Tercera	30.001-50.000	30.000-50.000	Grado cuatro
	Cuarta	20.001-30.000	25.000-30.000	Grado cinco
Tercer grupo: municipios básicos	Quinta	10.001-20.000	15.000-25.000	Grado seis
	Sexta	=<10.000	=<15.000	Grado siete

Fuente: Duque (2017).