

HECHOS METROPOLITANOS: INSUMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÁMBITO TERRITORIAL INDICATIVO



ODUR

Observatorio de Dinámicas
Urbano Regionales



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
PLANEACIÓN



HECHOS METROPOLITANOS: INSUMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÁMBITO TERRITORIAL INDICATIVO

María Mercedes Jaramillo Garcés
Secretaria de Planeación Distrital

Beatriz Yadira Díaz Cuervo
Subsecretaria de planeación Socioeconómica

Consuelo Ordoñez de Rincón
Directora de Integración Regional, Nacional e Internacional

Cristhian Ortega Ávila
Coordinador ODUR

Arq. MSc. Sergio Moreno
PhD. MSc. Andrés Domínguez
Erika Liliana Angarita Mora
Equipo de Trabajo
Dirección de Integración Regional, Nacional e Internacional

Bogotá 2021



ODUR

Observatorio de Dinámicas
Urbano Regionales



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
PLANEACIÓN



Contenido

INTRODUCCIÓN

REVISIÓN DE LITERATURA

MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍA

Análisis de umbrales para las variables

Variables incluídas en el análisis

Población 2020

Recaudo ICA 2019

Saldo Neto Migratorio 2018

Disposición de residuos sólidos 2020

Viajes de carga 2019

Abastecimiento de alimentos 2020

Porcentaje de ocupados que trabajan en Bogotá 2017

Número de viajes de personas 2019

Análisis de resultados

Municipios contiguos con mayor número de interdependencias

Resultados comparativos

Análisis de componentes principales

Primer y segundo corte:

Tercer corte:

Cuarto y quinto corte:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

REFERENCIAS

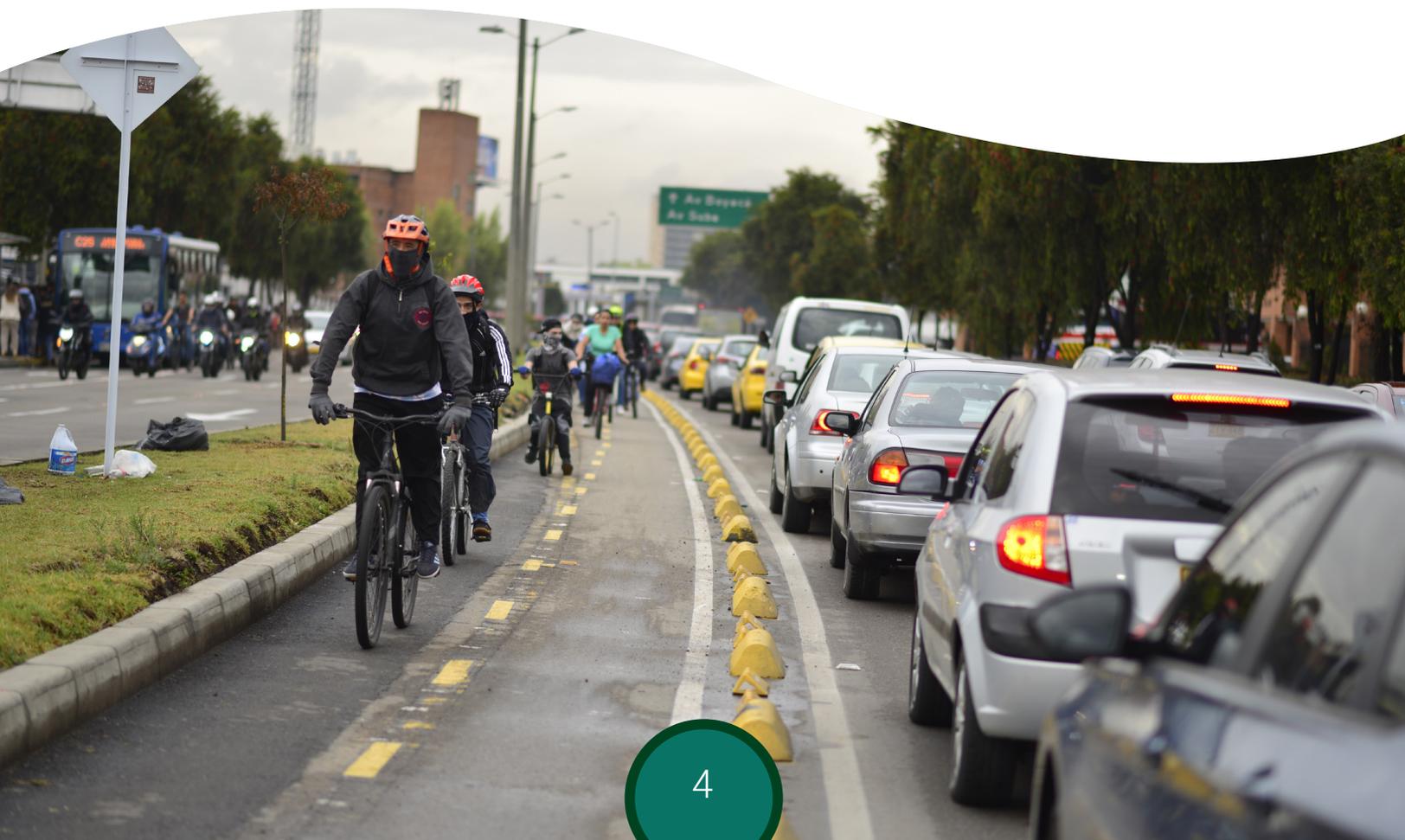
INTRODUCCIÓN

Las ciudades son un potente motor de desarrollo económico para los países. Concentran un importante porcentaje de la población y de la producción interna. En esa dinámica de importancia y crecimiento se expanden y generan efectos positivos en términos de productividad, oportunidades de empleo, especialización e innovación y efectos negativos, entre otros: la congestión vehicular, delincuencia, la presión por urbanizar suelos agrícolas o áreas protegidas, entre otros.

En este contexto, se requieren estrategias

de política territorial para evitar procesos de conurbación entre áreas urbanas y esfuerzos que permitan alcanzar un ideal común. Lo anterior para garantizar un futuro mejor y más sostenible en términos sociales y económicos, en el que todas las personas gocen de igualdad de derechos y de acceso a los beneficios y oportunidades que las ciudades pueden ofrecer (ONU-Hábitat, 2017).

En el contexto nacional, Bogotá es la ciudad más importante del país en cuanto a la participación en el Producto Interno Bruto (PIB) que se encuentra alrededor del



26% en 2019, y el porcentaje de población del 15% según proyecciones del DANE (a partir del Censo 2018). Esta significativa participación genera importantes relaciones de interdependencia funcional con los municipios del entorno más próximo.

El objetivo de este documento es presentar un análisis que permita identificar el alcance de los fenómenos socioeconómicos de interdependencia entre Bogotá y los municipios de Cundinamarca: un ámbito territorial indicativo en donde estos fenómenos se presentan con mayor intensidad. Este análisis se enmarca en lo que la OCDE (2012) denomina área urbana funcional policéntrica (polycentric functional urban area), que son áreas en las cuales las infraestructuras de transporte y la provisión de servicios están organizadas con respecto a uno o múltiples centros urbanos conectados.

Para obtener una aproximación al ámbito territorial metropolitano de la región de Bogotá, se identificaron variables con las cuales es posible obtener un umbral de interdependencia entre algunos municipios de Cundinamarca y Bogotá. De esta manera, es posible construir una variable discreta a partir de una variable



continua, lo que permite diferenciar las interacciones funcionales significativas de aquellas que son marginales o poco significativas. Los resultados son relevantes para el diseño de política pública, puesto que los recursos destinados a financiar programas y proyectos son limitados, escasos y concentrados. Esto obliga a definir, en términos territoriales e institucionales, hasta donde y de qué manera se redistribuyen los recursos de manera progresiva y democrática.



El objetivo de este documento es presentar un análisis que permita identificar el alcance de los fenómenos socioeconómicos de interdependencia entre Bogotá y los municipios de Cundinamarca: un ámbito territorial indicativo en donde estos fenómenos se presentan con mayor intensidad. Este análisis se enmarca en lo que la OCDE (2012) denomina área urbana funcional policéntrica (polycentric functional urban area), que son áreas en las cuales las infraestructuras de transporte y la provisión de servicios están organizadas con respecto a uno o múltiples centros

urbanos conectados.

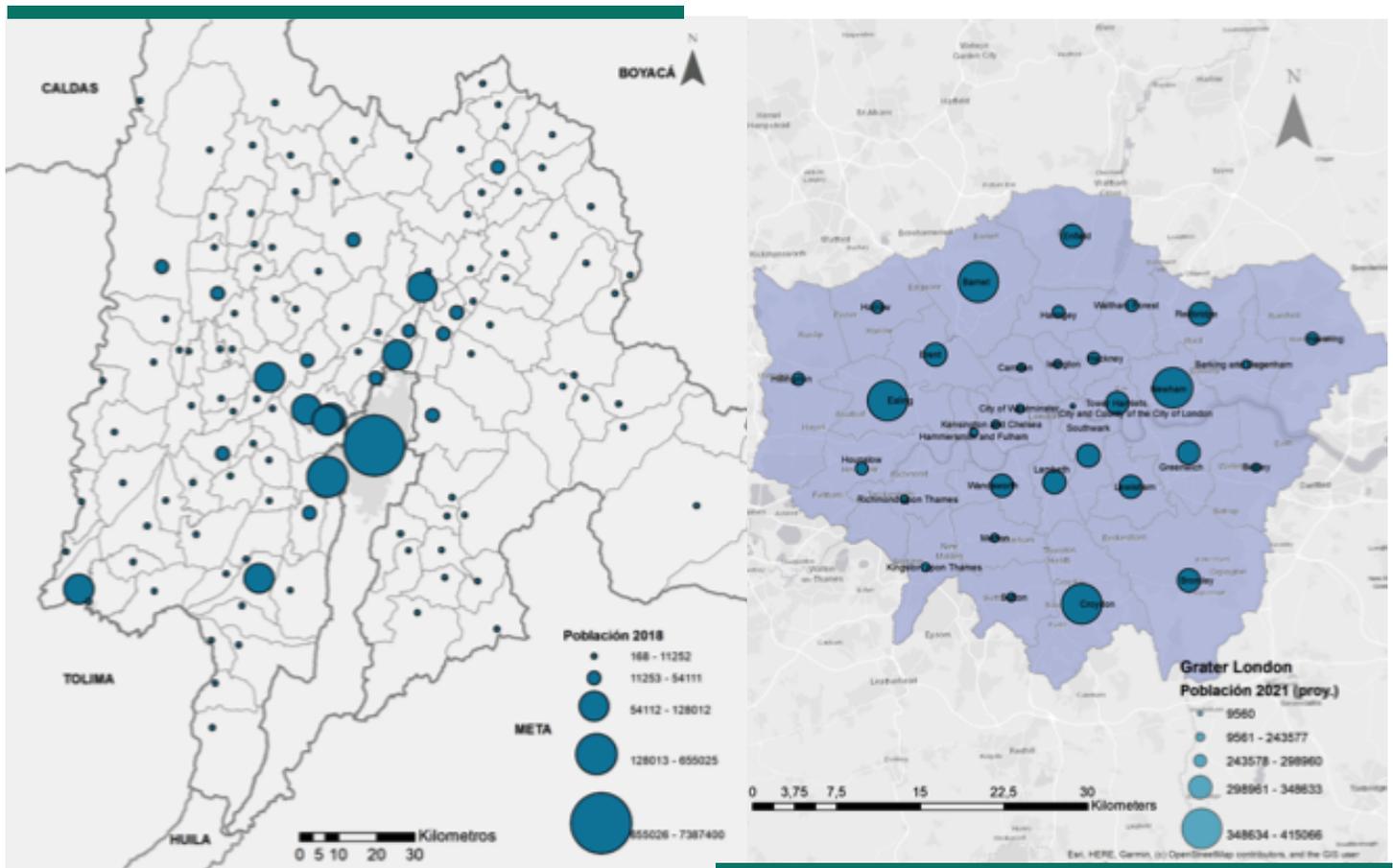
Para obtener una aproximación al ámbito territorial metropolitano de la región de Bogotá, se identificaron variables con las cuales es posible obtener un umbral de interdependencia entre algunos municipios de Cundinamarca y Bogotá. De esta manera, es posible construir una variable discreta a partir de una variable continua, lo que permite diferenciar las interacciones funcionales significativas de aquellas que son marginales o poco significativas. Los resultados son relevantes

para el diseño de política pública, puesto que los recursos destinados a financiar programas y proyectos son limitados, escasos y concentrados. Esto obliga a definir, en términos territoriales e institucionales, hasta donde y de qué manera se redistribuyen los recursos de manera progresiva y democrática.

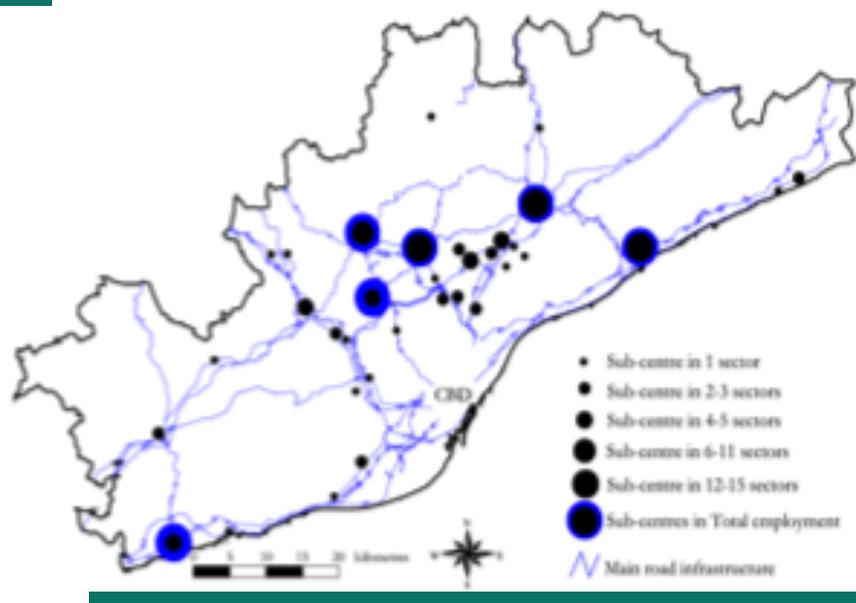
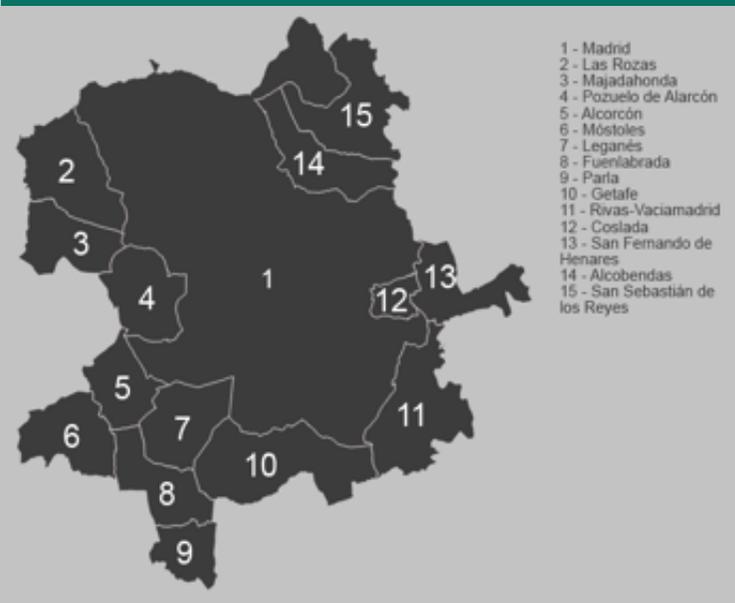
En los paneles inferiores se presenta un esquema del área metropolitana de Madrid con aproximadamente 7 millones

de habitantes en una extensión de 7,882 km² según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2020. Por último, un mapa de identificación de centros y subcentros de empleo en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB), un estudio realizado por García-López & Muñiz (2013). Según los datos del INE en 2020, la AMB ocupa un área de 2,618 km² donde residen aproximadamente 5 millones de personas.

Figura 1- Bogotá y Cundinamarca, Gran Londres y áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona.



Fuente: ODUR, Office for National Statistics of The UK (population estimates), área metropolitana de Madrid, y García-López & Muñiz (2013).



Fuente: ODUR, Office for National Statistics of The UK (population estimates), área metropolitana de Madrid, y García-López & Muñiz (2013).

Es importante mencionar que en el año 2021 las administraciones de Bogotá y de Cundinamarca se encuentran en un proceso de conformación del régimen asociativo Región Metropolitana Bogotá Cundinamarca (RMBC). En este régimen asociativo, el ingreso de los municipios es optativo y condicionado a la definición que la respectiva Ley Orgánica reglamentaria incluya sobre los fenómenos de interacción funcional denominados Hechos Metropolitanos.

En el proceso de formulación de la Ley Orgánica la administración Distrital y la Gobernación de Cundinamarca han consensuado siete grandes áreas temáticas de interrelaciones funcionales. De este conjunto se decanta un enfoque híbrido de cohesión territorial y de entendimiento de las dinámicas territoriales compartidas. Sin embargo, la evaluación costo-beneficio

por parte de cada municipio para optar incorporarse a la RMBC está sujeto a las discusiones entre los diferentes actores relevantes en cada territorio que participan en la construcción de la Ley. En este contexto cohabitan fundamentalmente los siguientes cuatro puntos:

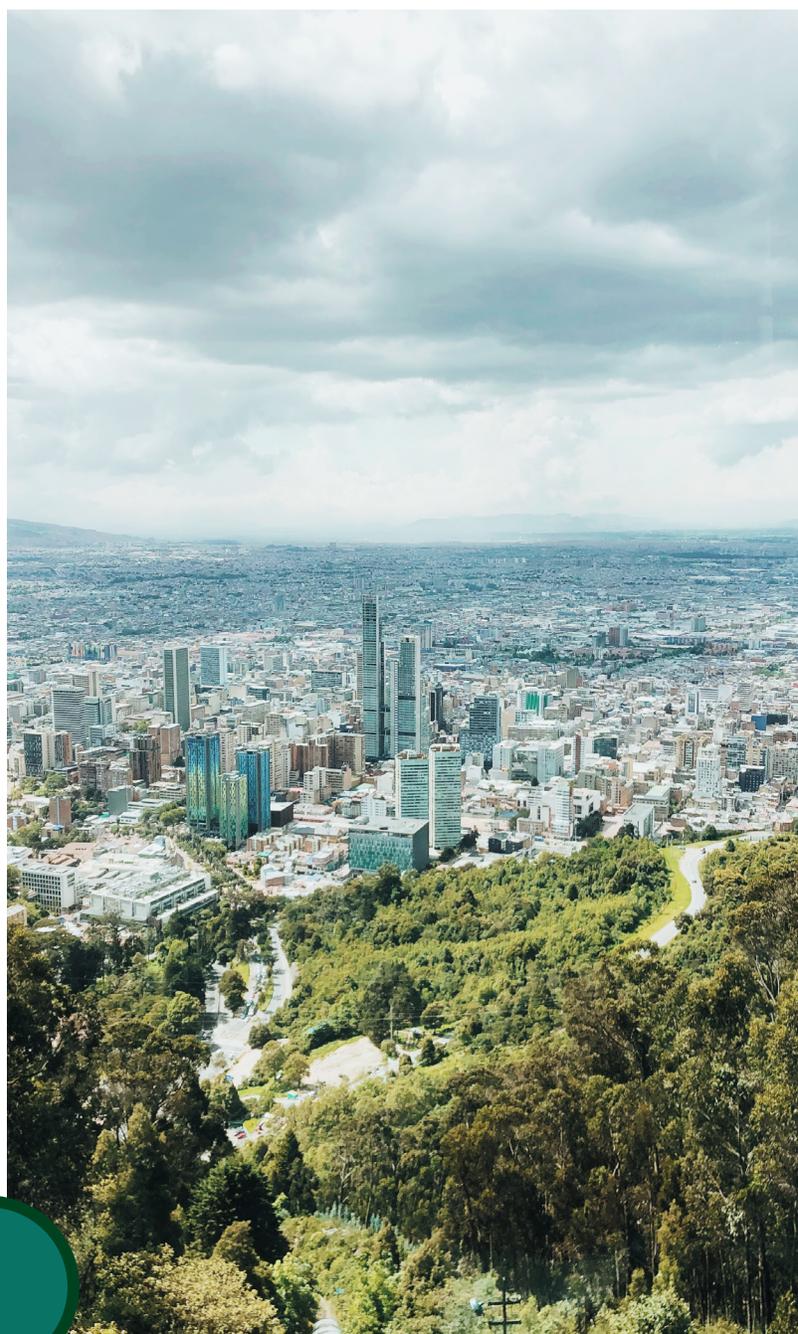
- Disminuir brechas en el desarrollo económico de los municipios.
- Incrementar la eficiencia en las fuertes relaciones de interdependencia municipal.
- Continuidad ambiental y conectividad ecosistémica.
- La administración conjunta de recursos limitados.

Es necesario enfatizar que este documento se desarrolló con la necesidad empírica de identificar los municipios de mayor interdependencia en cada área temática y que potencialmente tendrían mayor interés en conciliar y acordar estrategias conjuntas de una estructura asociativa o de integración supramunicipal. El alcance territorial de cada fenómeno corresponde a los análisis y discusiones que se han llevado a cabo preliminarmente en el proceso de construcción de la Ley Orgánica y que coinciden con otros documentos técnicos desarrollados por los diversos actores interesados en el proceso de regionalización-metropolización-articulación. Estos análisis se han realizado teniendo en cuenta los diferentes estudios o publicaciones de alcance regional y la disponibilidad de datos. No obstante, la decisión de un umbral definitivo a nivel administrativo en cualquier instrumento de relacionamiento supramunicipal es un asunto discrecional respaldado por el consenso político. Por tanto, los resultados presentados en este documento deberán entenderse como un insumo técnico. Insumo de trazabilidad de la discusión sobre las potenciales funciones que tendría una estructura de articulación supramunicipal, como la RMBC, y el ámbito espacial correspondiente a cada fenómeno como vía hacia el soporte en los procesos de declaración de hechos metropolitanos.

Además de la presente introducción, el documento contiene cuatro secciones: la revisión de literatura especializada que

permite fijar los conceptos y alcances; un marco de referencia teórico sobre la configuración de estructuras espaciales regionales; y la propuesta metodológica que es el principal objetivo de este documento. Por último, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones de política.

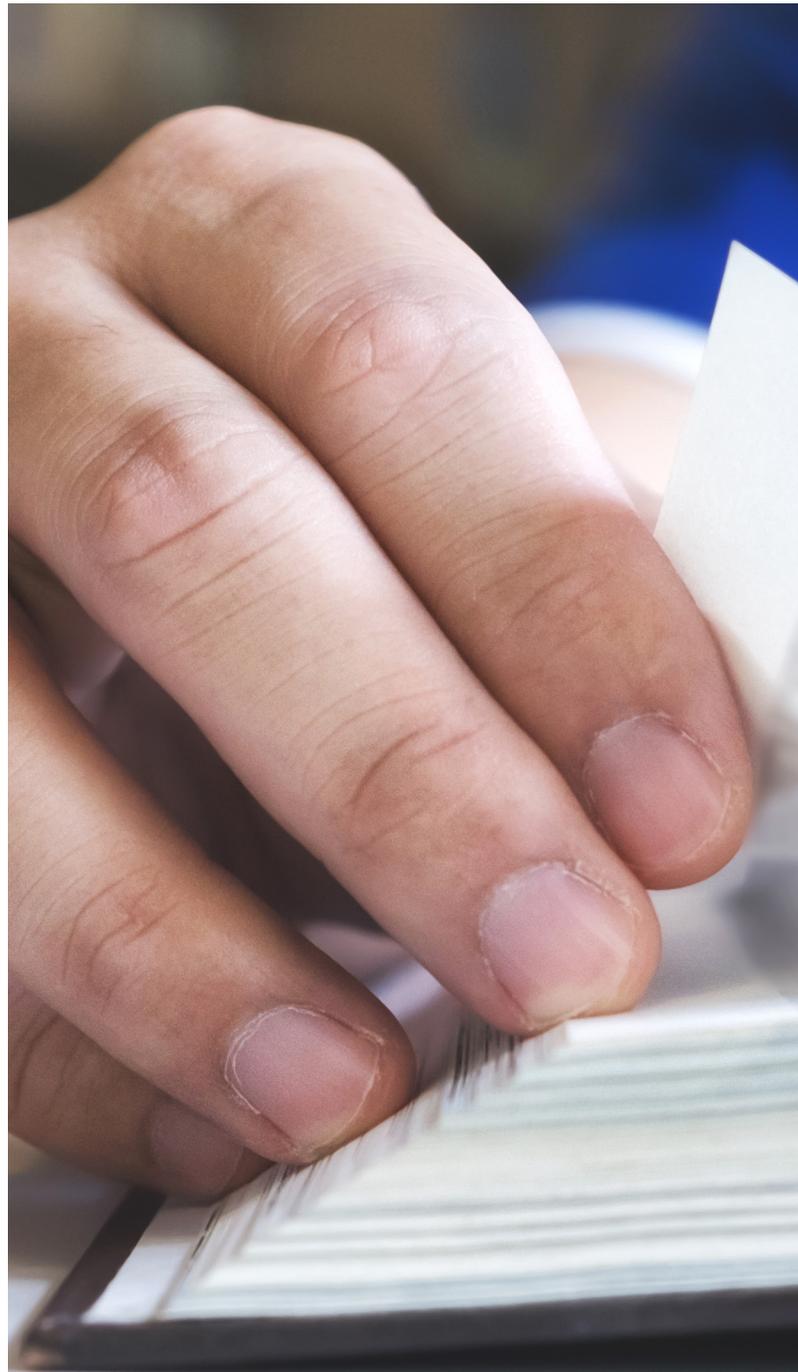
¹Acto Legislativo No. 2, del 22 de julio de 2020. "Por El Cual Se Modifica El Artículo 325 De La Constitución Política De Colombia Y Se Dictan Otras Disposiciones". Congreso de Colombia.



REVISIÓN DE LITERATURA

El concepto de jerarquía dentro de un conjunto de centros urbanos fue objeto de estudio para autores clásicos como Christaller (1933) y Losch (1940). Los estudios en esta línea de investigación han tenido continuidad en la teoría del lugar central ocupándose de: la dimensión y la frecuencia de los centros de cada nivel jerárquico y el área de mercado de cada uno de ellos; la distancia media entre centros de igual o distinto nivel jerárquico; y su distribución geográfica (Camagni, 2005). En este contexto, cada centro principal o núcleo de una aglomeración se caracteriza por la alta concentración de actividad económica, especialmente de actividad económica de mayor jerarquía, a partir del cual se extiende de manera progresiva hacia los centros de menor jerarquía.

Autores como Bertaud (2018) señalan que, en las economías de mercado, el efecto combinado entre las fuerzas generadas por los mercados y las decisiones administrativas determinan las estructuras espaciales en un territorio. A partir de lo cual, el aprovechamiento de las ventajas de la localización y el crecimiento del mercado dan origen a estructuras regionales policéntricas desde lo morfológico y lo funcional. Por un lado, lo morfológico en la literatura se relaciona con el equilibrio relativo de las ciudades en variables económicas o demográficas. Por otro lado, el análisis basado en la funcionalidad de una región se dirige al análisis de





la integración que presenta la ciudad principal con las ciudades secundarias y a su vez las ciudades secundarias entre sí (Zhao & Chen 2011; Burger et al. 2011; Xingjian et al. 2016).

El concepto de jerarquía dentro de un conjunto de centros urbanos fue objeto de estudio para autores clásicos como Christaller (1933) y Losch (1940). Los estudios en esta línea de investigación han tenido continuidad en la teoría del lugar central ocupándose de: la dimensión y la frecuencia de los centros de cada nivel jerárquico y el área de mercado de cada uno de ellos; la distancia media entre centros de igual o distinto nivel jerárquico; y su distribución geográfica (Camagni, 2005). En este contexto, cada centro principal o núcleo de una aglomeración se caracteriza por la alta concentración de actividad económica, especialmente de actividad económica de mayor jerarquía, a partir del cual se extiende de manera progresiva hacia los centros de menor jerarquía.

Autores como Bertaud (2018) señalan que, en las economías de mercado, el efecto combinado entre las fuerzas generadas por los mercados y las decisiones administrativas determinan las estructuras espaciales en un territorio. A partir de lo cual, el aprovechamiento de las ventajas de la localización y el crecimiento del mercado dan origen a estructuras regionales policéntricas desde lo morfológico y lo funcional. Por un lado, lo morfológico en la literatura se relaciona con el equilibrio relativo de las ciudades en variables

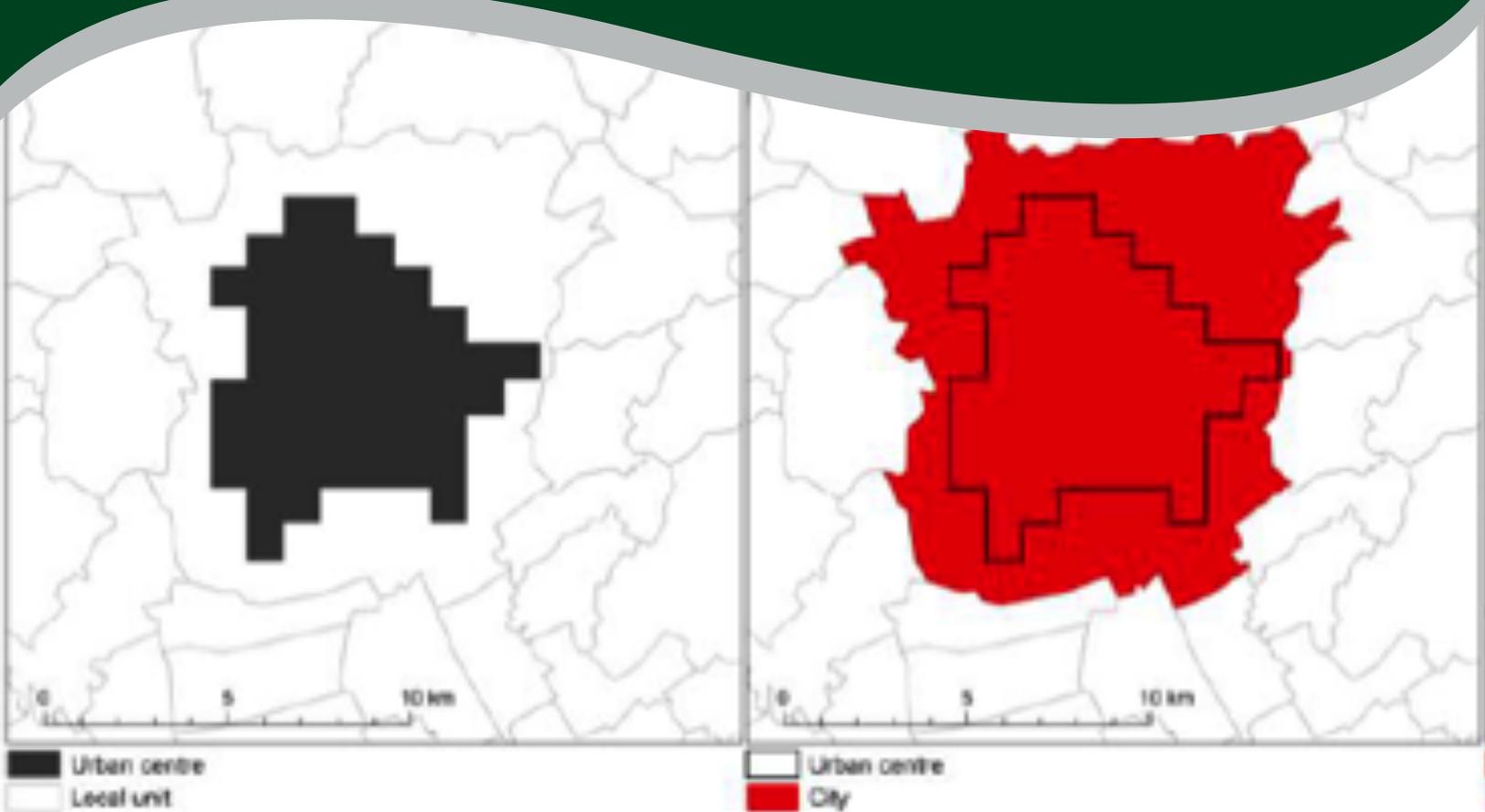


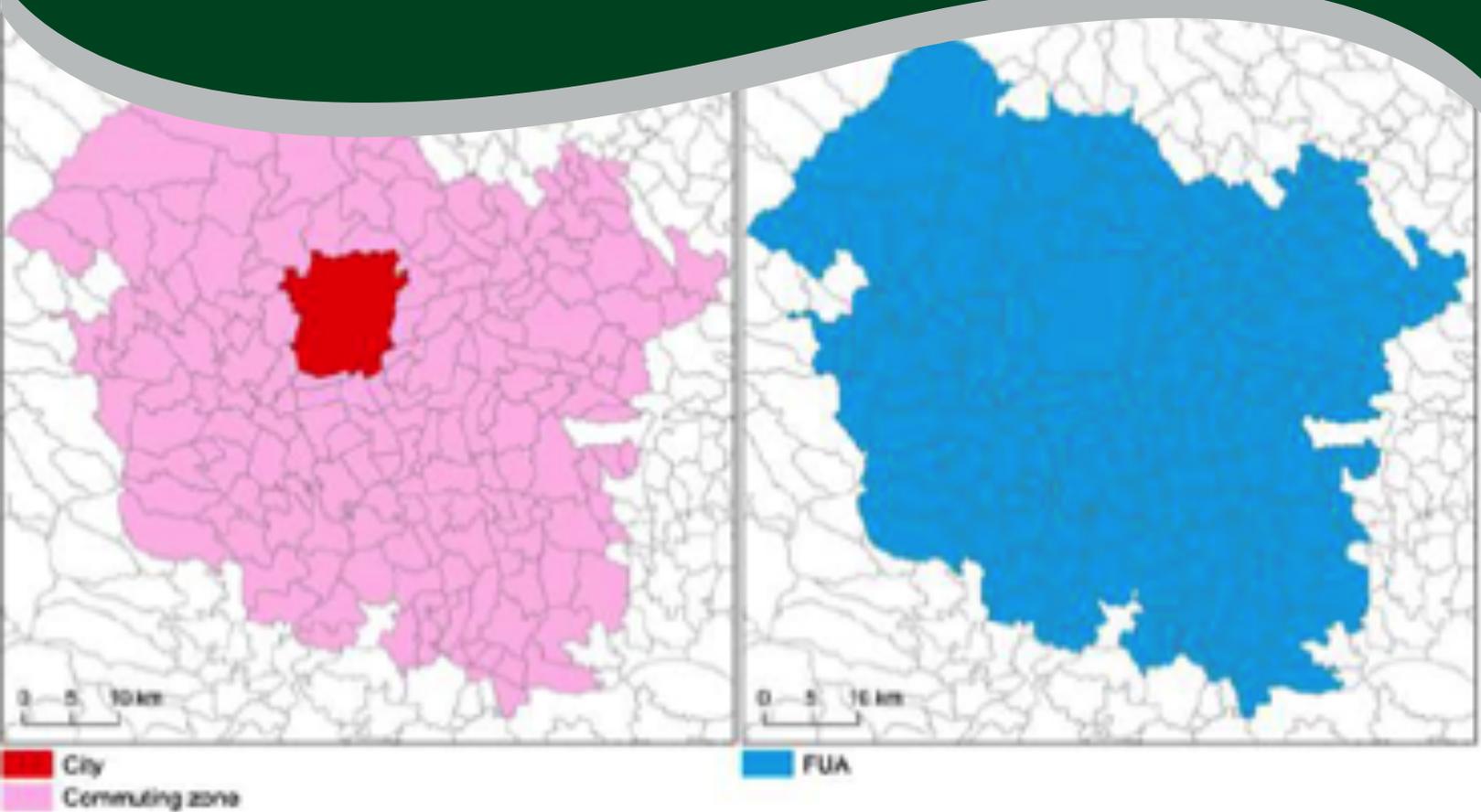
Figura 2- Centro urbano, ciudad, zona de conmutación y FUA de Graz en Australia.

económicas o demográficas. Por otro lado, el análisis basado en la funcionalidad de una región se dirige al análisis de la integración que presenta la ciudad principal con las ciudades secundarias y a su vez las ciudades secundarias entre sí (Zhao & Chen 2011; Burger et al. 2011; Xingjian et al. 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, las regiones policéntricas guardan información de su evolución, a partir de la cual se pueden responder interrogantes relacionados con el tamaño de los centros, la interconexión funcional de estos o la escala regional del fenómeno policéntrico (Münter & Volgman, 2020). Si bien, las condiciones originarias de la región se mantienen como en el caso de tamaños relativos de población o importancia económica, la aparición y

consolidación de subcentros regionales permite que se presten funciones locales de los centros dominantes.

Ahora bien, aunque existe amplia literatura en cuanto a la identificación de centros y subcentros de actividad económica en una estructura urbana (McDonald, 1987; McDonald & McMillen, 1990; Giuliano & Small, 1991; McMillen, 2001) y la identificación de centros y subcentros en una estructura espacial metropolitana o regional (Muñiz et al., 2003; Meijers, 2005; García-López & Muñiz, 2007; Roca et al., 2009; García-López & Muñiz, 2013; Ban et al., 2017), es menos abundante la literatura que aborda de manera explícita el interés conceptual para definir o delimitar el alcance de las interacciones funcionales entre la ciudad principal y su entorno regional.



Fuente: Dijkstra et al. (2019).

En esta dirección, es interesante mencionar el trabajo de Phillips (1974), quien utilizó información sobre la circulación de periódicos como una medida de la influencia metropolitana. Metodologías más actuales, como la propuesta por Bode (2008), utilizan información de precios del suelo (la proporción del precio atribuible a las aglomeraciones urbanas, bajo el supuesto que esta variable refleja condiciones de interacción entre localizaciones) y el nivel potencial de conmutación en un contexto metropolitano.

En línea con lo anterior, Eurostat (2017) y Dijkstra et al. (2019) presentan una metodología para la definición del Área Urbana Funcional (FUA, por las siglas en inglés) que utiliza las siguientes variables: densidad poblacional en una retícula de

un kilómetro cuadrado, los límites de las unidades político administrativas y los flujos de ocupados a un lugar de trabajo en una unidad espacial diferente a la de su residencia. En la metodología se encuentra implícito un principio de continuidad o contigüidad espacial (es decir, no se admiten exclaves ni enclaves).

La Figura 2 muestra los diferentes alcances espaciales que son usados en la metodología: el centro urbano, la ciudad y la zona de conmutación en la FUA de Graz, Australia.

Es importante señalar que, con respecto a la discontinuidad territorial, autores como Vinokurov (2007) advierten que en un escenario internacional sucede una situación que se replica en el escenario

subnacional: un enclave municipal separado por otra entidad subnacional tendrá que enfrentarse a obstáculos de tipo combinado tanto en términos físicos (distancia) como administrativos. La entidad circundante, que tiene plena soberanía sobre la tierra que separa el enclave del conjunto aglomerado continuo, puede imponer varias restricciones al movimiento de mercancías y personas. Por ejemplo, peajes, regulaciones especiales de tránsito, entre otras. En la práctica, una situación de estas características representa la antítesis de la conformación de una región metropolitana. Para un municipio enclave, la entidad circundante es parte adicional al rompecabezas político y económico que tiene que evitar con su incorporación a una instancia metropolitana.

De hecho, la conmutación laboral se ha utilizado como una de las principales variables para identificar relaciones funcionales. Autores como Nelson & Rae (2016) apuntan a una conclusión dinámica sobre la posibilidad efectiva de delimitar unidades regionales de una manera coherente. Los autores señalan que los procesos de regionalización son evidentes tanto en una interpretación visual de matrices de viajes de conmutación, así como los resultados de un algoritmo para identificar el alcance espacial con los datos de la misma matriz. Los autores argumentan que, una "solución correcta" depende de los parámetros definidos en el diseño del análisis cuantitativo, la naturaleza del algoritmo utilizado y la posición epistemológica subyacente de quien o

quienes desarrollan la investigación. En este contexto, el enfoque algorítmico desarrollado confiere ventajas más allá de la heurística visual (criterio experto) y tiene un potencial significativo para agregar valor al enfoque visual, particularmente con respecto a la discriminación de las líneas divisorias o superposiciones entre regiones estrechamente integradas.

Según lo planteado por Nelson & Rae (2016), un enfoque heurístico es aquel que implica la exploración a través de prueba y error para producir resultados que cumplen una utilidad, pero no necesariamente son óptimos. Simon (1990) se refiere a esto como el concepto de "búsqueda heurística" en la que se obtienen soluciones "satisfactorias" subóptimas y sin embargo efectivas. Para poner en práctica el enfoque heurístico visual, se requiere aplicar los "principios para la pérdida ordenada de información" de Rae (2019), en los que la pérdida iterativa y el compromiso óptimo son principios clave. En términos específicos:

- En el primero se filtra el "ruido" subyacente en un conjunto de datos. Similar a la máxima de Boulding (1970) de que "el conocimiento siempre se adquiere mediante la pérdida ordenada de información".
- En el segundo, el compromiso óptimo, es un reconocimiento explícito de que incluso en los estudios impulsados empíricamente los resultados nunca son perfectos, lo que nuevamente se hace eco del principio "satisfactorio"



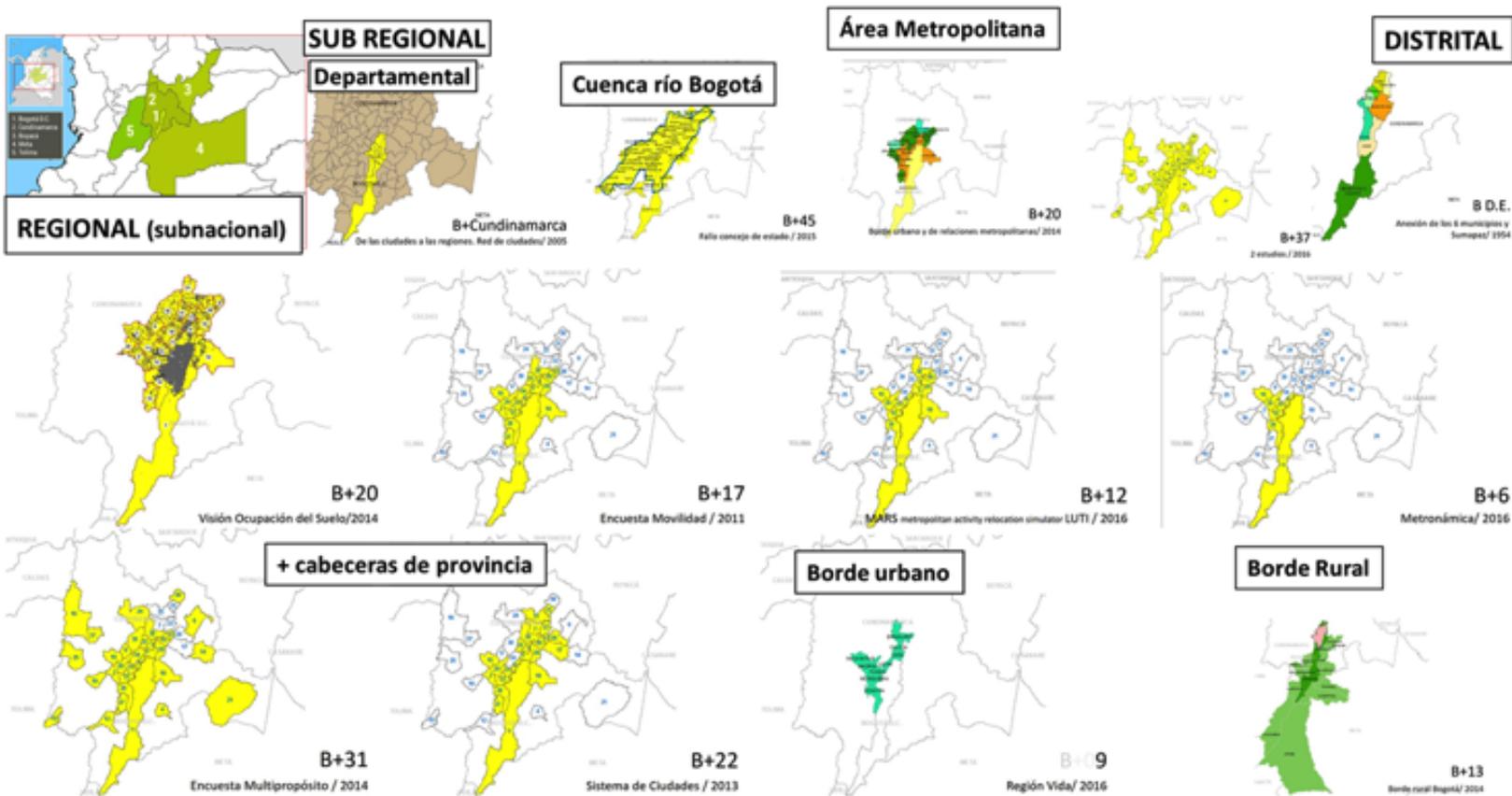
de Simon (1990). También resultan una forma útil de poner en práctica el enfoque de resolución de problemas matemáticos de Polya (1945), en el que el enfoque visual de la comprensión tiene un papel relevante.

Por otro lado, la detección de comunidades reconocibles a través de un algoritmo o análisis computacional propuesta por Nelson & Rae (2016) sugiere que la geografía humana muestra patrones estadísticamente significativos de regionalización estructurada, y que esta regionalización coincide en el caso de Estados Unidos, con las descripciones interpretativas de “mega-regiones”.

Por otro lado, en el análisis de relaciones funcionales entre Bogotá y los municipios de Cundinamarca se ha utilizado información de estudios específicos o de encuestas de movilidad. Sin embargo, al utilizar estas fuentes de información, de partida se incluye un número de municipios objeto de estudio. Por ejemplo, Estupiñán, Roca y Marmolejo (2017) utilizan la información de la Encuesta de Movilidad de 2011 que incluye a Bogotá y 17 municipios que conforman su área de influencia inmediata.

Una revisión preliminar de los estudios de alcance regional que corresponden a Bogotá y su entorno, revela que la definición misma de la región ha variado en el tiempo según el enfoque político o ideológico de cada momento. Este ámbito puede variar desde la escala Distrital, a partir

Figura 3- Mapas de los alcances regionales entre Bogotá y su entorno.



Fuente: ODUR.

del proceso histórico de conformación del Distrito Especial en 1954 o una región de nivel subnacional en donde Bogotá se suma a cuatro departamentos del país en la RAP-E. El resumen de esta complejidad en el alcance de la influencia de Bogotá en su entorno regional se presenta en la Figura 3.

Por ejemplo, la Región Administrativa y de Planeación Especial (RAP-E) fue creada en septiembre del 2014 y es la primera entidad pública de carácter subnacional o suprarregional que impulsa y articula planes de desarrollo económico, social y ambiental de sus territorios asociados. Las entidades administrativas que la conforman

son: Bogotá, Boyacá, Cundinamarca, Huila, Meta y Tolima.

Mientras que, a nivel Subregional, existen diferentes ámbitos que van desde el nivel departamental que incluye a los 116 municipios de Cundinamarca o los 46 municipios que hacen parte de la Cuenca hidrográfica del río Bogotá.

Como se muestra en la Tabla 1, también se evidencia la multiplicidad de abordajes que se pueden atribuir a posturas estratégicas o ideológicas que le dan sentido ámbitos definidos, lo que se traduce en una voluntad política de integrar el territorio. Sin embargo, desconocemos el análisis



cuantitativo o algorítmico que permito llegar a estas delimitaciones de ámbitos. Se puede concluir que la definición del ámbito territorial en cada momento se realizó bajo un principio de conveniencia geopolítica o geoestratégica. En otros casos, para la región de Bogotá, el área de estudio de una investigación específica, establecida por la disponibilidad de recursos contratados, se confunde con el umbral mismo del alcance metropolitano en el contexto más amplio de la región. La Figura 3 muestra los diferentes alcances espaciales en la visualización cartográfica disponible.

En términos técnicos, se debe mencionar que una de las principales referencias en la identificación y delimitación de un área funcional de Bogotá con los municipios de Cundinamarca la realizó la Misión Sistema de Ciudades (DNP, 2014) y, de manera específica, el Atlas de la Aglomeración de Bogotá (DNP, 2018). En donde una de las principales variables que permiten establecer el grado de integración funcional es el porcentaje de ocupados en cada municipio que trabajan en Bogotá, lo que se denomina conmutación laboral. Esta conmutación es un fenómeno potente para el análisis porque representa un flujo pendular diario entre áreas urbanas dentro de la región de estudio. Formalmente, Durantón (2015) señala que una unidad espacial, denominada (A), está relacionada espacialmente con una unidad espacial denominada (B), si un porcentaje significativo de trabajadores que residen en (A) trabajan en (B) (el umbral propuesto fue 10%).

En conclusión, el resultado elaborado por el DNP con la metodología propuesta por Durantón (2015) se obtiene a partir de la aplicación al análisis cuantitativo y no a partir de discrecionalidades políticas y estratégicas. A partir de esta metodología, el resultado para el Departamento Nacional de Planeación es una aglomeración de Bogotá conformada por Bogotá como nodo principal y veintidós municipios: Soacha, Mosquera, Sibaté, Chía, Funza, Cota, Bojacá, Madrid, Facatativá, La Calera, Cajicá, Tabio, Zipaquirá, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, Guatavita, Sesquilé, Nemocón, Cogua, Tausa y Sutatausa (DNP, 2018).

Tabla 1- Estudios de alcance regional entre Bogotá y su entorno.

	DINÁMICA	Estudio respaldo
D.E.	Expansión urbana	La anexión de los 6 municipios vecinos a Bogotá en 1954
B+C	Conectividad integración	De las ciudades a las regiones. Red de ciudades
	Ocupación del suelo	Modelo de Ocupación Territorial para los municipios de la Sabana Centro, Sabana Occidente y Soacha, con su sistema de información geográfico.
B+17	Movilidad	Encuesta movilidad
B+22	Conmutación, Movilidad	Sistema de ciudades
B(19)+20	Relaciones metropolitanas (Ocupación del suelo Movilidad)	RMB Visión Ocupación del Suelo
B+45	Impactos ambientales cuenca río Bogotá	Aproximación a las implicaciones del fallo del Consejo de Estado sobre el Río Bogotá en el ordenamiento territorial regional

Autor principal	Año estudio	Nivel articulación política	Adm. Local
Cortés, Marco	2006	Decreto presidencial Constitución Distrito capital	Antanas Mockus Luis Eduardo Garzón
Hoshino, Claudia	2005	Objetivos POT	Antanas Mockus Luis Eduardo Garzón
Julio Gómez	2009	Estudio	Luis Eduardo Garzón
SDM	2011	Encuesta	Samuel Moreno
DNP	2013	Compes	Gustavo Petro
Ruíz, César	2014	Estudio Distrital	Gustavo Petro
Ruíz, Cesar	2014	Estudio Distrital	Gustavo Petro

	DINÁMICA	Estudio respaldo
B+31 4D	Calidad de vida, Mercado laboral, Salud, Educación, otras Desarrolla LOOT	Encuesta multipropósito
UPR+13	Ocupación del suelo	RMB Visión Ocupación del Suelo
B+12	Uso del suelo e integración de transporte	Metropolitan activity relocation simulator
B+6	Uso del suelo e integración de transporte	Metronámica
9	Geo político	
B+17	Simulación Histórica	Automa celular
B+21	Ocupación del suelo	Huella urbana

Fuente: Compilación ODUR. Distrito Especial (D.E.), Bogotá (B), Unidad de Planeación Rural (UPR), 4 departamentos (4D). El número que acompaña las siglas se refiere al número de municipios incluidos en cada estudio.

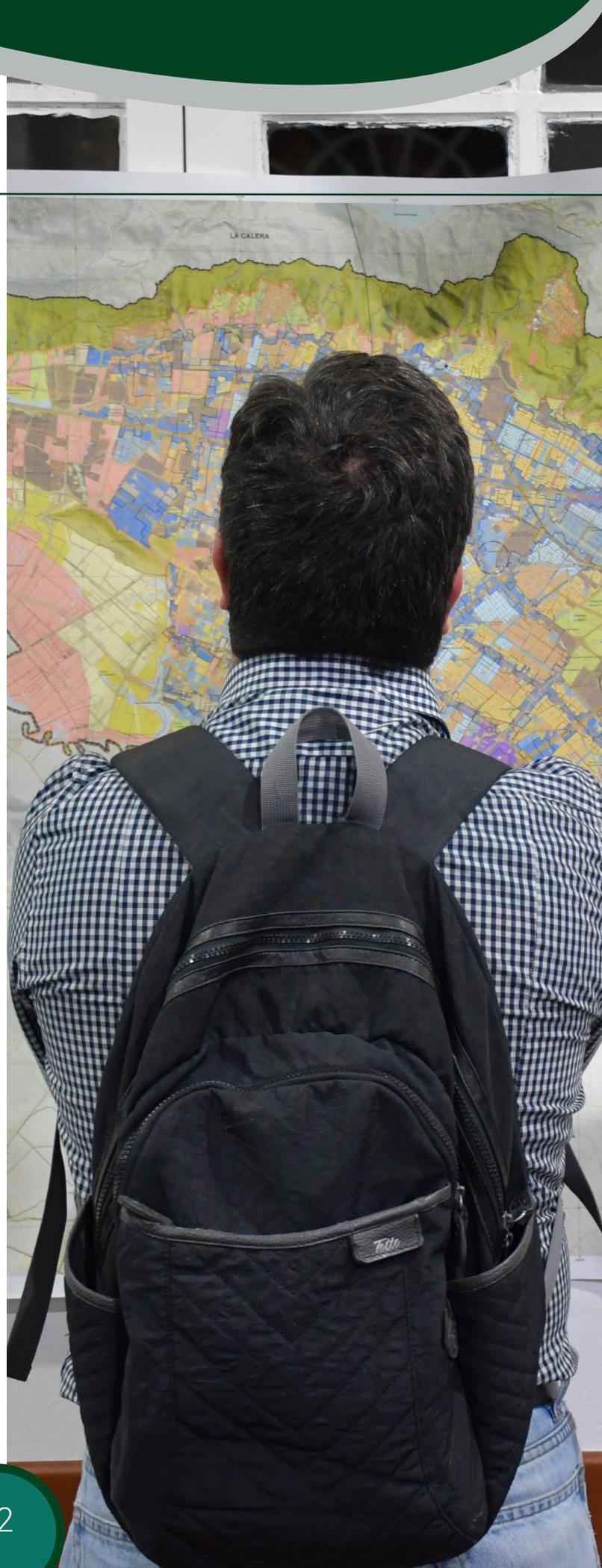
Autor principal	Año estudio	Nivel articulación política	Adm. Local
DANE - SDP	2014	Encuesta	Gustavo Petro
	2014	Acuerdo político	Gustavo Petro
Ruíz, Cesar	2015	Estudio Distrital	Gustavo Petro
Grupo Sur, UniAndes	2016	Estudio Distrital	Enrique Peñalosa
Grupo Sur, UniAndes	2016	Estudio Distrital	Enrique Peñalosa
Gobernación Cundinamarca	2016	Plan de gobierno Gob Cundinamarca	Enrique Peñalosa
Grupo Sur, UniAndes	2017	Estudio Distrital	Enrique Peñalosa
IDOM	2018	Convenio Interadministrativo Distrito Cundinamarca	Enrique Peñalosa

MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta la relación que existe entre el nivel de aglomeración espacial de la actividad económica y una variable de productividad como los salarios, Duranton (2008) señala que existe evidencia sobre la relación entre los efectos de urbanización que se desarrollan en las ciudades (áreas urbanas), la productividad (actividad económica) y el crecimiento económico. Estos efectos generados por las economías de aglomeración han sido ampliamente abordados en la literatura especializada, por ejemplo, en los trabajos de Ciccone & Hall (1996), Duranton & Puga (2004), Combes et al. (2010), Meijers & Burger (2010) o Combes & Gobillon (2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, Duranton (2008) argumenta que las intervenciones en términos de política territorial deberían dirigirse hacia: potenciar aquellas condiciones para que las ciudades funcionen mejor (por medio de la provisión de bienes públicos locales: equipamientos, espacio público, infraestructura de transporte); y establecer límites en los procesos de urbanización (expansión de la huella urbana).

En términos específicos, Duranton (2008), usando un desarrollo teórico de Henderson (1974), presenta un modelo de la dinámica de crecimiento de una ciudad. En la gráfica superior de la Figura 4, el eje horizontal representa el tamaño de la ciudad, medido con la cantidad de trabajadores (N). En la figura superior se



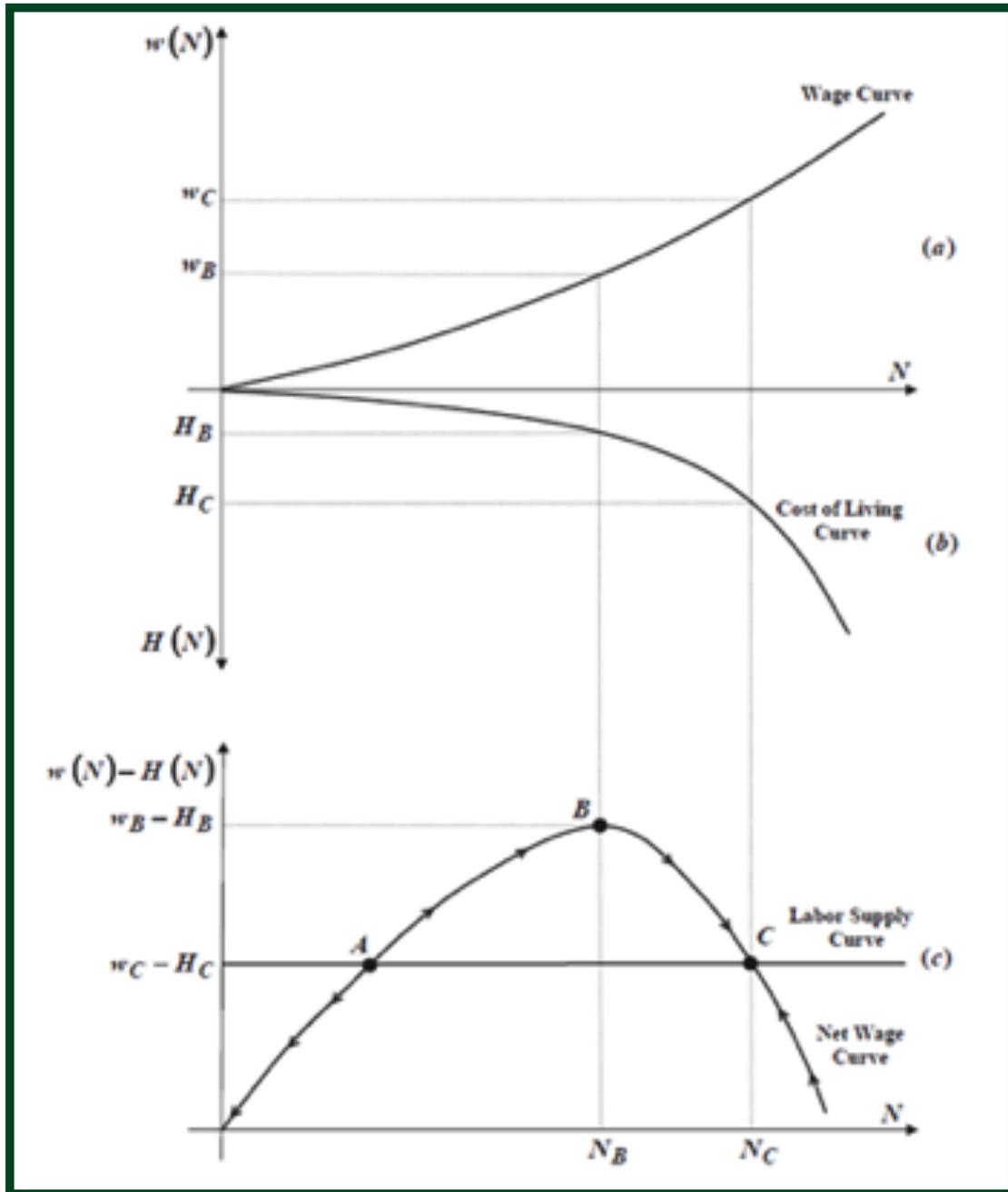


representa la curva de salario ($w(N)$, positivo con respecto al tamaño de la ciudad) y la curva de costo de vida ($H(N)$, negativo con respecto al tamaño de la ciudad).

La **curva de salario** refleja que el incremento en el tamaño de la ciudad (mayor población, mayor aglomeración) se refleja en un incremento en el salario de los trabajadores (la retribución del factor trabajo). Es necesario señalar que los tres principales factores de producción considerados en el modelo son: suelo, trabajo y capital. El suelo es considerado un activo inmóvil, mientras que el capital es móvil. Con respecto al factor trabajo, existe una función de demanda inversa de trabajo que relaciona el salario con el número de trabajadores de la economía. Por tanto, el salario en una ciudad tiene una relación positiva con respecto al tamaño de la fuerza laboral de la ciudad, lo que evidencia la existencia de externalidades generadas por la aglomeración urbana.

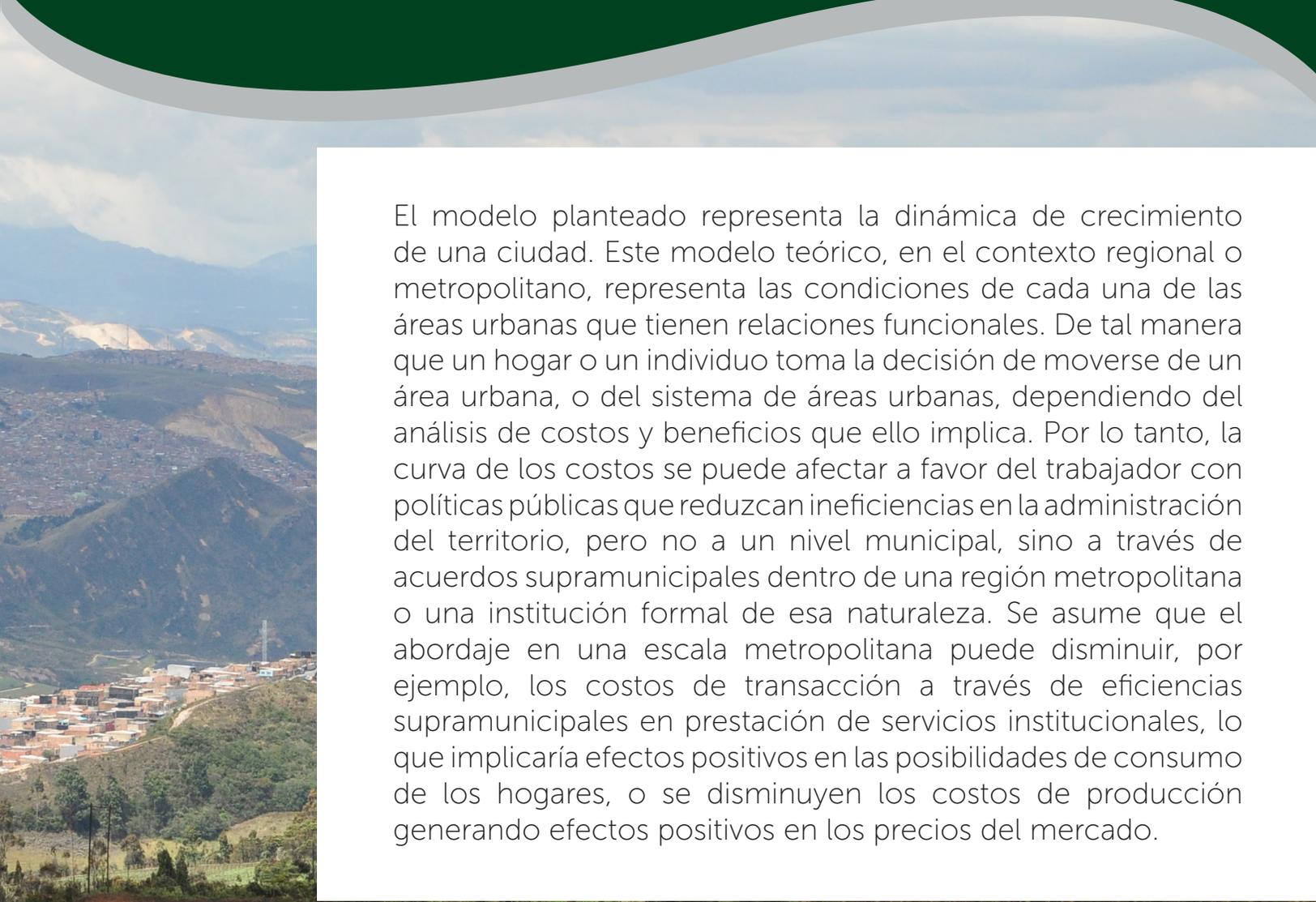
Por otro lado, la **curva del costo de vida** refleja los aspectos negativos de vivir en áreas con altos niveles de aglomeración, tanto de actividad económica como de población. Estos aspectos negativos pueden ser entre otros factores: los altos precios del suelo (vivienda más cara), la inseguridad (índices de eventos asociados al crimen), la congestión vehicular y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 4- Dinámica de crecimiento de una ciudad.

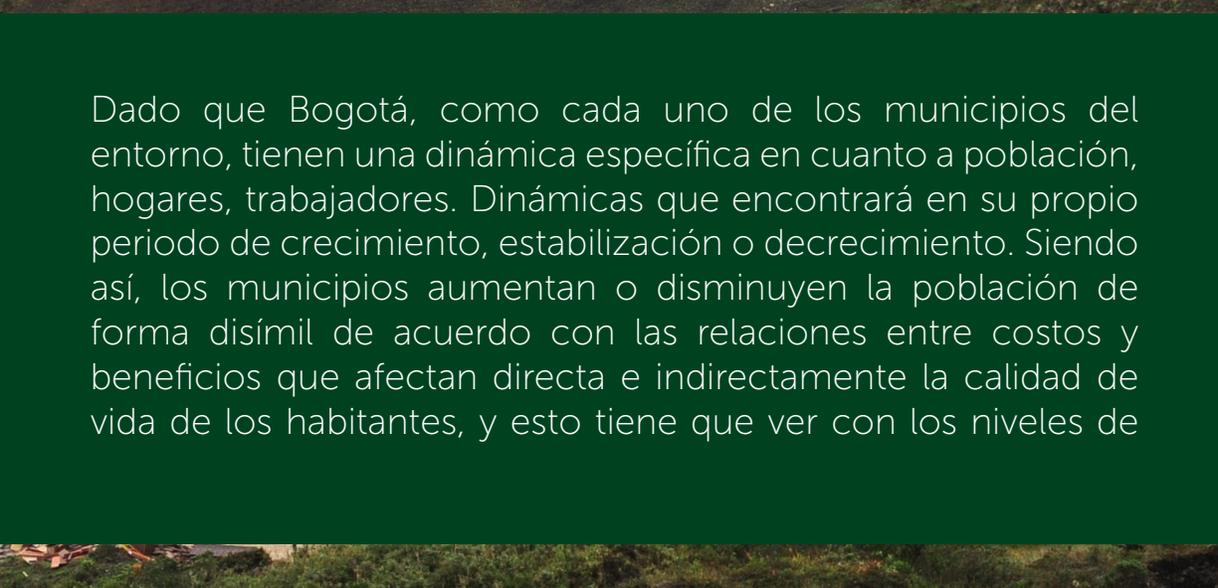


Fuente: Duranton (2018).

La gráfica inferior de la Figura 4, representa la diferencia entre la curva de salario y la curva de costo de vida: lo que da como resultado el salario neto. La curva en forma de U invertida muestra que en una ciudad pequeña los beneficios de la aglomeración superan a los costos (el tramo entre el punto A y el punto B), de tal manera que el salario neto alcanza un máximo y luego la pendiente se hace negativa. En conclusión, una ciudad más grande implica mayores costos de vida y estos costos de vida se igualan a los beneficios medidos a través del salario neto (punto C).²



El modelo planteado representa la dinámica de crecimiento de una ciudad. Este modelo teórico, en el contexto regional o metropolitano, representa las condiciones de cada una de las áreas urbanas que tienen relaciones funcionales. De tal manera que un hogar o un individuo toma la decisión de moverse de un área urbana, o del sistema de áreas urbanas, dependiendo del análisis de costos y beneficios que ello implica. Por lo tanto, la curva de los costos se puede afectar a favor del trabajador con políticas públicas que reduzcan ineficiencias en la administración del territorio, pero no a un nivel municipal, sino a través de acuerdos supramunicipales dentro de una región metropolitana o una institución formal de esa naturaleza. Se asume que el abordaje en una escala metropolitana puede disminuir, por ejemplo, los costos de transacción a través de eficiencias supramunicipales en prestación de servicios institucionales, lo que implicaría efectos positivos en las posibilidades de consumo de los hogares, o se disminuyen los costos de producción generando efectos positivos en los precios del mercado.



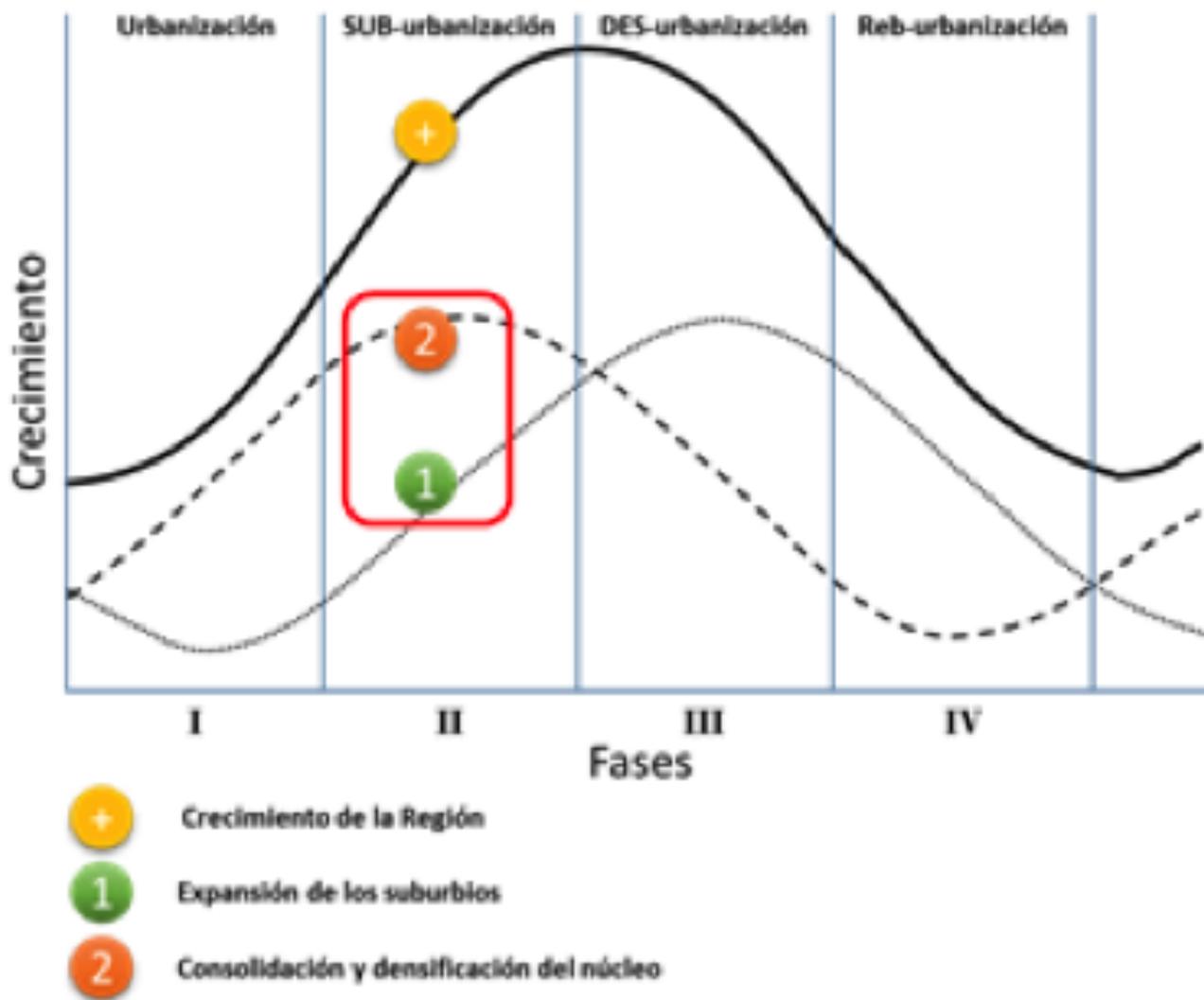
Dado que Bogotá, como cada uno de los municipios del entorno, tienen una dinámica específica en cuanto a población, hogares, trabajadores. Dinámicas que encontrará en su propio periodo de crecimiento, estabilización o decrecimiento. Siendo así, los municipios aumentan o disminuyen la población de forma disímil de acuerdo con las relaciones entre costos y beneficios que afectan directa e indirectamente la calidad de vida de los habitantes, y esto tiene que ver con los niveles de

² En el modelo de crecimiento urbano, la línea horizontal representa la oferta laboral, que al ser horizontal ejemplifica una situación de perfecta movilidad laboral. Esta oferta laboral sería una curva con pendiente positiva en casos donde existe imperfección en la movilidad laboral, es decir, restricciones a la entrada y salida de los trabajadores en las áreas urbanas.

productividad en los sectores productivos, las oportunidades de educación y empleo, los salarios, los costos de transporte, el espacio público, entre otros factores. Estas situaciones disímiles y simultáneas se pueden entender coherentemente dentro de un modelo de crecimiento metropolitano como propuesto por van den Berg et al., (1982).

En el modelo de crecimiento urbano, la línea horizontal representa la oferta laboral, que al ser horizontal ejemplifica una situación de perfecta movilidad laboral. Esta oferta laboral sería una curva con pendiente positiva en casos donde existe imperfección en la movilidad laboral, es decir, restricciones a la entrada y salida de los trabajadores en las áreas urbanas.

Figura 5- Modelo de crecimiento metropolitano.



Fuente: ODUR con base en el modelo de van den Berg et al., (1982).



Por último, es necesario señalar que el comportamiento de estas dinámicas simultáneas y disímiles no ocurren en todo el territorio de manera ilimitada, de hecho, se concentra en municipios específicos. Lo que justifica la importancia de establecer un umbral que identifica el alcance espacial de las interrelaciones funcionales con respecto a la ciudad núcleo.

METODOLOGÍA

El objetivo del presente documento es presentar una propuesta metodológica para identificar los umbrales en aquellas variables continuas que se consideren relevantes en la medición de las interdependencias funcionales entre municipios y el **núcleo**. Cada variable permite identificar un nivel mínimo de interdependencia de los municipios con Bogotá, de esta manera, se construye una variable discreta a partir de una variable continua.

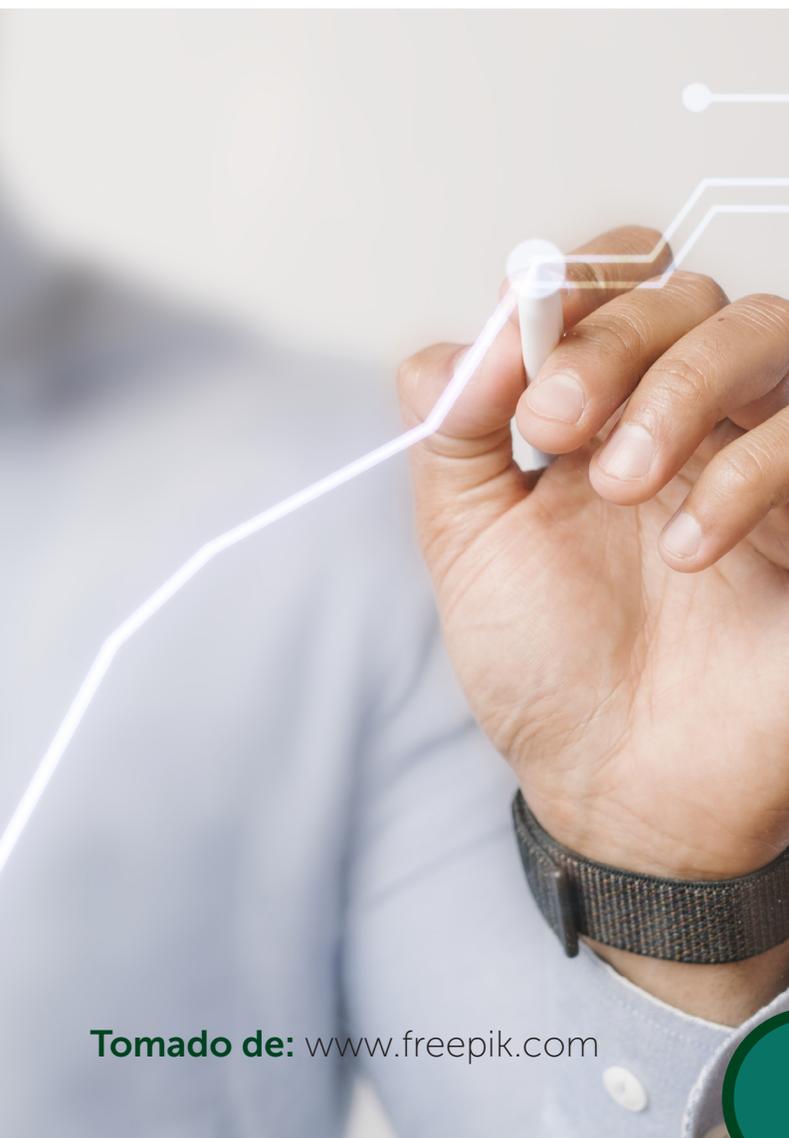
El conjunto de municipios que quedan incluidos dentro del umbral se entenderá como el ámbito de las interdependencias. Asimismo, como criterio general de **eficiencia**, se busca conformar un conjunto de municipios **compacto y continuo** cuya agregación abarque el mayor porcentaje acumulado de cada variable

La unidad espacial de recolección de información son los municipios y los resultados de ámbitos territoriales son agregaciones de estos. Se consideró que, para estudiar las interdependencias, es necesario contar con un universo que comprende a Bogotá y los 116 municipios de Cundinamarca.

Como lo menciona la literatura, y en particular la teoría del lugar central, existe una ciudad principal, de tal manera que Bogotá se considera núcleo de la aglomeración. De tal manera que el ejercicio cuantitativo evalúa un umbral de interdependencia con la **ciudad**

núcleo. Bajo un principio de parsimonia, la complejidad se resume en la menor cantidad de variables aproximadas con características operativas que permitan llevar a cabo el objetivo establecido. De hecho, la literatura revisada menciona principios clave como la pérdida iterativa de información y la conciliación óptima.

Como resultado de esta metodología se construye una batería de indicadores individuales, de fácil **estandarización y replicabilidad.** Es necesario señalar que esta metodología no apunta a construir un indicador compuesto que limite la replicabilidad y comparación de los



resultados. Sin embargo, el indicador compuesto que se calculó será una herramienta complementaria para el análisis de los resultados.

Una caracterización que dé cuenta de la complejidad y riqueza de los retos de la región de estudio es un ejercicio complementario fuera del alcance de este documento. Sin embargo, para poder dar alcance a esta caracterización primero se debe contar con una definición de ámbito o límite del espacio a describir. Un ejercicio de caracterización recogerá más datos y variables, pero no con el objetivo específico de delimitar un umbral o un ámbito espacial de interdependencias intermunicipales.

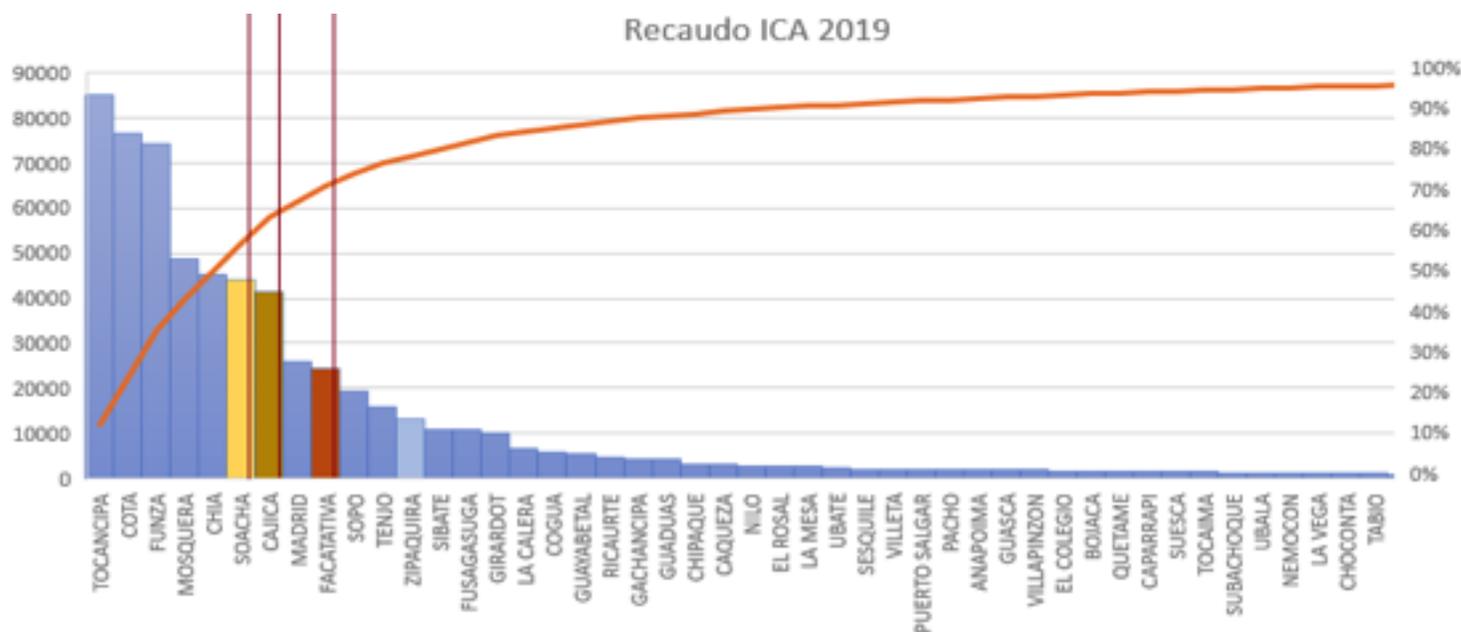
Análisis de umbrales para las variables.

El objetivo de este documento es identificar un conjunto de municipios con mayor importancia relativa en la dinámica de relaciones funcionales con Bogotá. Para cumplir el objetivo, se identifica un conjunto de municipios que logren el mayor porcentaje acumulado de cada una de las variables. Esto implica establecer un valor a partir del cual la acumulación porcentual de la variable registra contribuciones cada vez menos significativas. En última instancia, el carácter significativo de esta contribución será una decisión discrecional, sin embargo, el ejercicio aporta objetivamente un rango de valores a partir de la aplicación de criterios estadísticos y de continuidad topológica.

En términos empíricos, el procesamiento de datos fue el siguiente:

1. Se ordenaron de mayor a menor los municipios según el valor de las variables.

Figura 6- Ejemplo de Orden de municipios de acuerdo con el valor de la variable y porcentaje acumulado.



Fuente: Cálculos ODUR.



2. Se estudia el comportamiento del porcentaje acumulado de la variable. Por ejemplo, en el recaudo de ICA representado en la Figura 6, el eje vertical de la izquierda representa el valor de la variable (altura de la barra), mientras que el eje vertical de la izquierda representa el porcentaje acumulado de la variable (línea naranja). El eje horizontal ordena a los municipios de mayor a menor. Como se puede observar, los primeros nueve municipios, hasta Facatativá, acumulan aproximadamente el 72% del recaudo de ICA de Cundinamarca.

3. Se seleccionó un quiebre en la acumulación porcentual de la variable a partir del cual se considera los municipios adicionales no aportan un valor significativo

al porcentaje acumulado. Se utilizaron los dos siguientes criterios estadísticos y un tercer criterio de continuidad topológica (tres líneas verticales guía en la Figura 6):

a. Conjunto de municipios que correspondan a un valor igual o superior al segundo corte natural de Jenks (Jenks and Caspall, 1971).

b. Desviación estándar: conjunto de municipios que correspondan a un valor igual o superior al promedio más la desviación estándar: $x \geq (\text{promedio} + \text{desviación estándar})$.

c. Continuidad municipio borde: conjunto de municipios que correspondan



a un valor de umbral que garantice que los municipios de borde siempre deben estar incluidos. Estos municipios son: Soacha, Mosquera, Funza, Cota y Chía. En este ejercicio se asume que las interdependencias con estos municipios están dadas y el valor mínimo de inclusión se homologa en los demás municipios del departamento.

4. Los resultados de cada análisis se registraron cartográficamente y se expresan en tres mediciones fundamentales.

a. Valor absoluto de la variable acumulada.

b. Porcentaje acumulado de los municipios seleccionados.

c. Número de municipios incluidos dentro del umbral

5. Análisis de resultados. El análisis de los resultados correspondientes a las variables analizadas se divide en tres componentes. El primero tiene que ver con la identificación de aquellos municipios contiguos con mayor número de relaciones de interdependencia; el segundo es el resultado en términos comparativos; por último, se presenta un resultado de componentes principales con las variables que tienen información para los 116 municipios de Cundinamarca.

Variables incluidas en el análisis.

Un ejercicio preliminar exploratorio de fuentes de información permitió establecer los criterios para selección de variables que aproximen las relaciones funcionales entre las entidades espaciales (una descripción de la relevancia acompaña más adelante a cada variable analizada). Estos criterios son:

- En primera instancia, se optó por variables con fuentes de información pública, confiable y con vigencia no mayor a tres años.
- Segundo, como se detalla en este ejercicio empírico, es importante que los 116 municipios de Cundinamarca estén cubiertos en cada variable. Dada la fuente de información utilizada, algunas variables clave, como los ocupados que trabajan en otros municipios y el número de viajes de pasajeros, no cuentan con información para todos los municipios de Cundinamarca. Por lo tanto, los resultados de estas dos variables se entienden como complementarios dentro de la totalidad del ejercicio.
- Tercero, el ejercicio de priorización tuvo en cuenta la inclusión de variables tipo flujo que sean expresión de intercambios o interdependencias como: los viajes de carga, los viajes de pasajeros, el abastecimiento de alimentos de Bogotá y el saldo neto migratorio entre Bogotá y los municipios. Algunas variables tipo

stock como la población o el recaudo de impuesto de industria y comercio (ICA) en un año determinado, al ser representadas gráficamente, permiten identificar los patrones espaciales de distribución de los habitantes y la actividad económica en un contexto regional.

La Tabla 2 presenta la información de cada una de las variables incluidas en el análisis: la fuente de información, el año de la información, el alcance espacial en términos de municipios y el tipo de variable: stock o flujo. A continuación, se presentan las variables analizadas, una breve descripción de su relevancia y los resultados cuantitativos y espaciales.



Tabla 2- Variables, fuentes de información, alcance espacial y tipo.

Variable	Fuente	Año	Bogotá más:	Tipo
Población.	Proyecciones Censo DANE.	2020	116 municipios	Stock.
Recaudo ICA.	SISFUT, DNP.	2019	116 municipios	Stock.
Saldo Neto Migratorio.	Cálculos ODUR, Censo (2018), DANE.	2018	116 municipios	Flujo.
Disposición de residuos sólidos.	SUI, Super servicios.	2020	116 municipios	Flujo.
Viajes de carga.	RNDC, Mintransporte.	2019	116 municipios	Flujo.
Abastecimiento de alimentos.	Observatorio de Desarrollo Económico, SDDE.	2020	116 municipios	Flujo.
Ocupados que trabajan en Bogotá.	Encuesta Multipropósito, SDP y DANE.	2017	37 municipios.	Flujo.
Viajes pasajeros.	Encuesta de Movilidad, SDM.	2019	18 municipios.	Flujo.

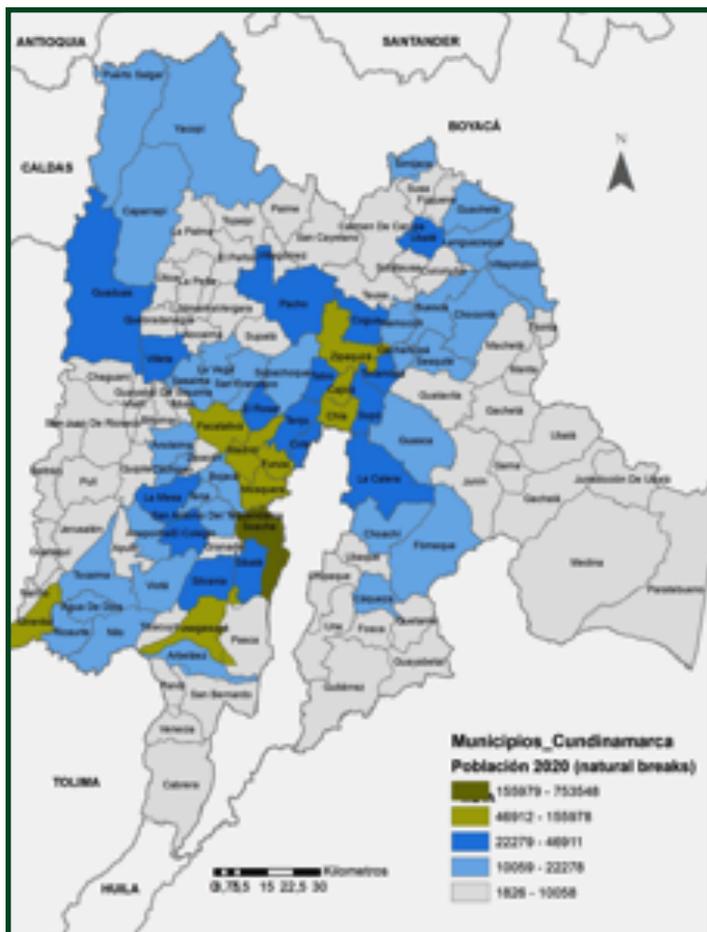


Población 2020.

La concentración de la población es una variable de tipo stock que funciona como indicativa de interdependencias metropolitanas. De esta concentración poblacional se infieren interdependencias de actividad económica, conmutación, mercado inmobiliario y mercado laboral. De hecho, Bogotá concentra aproximadamente el 15% de la población del país con 7.7 millones de habitantes. Después de Bogotá, el municipio con mayor población es Soacha con aproximadamente 750,000 habitantes.

Es importante señalar que a partir de la distribución de la población y las características demográficas se toman las principales decisiones del planeamiento territorial y de desarrollo, tanto a nivel municipal, como en el contexto regional y nacional.

Cortes naturales de Jenks.



Umbral de la variable: 46,912 habitantes.
nº de municipios: 10
% acumulado: 60%

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 103,688 habitantes.

n° de municipios: 9

% acumulado: 54%

Mínimo: 1,826

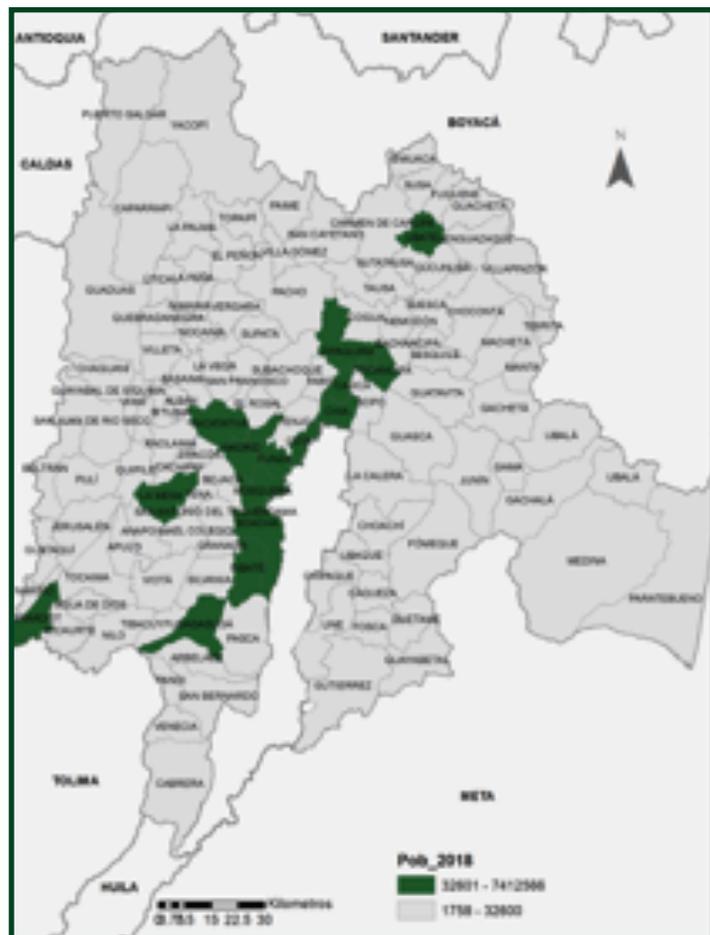
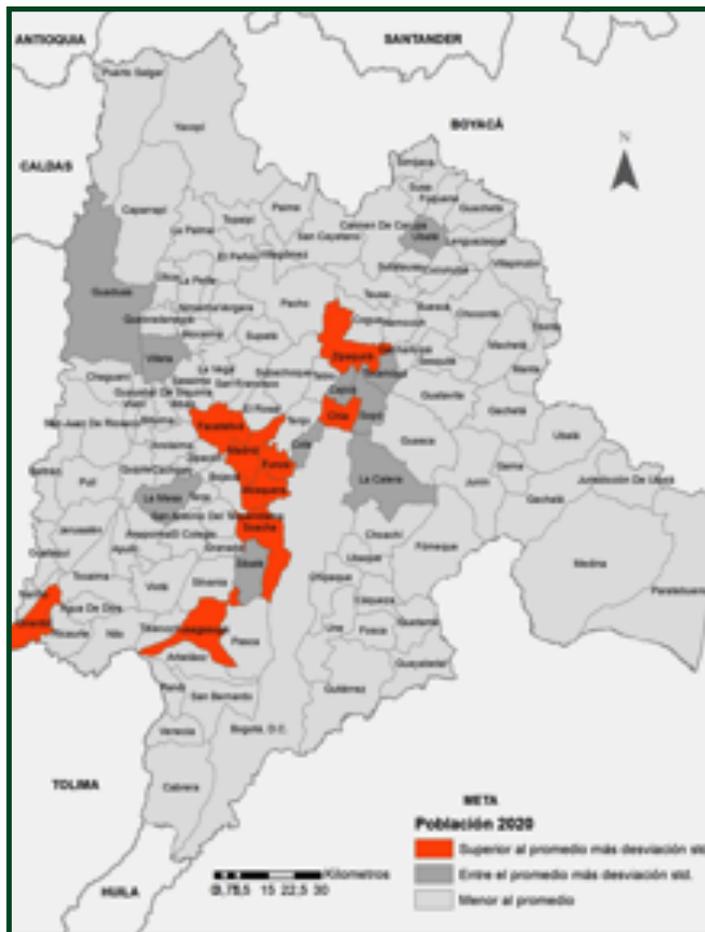
Máximo: 753,548

116 municipios: 3'242,999

Promedio: 2,7957

Desviación est.: 75,731

Continuidad municipio borde.



Umbral de la variable: 32,600 habitantes.

n° de municipios: 16

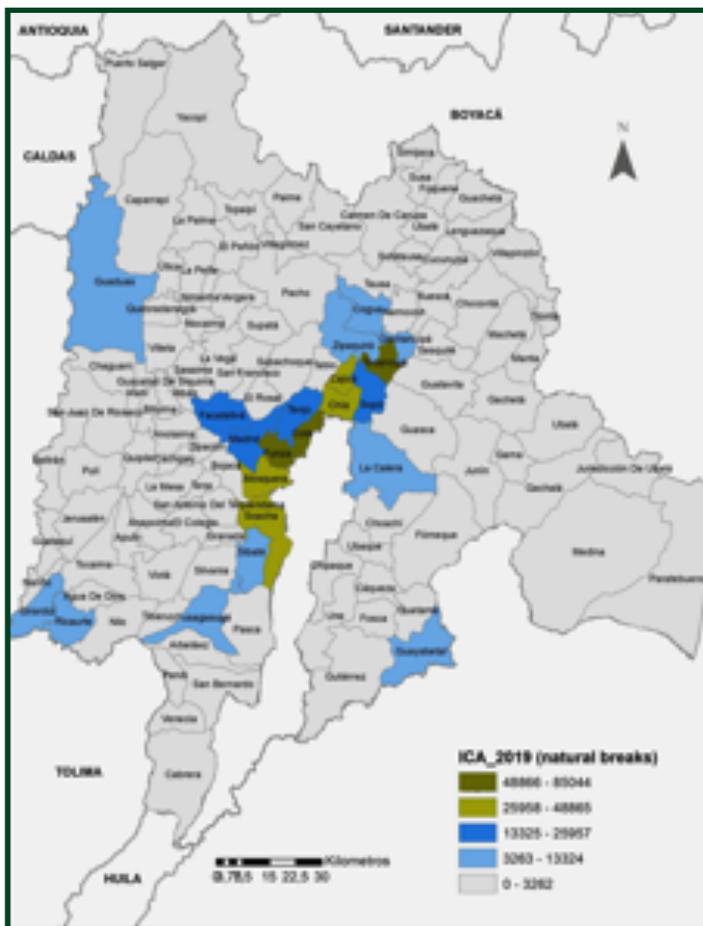
% acumulado: 65%

Recaudo ICA 2019

La aproximación al desarrollo económico se realizó con respecto al concepto de economías de aglomeración. La concentración de actividad económica (especialmente secundaria y terciaria) en un territorio permite potenciar los niveles de productividad, generación de oportunidades de empleo y a su vez incrementar tanto la calidad de vida de las

personas y los ingresos de cada municipio. De esta manera, se concluye que, en términos empíricos, la variable de recaudo del ICA permite identificar aquellos municipios con mayor concentración de actividad económica en Cundinamarca y que tienen la fortaleza institucional para efectuar el recaudo del impuesto.

Cortes naturales de Jenks.



Umbral de la variable: 25,958 millones COP.

nº de municipios: 7

% acumulado: 64%

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 20,479 millones COP.

n° de municipios: 9

% acumulado: 72%

Mínimo: 0

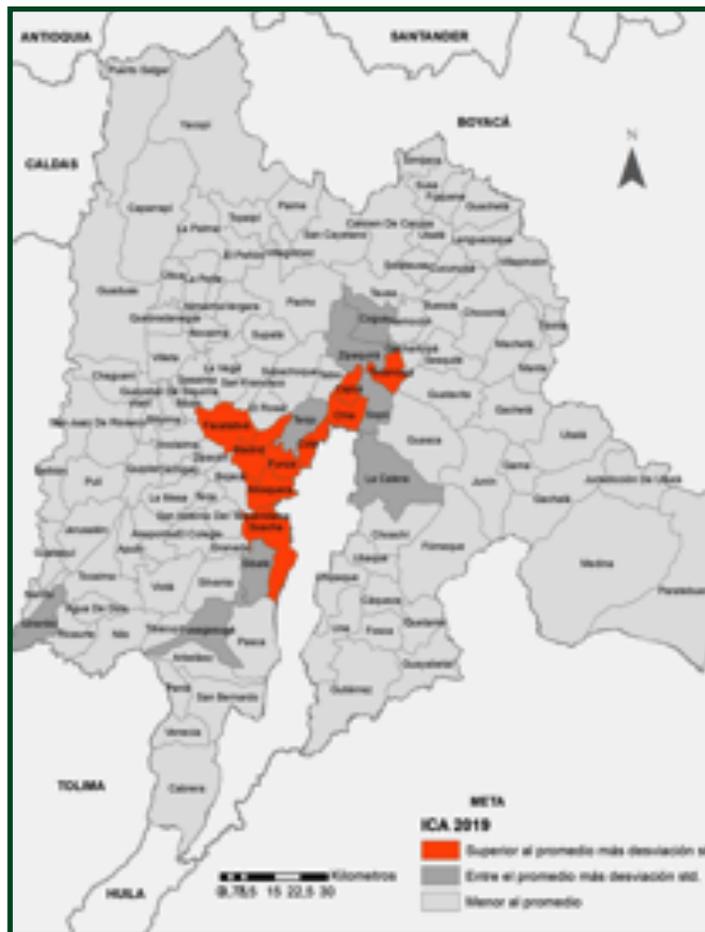
Máximo: 85,044.

116 municipios: 645,541

Promedio: 5,565.

Desviación estándar: 14,914.

Continuidad municipio borde.



Umbral de la variable: 44,000 millones COP.

n° de municipios: 6

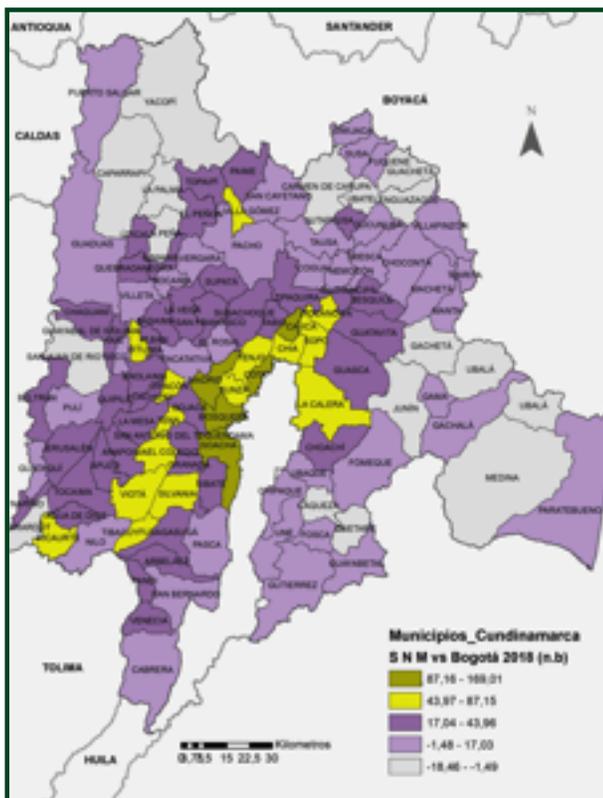
% acumulado: 57%

Saldo Neto Migratorio 2018

La escogencia del lugar de residencia en relación con el lugar de trabajo, decisión que se toma a mediano y largo plazo, supone una clara interdependencia funcional. Específicamente con implicaciones en la conmutación y con las demandas de suelo para vivienda, servicios públicos, oportunidades de empleo, entre otros.

El saldo neto migratorio se construyó a partir de una pregunta que incluyó el Censo (2018) sobre el municipio en el cual la persona vivía hace cinco años. De esta manera, fue posible construir una matriz de migración origen-destino. Se utilizó la fila y la columna de movimientos migratorios entre los municipios de Cundinamarca y Bogotá para obtener la diferencia de la población que llegó a cada uno de los municipios desde Bogotá y la población que salió de cada municipio hacia Bogotá. La diferencia de estos dos valores se divide por la población del municipio y se multiplica por 1000. Esto para tener un dato del número neto de migrantes con respecto a Bogotá por cada 1000 habitantes de cada municipio en el año del Censo.

Cortes naturales de Jenks.



Umbral de la variable: 43.97 por 1000 hab.

nº de municipios: 20

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 59.83 por 1000 hab.

nº de municipios: 14

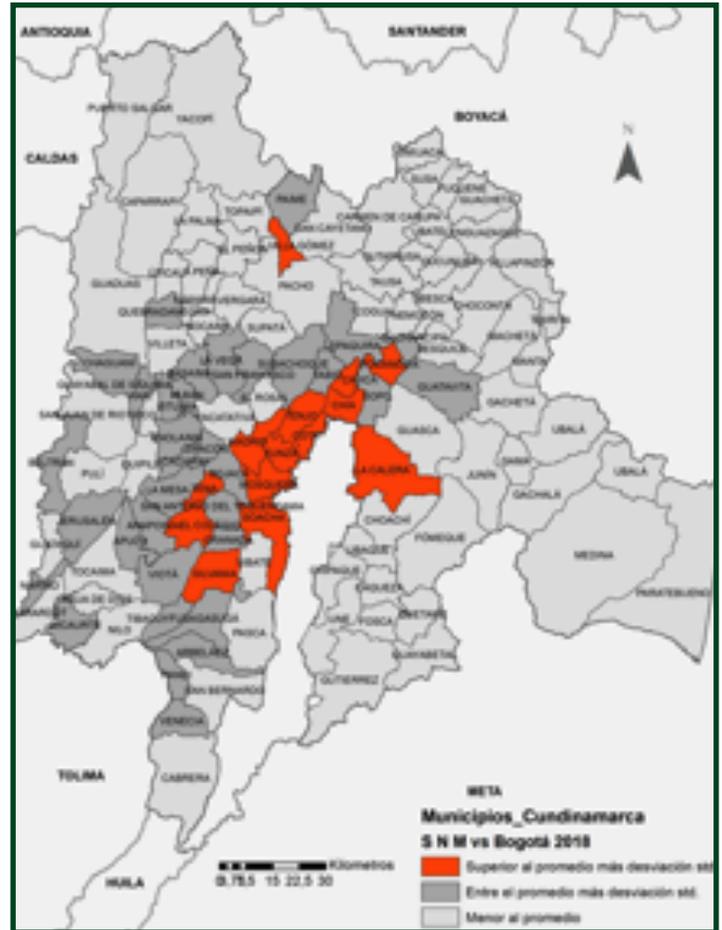
Mínimo: -18.46

Máximo: 169.01

Promedio: 26.55

Desviación estándar: 33.28

Continuidad municipio borde.



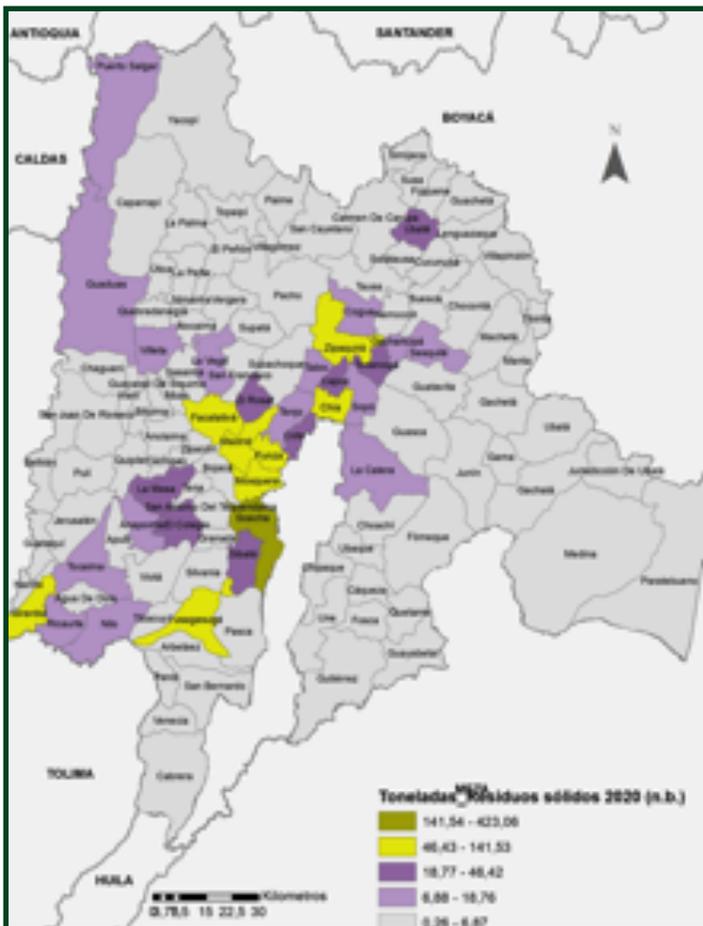
Umbral de la variable: 71 por 1000 hab.
nº de municipios: 8

Disposición de residuos sólidos 2020.

Se asume que la generación de residuos sólidos es una consecuencia directamente proporcional de las actividades económicas y residenciales. Actualmente el sistema de gestión de residuos sólidos de la región depende del transporte en camiones,

esto genera una interdependencia funcional que en su configuración actual tiene expectativas de sostenibilidad muy limitadas, es poco eficiente, y con un gran potencial de aprovechamiento.

Cortes naturales de Jenks.

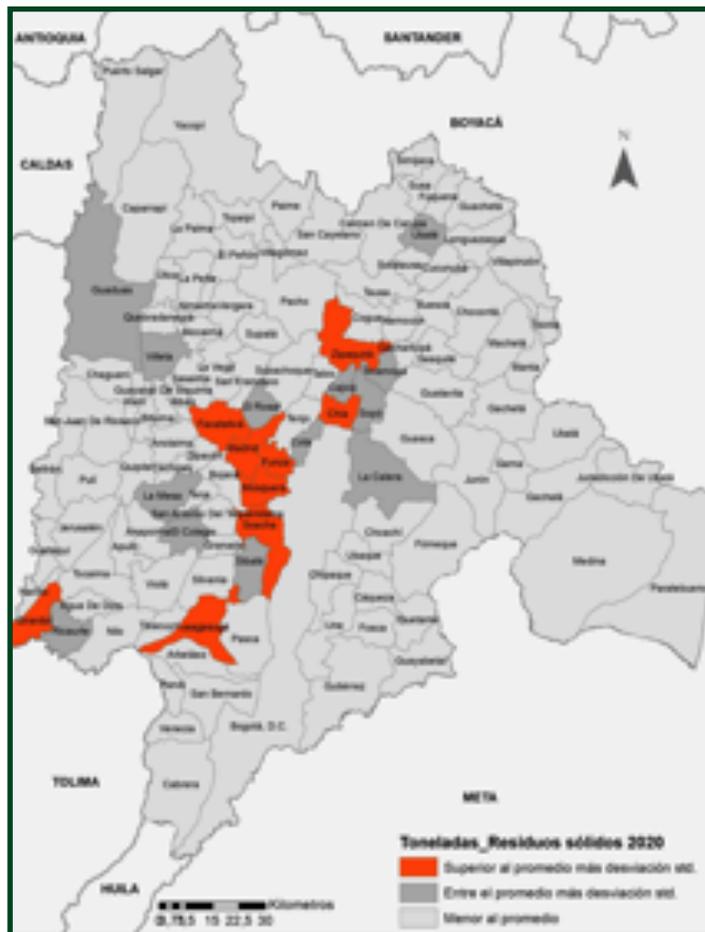


Umbral de la variable: 46.43 toneladas.
nº de municipios: 9
% acumulado: 66%

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 60.32 toneladas.
n° de municipios: 9
% acumulado: 66%
Mínimo: 0.26
Máximo: 423.06
116 municipios: 1761
Promedio: 15.18
Desviación estándar: 45.14

Continuidad municipio borde.



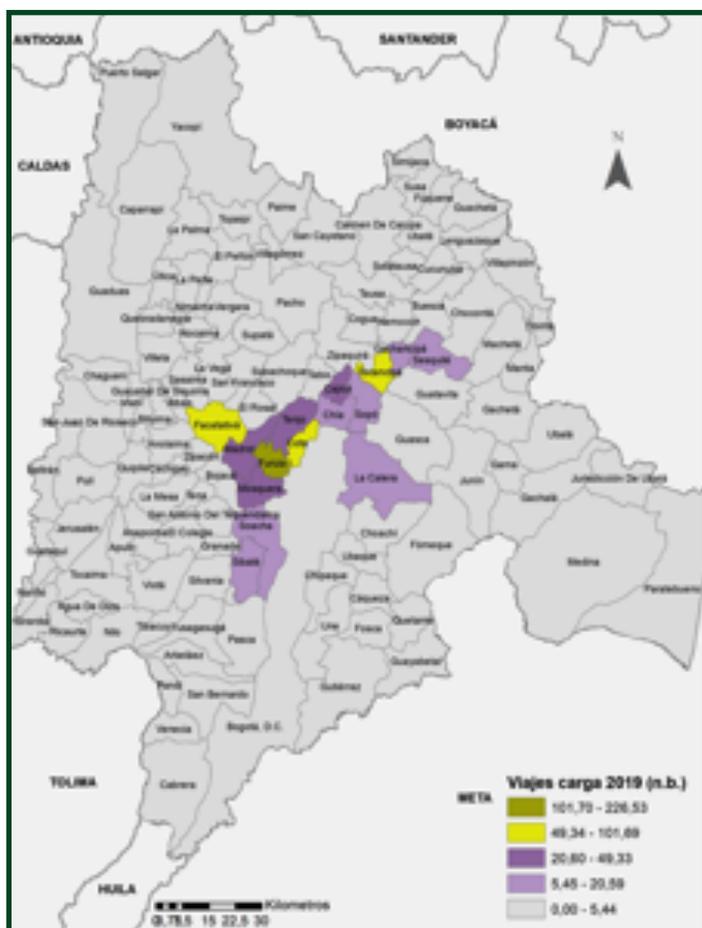
Umbral de la variable: 39.33 toneladas.
n° de municipios: 11
% acumulado: 67%



Viajes de carga 2019.

Los viajes de carga diarios originados en un municipio con destino a Bogotá dan cuenta de las relaciones de interdependencia en la dimensión económica. Entre más intensos sean estos flujos, más intensa es la integración funcional entre los territorios y, asimismo, existe más presión para que aumenten los niveles de congestión en la infraestructura vial. El resultado se traduce en ineficiencias para el agregado de los agentes, a través de los aumentos en los costos de producción, de transacción y de operación económica.

Cortes naturales de Jenks.



Umbral de la variable: 49.34 viajes.
nº de municipios: 4
% acumulado: 64%

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 32.3 viajes.
n° de municipios: 7
% acumulado: 79%
Mínimo: 0
Máximo: 227
116 municipios: 764
Promedio: 6.6
Desviación estándar: 25.7

Continuidad municipio borde.



Umbral de la variable: 8 viajes.
n° de municipios: 14
% acumulado: 93%

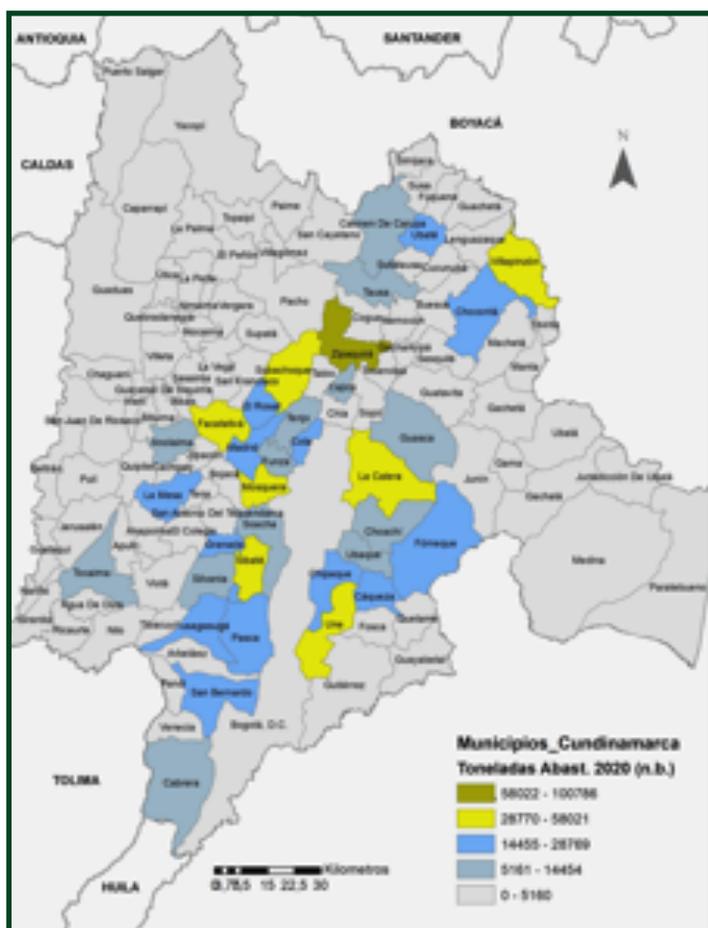


Abastecimiento de alimentos 2020.

Bogotá es epicentro de una importante demanda de alimentos explicado directamente por la cantidad de habitantes (7.4 millones según el Censo 2018, DANE). Sin embargo, la capacidad de producción agrícola de Bogotá y los municipios aledaños es baja con respecto al consumo. De tal manera que los diferentes mercados que permiten llevar los alimentos a los hogares articulan el proceso de producción, las condiciones de oferta, la intermediación

o comercialización y distribución, y las condiciones de demanda. Entonces, el abastecimiento de alimentos es entendido como el sistema de funciones y actividades mediante el cual se conectan las zonas de producción con las ciudades y centros de consumo. Es por esto que resulta fundamental fortalecer sus dinámicas y lograr mayores eficiencias en la cadena de abastecimiento alimentario.

Cortes naturales de Jenks.

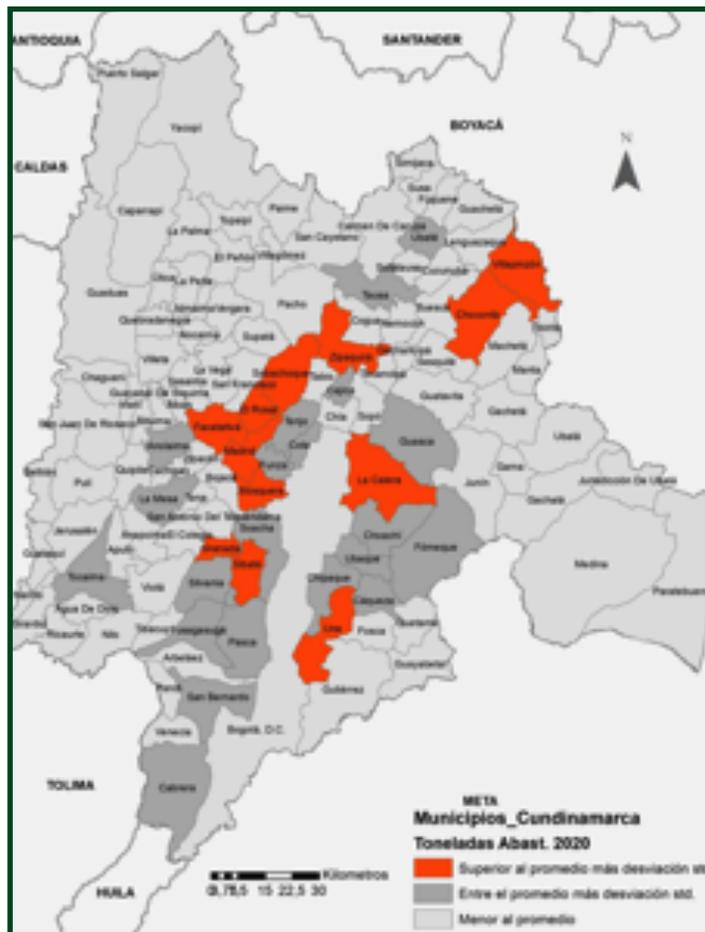


Umbral de la variable: 28,770 toneladas.
nº de municipios: 8
% acumulado: 44%

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 21,689 toneladas.
n° de municipios: 12
% acumulado: 55%
Mínimo: 0
Máximo: 100,786.
116 municipios: 878,814
Promedio: 7,576
Desviación estándar: 14,113

Continuidad municipio borde.



Umbral de la variable: 3,300 toneladas.
n° de municipios: 44
% acumulado: 94%

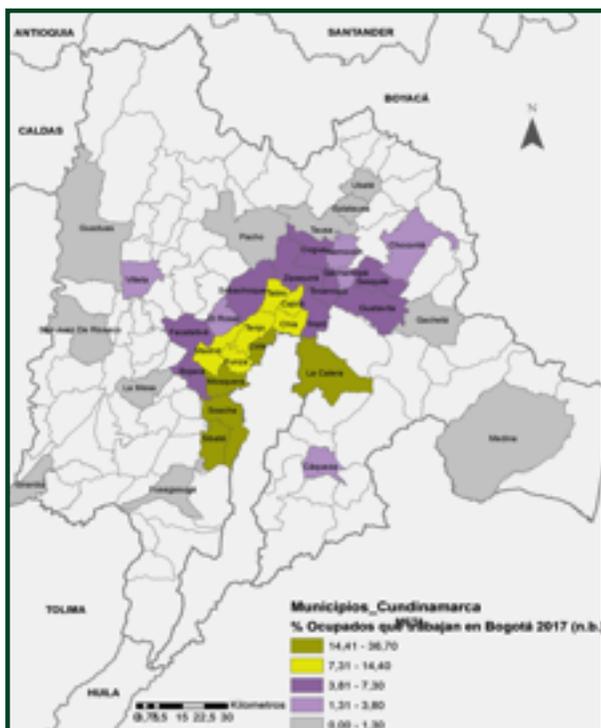


Porcentaje de ocupados que trabajan en Bogotá 2017.

Ahora bien, desde la configuración y efectos asociados a las economías de aglomeración, la dinámica del mercado laboral genera fuertes relaciones funcionales entre municipios de un entorno regional, debido, principalmente, a la existencia de una importante proporción de fuerza de trabajo que encuentra oportunidades laborales en un municipio diferente al municipio de residencia. En este sentido, por motivos laborales, se generan dinámicas de conmutación como un fenómeno cotidiano. Las condiciones resultantes de este fenómeno determinan qué tan fuertes o débiles son las relaciones funcionales entre municipios, dependiendo de la distribución espacial de la actividad económica en el territorio, de la infraestructura y de los servicios de transporte intermunicipal.

La principal limitación que tiene el uso de la Encuesta Multipropósito como fuente de información, es que incluye a Bogotá y 37 municipios de Cundinamarca. Por tanto, se asume que son los municipios con mayor interacción funcional con Bogotá.

Cortes naturales de Jenks.



Umbral de la variable: 7.31% de ocupados.

nº de municipios: 11

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 15.62% de ocupados.

n° de municipios: 5

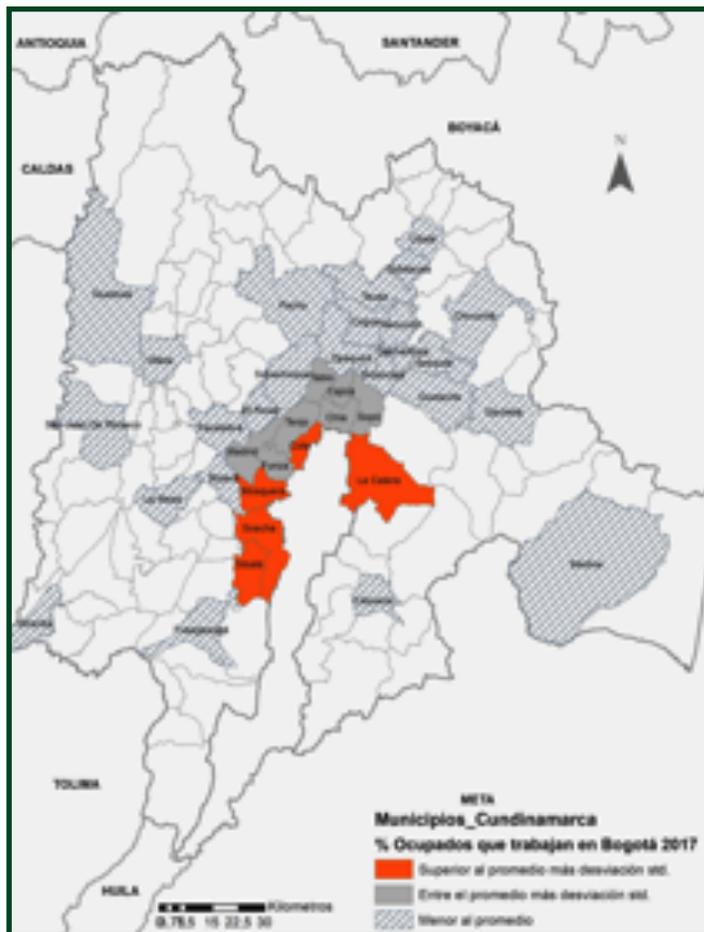
Minimum: 0.2%

Maximum: 36.7%

Promedio: 7.22%

Desviación estándar: 8.40%

Continuidad municipio borde.



Umbral de la variable: 14% de ocupados.
n° de municipios: 7

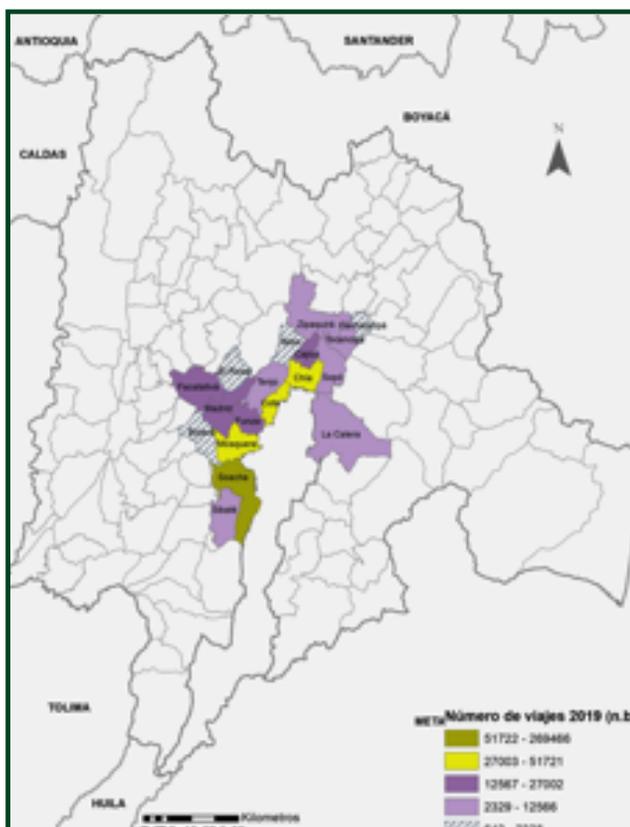
Número de viajes de personas 2019.

Las personas se movilizan diariamente por diferentes propósitos (trabajo, estudio, etc.). Si estos viajes diarios ocurren entre municipios se interpreta como una interdependencia funcional. Entre más intensos sean estos flujos, más intensa es la integración funcional entre los municipios y, asimismo, se presentan incrementos en los niveles de congestión en la infraestructura vial, resultando en ineficiencias para el agregado de los agentes, a través de los aumentos en los costos de producción, de transacción y de operación económica. La interacción funcional regional definida a partir de la atracción y generación de

viajes cotidianos de pasajeros se puede analizar con la información de la Encuesta de Movilidad (2019). El análisis de la información evidencia que Soacha es el municipio con mayor número de viajes que tienen como destino Bogotá: 269,466 viajes (se excluyeron del análisis los viajes peatonales con duración menor a quince minutos).

La principal limitación que tiene el uso de la Encuesta de Movilidad es que cuenta con información para Bogotá y 18 municipios de Cundinamarca. Por tanto, se asume que son los municipios con mayor interacción funcional con Bogotá.

Cortes naturales de Jenks.

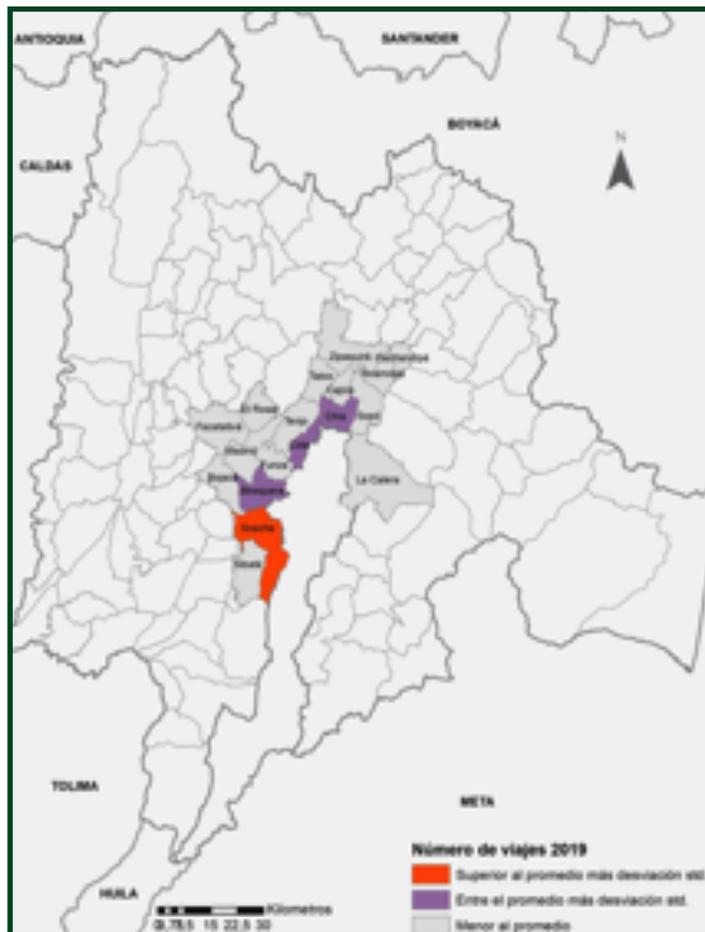


Umbral de la variable: 27,003 viajes.
nº de municipios: 4
% acumulado: 75%

$x \geq (\text{promedio} + \text{desv. estándar})$.

Umbral de la variable: 269,466 viajes.
n° de municipios: 1
% acumulado: 41%
Mínimo: 642
Máximo: 269,466
18 municipios: 526,052
Promedio: 29,225
Desviación estándar: 59,861

Continuidad municipio borde.



Umbral de la variable: 27,000 viajes.
n° de municipios: 5
% acumulado: 79%

■ **Análisis de resultados**

■ **Municipios contiguos con mayor número interdependencia**

El ejercicio de la sección anterior muestra que cada una de las ocho variables fue analizada con tres metodologías (cortes naturales de Jenks, promedio más desviación estándar y el continuidad). Cada metodología permite identificar los municipios que tienen relaciones funcionales importantes con Bogotá. Por tanto, un municipio que en todos los casos de análisis se encuentre identificado tendría un número de 24 (ocho variables por tres métodos).

De esta manera, se evidencia que existen 12 municipios contiguos con mayor número de casos en los cuales se encuentran identificados. Estos municipios son Mosquera con 15 seguido de Funza, Soacha, Cota, Chía, Madrid, Facatativá, Tocancipá, Cajicá, La Calera, Zipaquirá y Tenjo.

Tabla 3- Municipios contiguos con mayor número de interdependencias.

Orden.	Municipio.	Número de interdependencias.
1	Mosquera	15
2	Soacha	14
3	Funza	14
4	Chía	13
5	Cota	13
6	Madrid	11
7	Facatativá	10
8	Tocancipá	9
9	Cajicá	9
10	La Calera	7
11	Zipaquirá	6
12	Tenjo	5

Fuente: Cálculos ODUR.

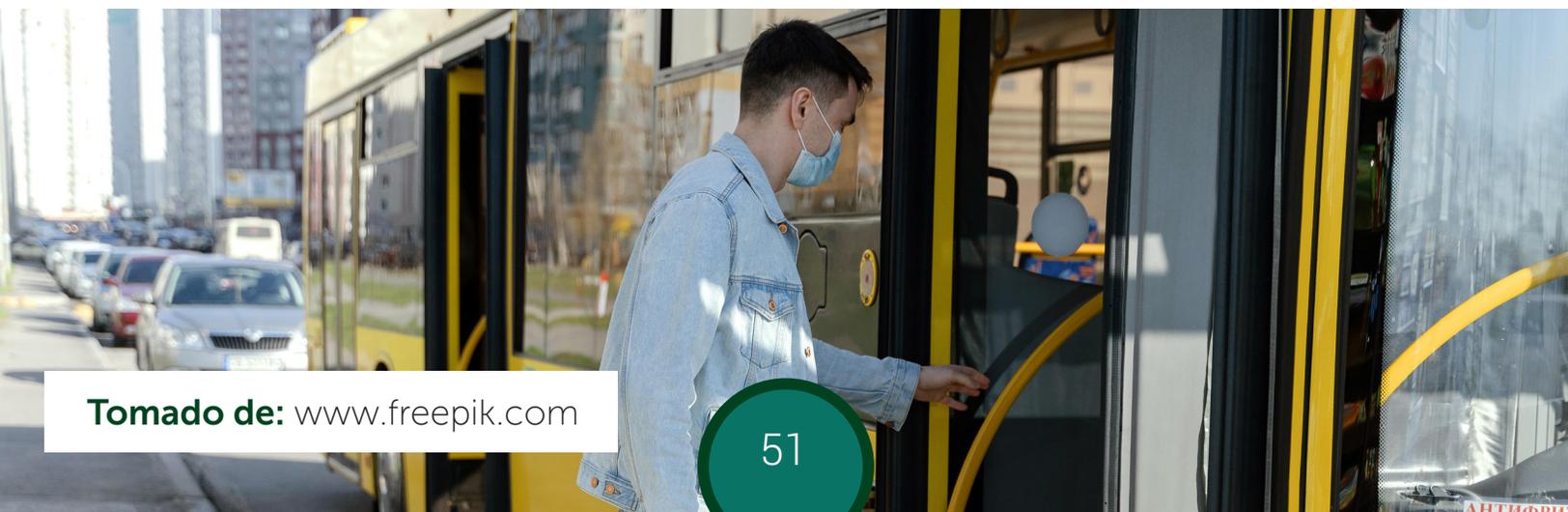
Es posible apoyar este resultado con un ejercicio de correlación de las variables seleccionadas. La Tabla 4 presenta el coeficiente de correlación calculado entre las ocho variables. Los valores con color azul identifican a las correlaciones positivas con un nivel de significatividad estadística del 5% (correlación de Pearson), por ejemplo,

entre la población de los municipios y las toneladas de residuos sólidos o el número de viajes de pasajeros, cuyos coeficientes de correlación son cercanos a uno. Lo cual evidencia que existen variables que se encuentran directamente relacionadas con la cantidad de población que tiene un municipio.

Tabla 4- Matriz de correlaciones entre las variables.

VARIABLES	Población	SNM	ICA	Residuos	V.Carga	Abastec.	Ocup. Bog.	V.Pasaj.
Población 2020	1							
SNM 2018	0.5408*	1						
ICA 2019	0.9956*	0.6404*	1					
Residuos Ton. 2020	0.9993*	0.5521*	0.9982*	1				
Viajes carga 2019	0.0137	0.4191*	0.0242	0.0077	1			
Abastecimiento 2020	-0.0224	0.1997*	-0.0391	-0.0318	0.1736	1		
Ocupados trab. Bogotá	0.6111*	0.7421*	0.5026*	0.5901*	0.2862	0.2152	1	
Viajes pasajeros 2019	0.9707*	0.5887*	0.2561	0.9740*	-0.0517	-0.1181	0.7009*	1

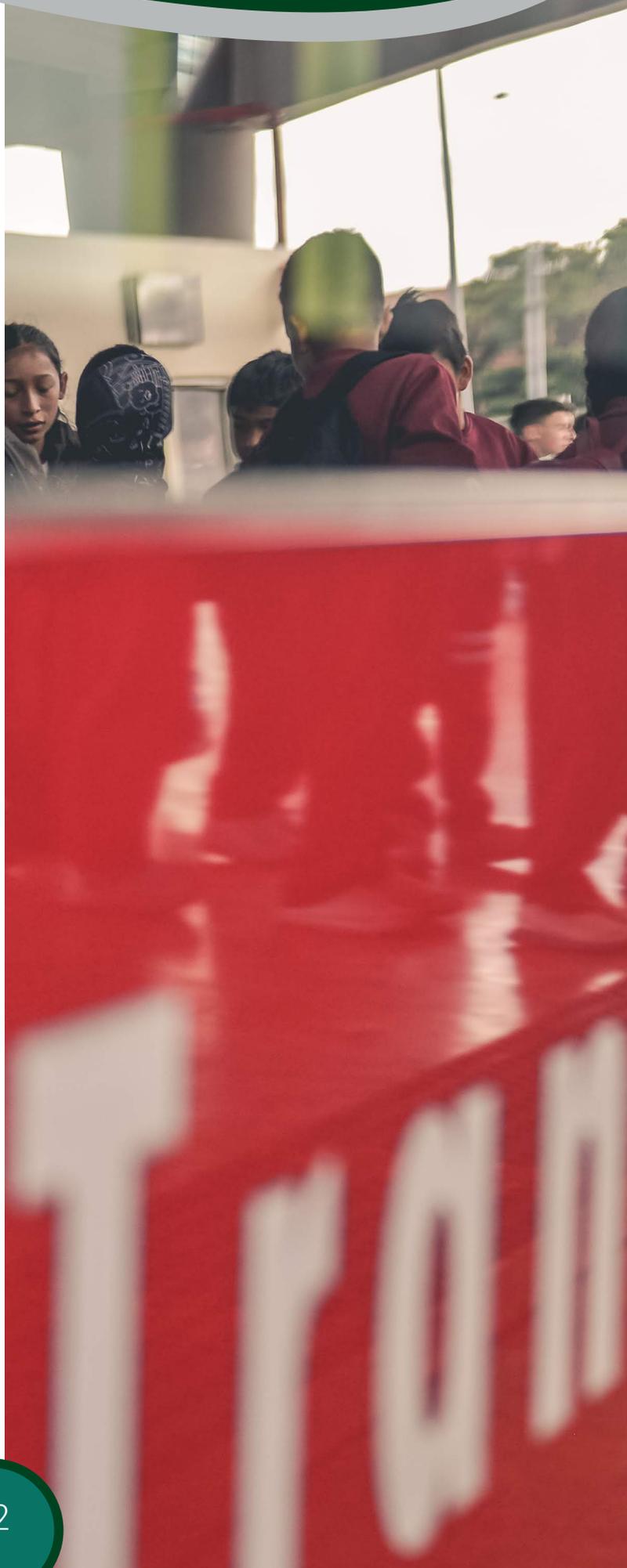
Fuente: Cálculos ODUR.



De manera opuesta, los colores rojos identifican las correlaciones negativas, como por ejemplo entre el recaudo de ICA y el abastecimiento (-13.76). Lo anterior evidencia que aquellos municipios con mayor concentración de actividad económica y por tanto de recaudo, no necesariamente son los municipios que tienen el potencial de abastecimiento alimentario de Bogotá.

Con lo anterior, es posible decir, por ejemplo, que el abastecimiento alimentario de Bogotá presenta un comportamiento diferente a las dinámicas de la aglomeración económica, y es una variable que se encuentra relacionada de manera positiva con la capacidad de producción agrícola del suelo. En otras palabras, el abastecimiento es un fenómeno que evidencia una distribución espacial diferente a la de la concentración que se presenta en la lógica económica. De hecho, como se puede observar en los mapas de la variable, el patrón espacial de los municipios con mayor cantidad de toneladas de abastecimiento se evidencia disperso y, en cierta medida, alejados de los mayores centros de consumo que son Bogotá y Soacha (áreas urbanas con mayor cantidad de habitantes de la región).

Este resultado se puede verificar al realizar un análisis de especialización económica en actividades productivas primarias, secundarias y terciarias, en donde los municipios más cercanos a Bogotá tienen mayores índices de especialización en actividades secundarias y terciarias,



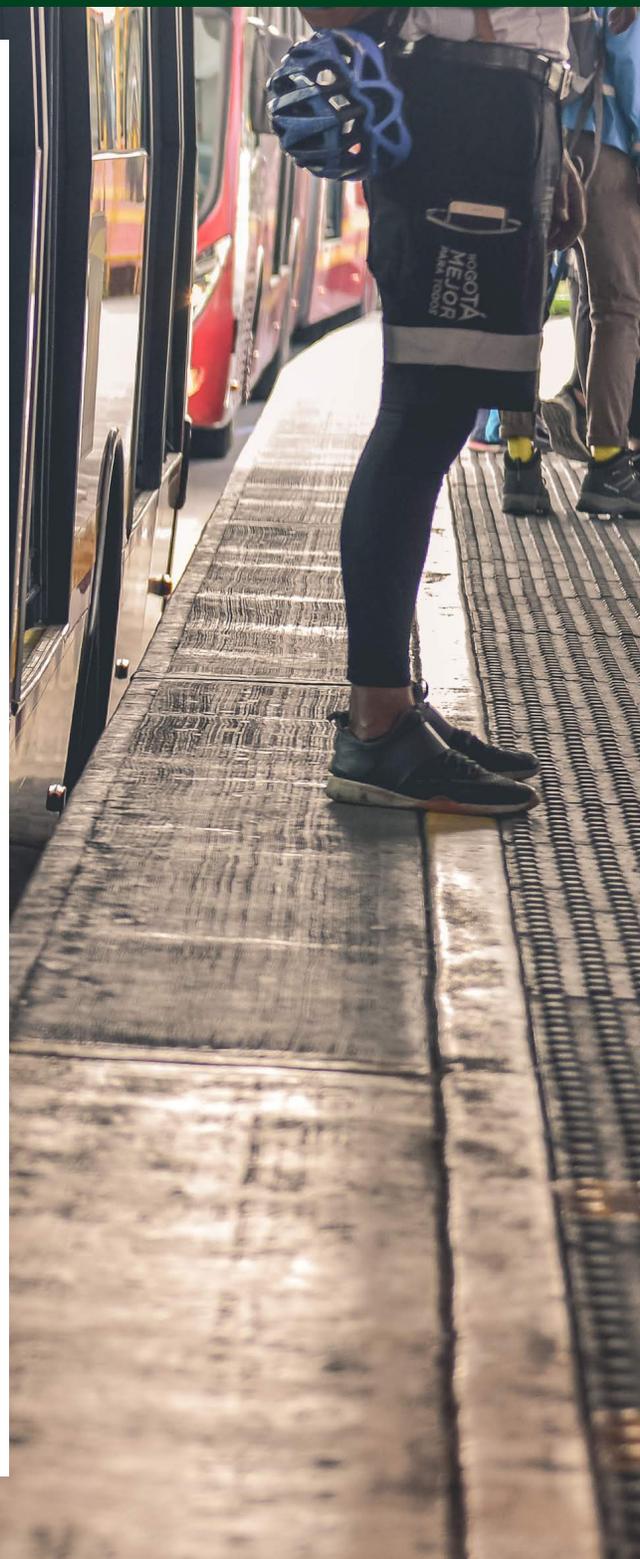


mientras que los municipios más alejados de Bogotá tienen índices de especialización en actividades económicas primarias más alto. Este comportamiento evidencia que no todas las interdependencias son fenómenos correlacionados en una sola dirección y permite dar indicios de la coexistencia de otras interdependencias en ámbitos espaciales independientes o divergentes.

Resultados comparativos

El segundo análisis de resultados se orienta hacia verificar, de manera comparativa, una hipótesis respecto al nivel de interdependencia y primacía de tres ámbitos espaciales discretos: Soacha y el acumulado de los cinco municipios de borde con respecto a Bogotá y de los 12 municipios contiguos. Por tanto:

- En la evaluación de las ocho variables, el municipio de Soacha (que representa menos del 1% entre los 116 municipios de Cundinamarca) aparece en cinco oportunidades en el primer lugar de la variable: en viajes de pasajeros representa el 51%, tanto en el porcentaje de ocupados que trabajan en Bogotá como en el saldo neto migratorio ocupa el primer lugar, también representa el 22% en población de Cundinamarca, y el 24% en residuos sólidos.
- El conjunto de los cinco municipios de borde (4,3% aproximado con respecto a los 116 municipios del departamento) acumulan: el 48% de los viajes de carga con destino a Bogotá, el 79 % del viaje de pasajeros, el 35% de la población del



departamento, el 41% de los residuos dispuestos en rellenos sanitarios y el 44% del recaudo del ICA del año 2019.

- Mientras que el conjunto de los 12 municipios (10% con respecto al total de municipios del departamento) acumula: el 88% de los viajes de carga con destino a Bogotá, el 96 % de los viajes de pasajeros, el 54% de la población del departamento, el 61% de los residuos dispuestos en rellenos sanitarios y el 77% del recaudo del ICA del año 2019.

Tabla 5- Porcentajes acumulados de conjuntos de municipios en comparación con Soacha.

	Viaje Carga.	Viajes pasajeros.
Soacha	1,90%	51,22%
Puesto de Soacha con respecto al nivel de la variable.	12	1
5 municipios de borde: Chía, Cota, Funza, Mosquera, Soacha	48,60%	79,64%
Principales 12 municipios contiguos.	88,42%	96,23%

Fuente: Cálculos ODUR.

■ **Análisis de componentes principales**

Este análisis de resultados finaliza con un ejercicio de componentes principales. Se obtuvo el cálculo del primer componente (representa el 55% de la variabilidad de los datos) y se clasificó en el mapa con el método de cortes naturales de Jenks.

El método de componentes principales permite estudiar las relaciones que se presentan entre un número de variables correlacionadas, en donde es posible

transformar el conjunto original de variables en otro conjunto de nuevas variables no correlacionadas entre sí (evitando repetición o redundancia en la información). El resultado se denomina conjunto de componentes principales. En cuyo caso, las nuevas variables son combinaciones lineales de las anteriores y se construyen según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total.

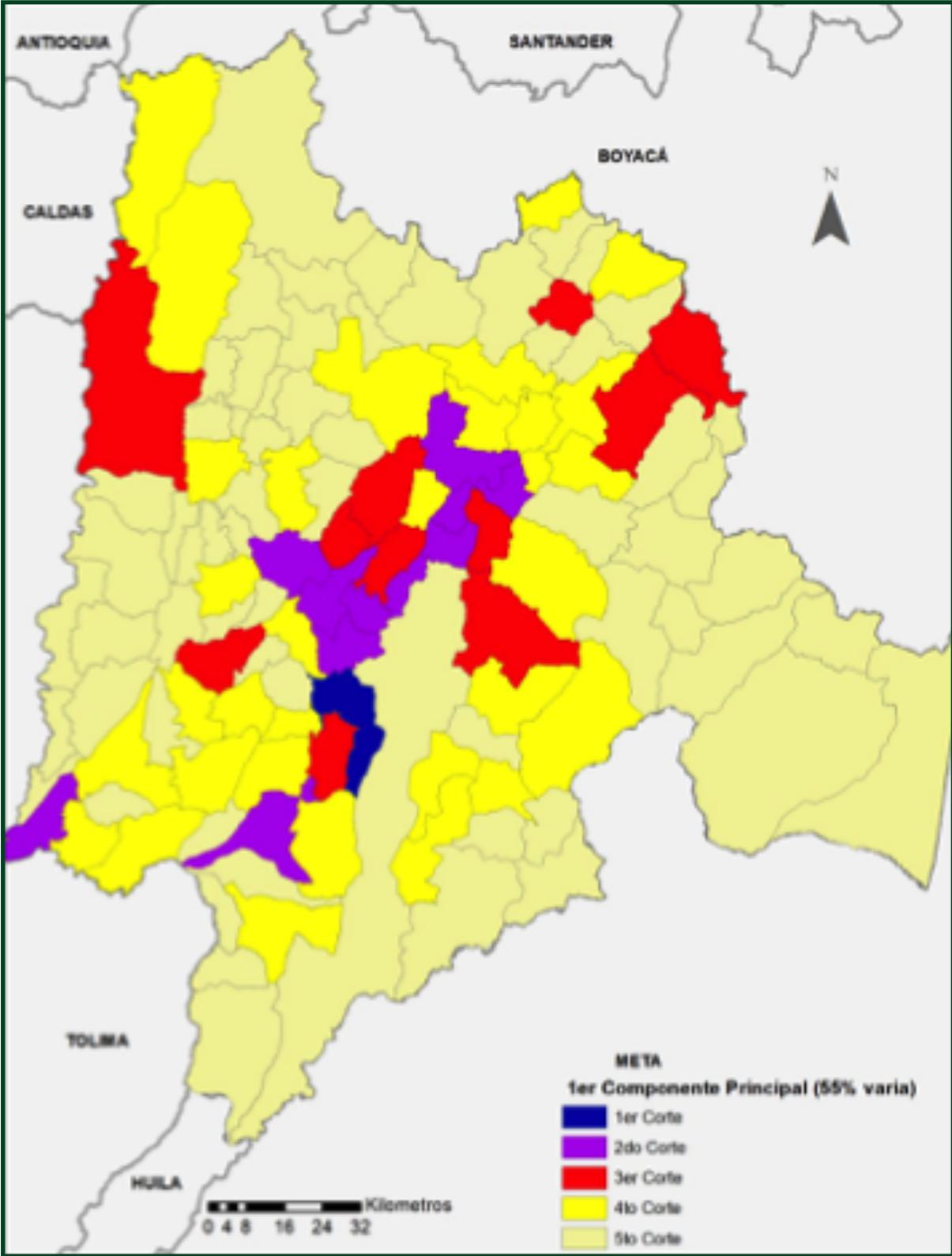


Ocupados en Bogotá.	Saldo Neto Migratorio.	Abastecimiento.	Población.	Residuos sólidos.	ICA.
x	x	0,91%	22,62%	24,02%	6,82%
1	1	33	1	1	6
x	x	10,48%	35,92%	41,60%	44,79%
x	x	36,80%	54,97%	61,08%	77,71%

En general, se busca un número de variables menor al número de variables originales incluidas en el análisis. Es decir, variables que sean combinaciones lineales de las originales y que no presenten correlaciones lineales, recogiendo la mayor parte de la información o variabilidad de los datos. Es necesario señalar que, si las variables originales no se encuentran correlacionadas de partida, entonces no tiene sentido realizar un análisis de componentes principales.³

³ *El análisis de componentes principales es una técnica matemática que no requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos, aunque si esto último se cumple se puede dar una interpretación más profunda de dichos componentes.*

Figura 7- Resultado del primer componente (método de componentes principales).



Fuente: Cálculos ODUR, mapa de la variable con cortes naturales de Jenks.

Primer y segundo corte: ○

Este ejercicio confirma las interdependencias de los cinco municipios de borde (segundo corte natural de Jenks) y dentro de estos como caso singular la primacía de Soacha (primer corte de Jenks). Al mismo nivel de interdependencias de municipios de borde se debe adicionar por un principio de homogeneidad y contigüidad los municipios de Madrid y Facatativá en el eje económico de occidente y los municipios de Cajicá, Zipaquirá y Tocancipá en el eje económico del norte. Estos nueve municipios contiguos (sin Soacha) (que representan el 7,8% de los 116 municipios del departamento), en total comprende el

79% de los viajes de carga, el 92% de los viajes de pasajeros, el 53% de la población, el 59% de los residuos generados y el 74% del recaudo del ICA.

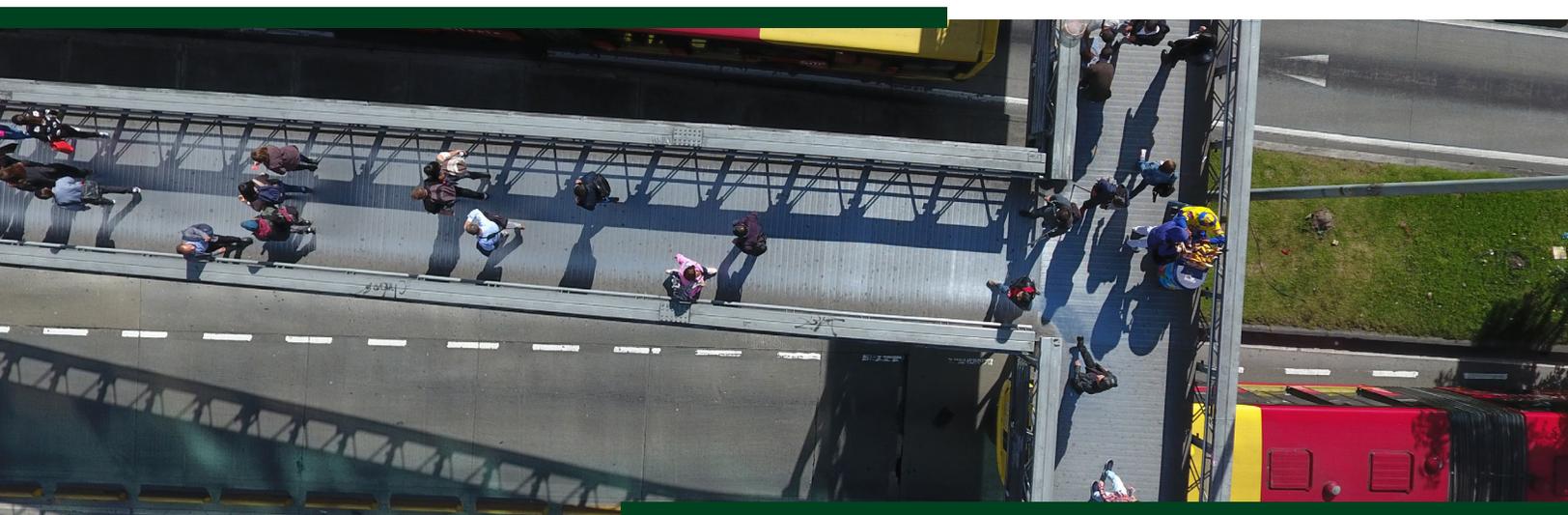
Fusagasugá y Girardot son dos ejemplos de altas interdependencias, pero sin cumplir una condición mínima de continuidad. Fusagasugá acumula cuatro interdependencias y Girardot tan solo tres. De hecho, dos variables clave que no aplican para estos dos municipios son los viajes diarios de pasajeros. Se debe resaltar que la encuesta de movilidad no incluye a Fusagasugá ni a Girardot.



Tercer corte: ○

En el tercer corte se observan dos patrones espaciales claros. Por un lado, seis municipios contiguos (representan el 5.2% de los 116 municipios del departamento): Sibaté, la Calera, Sopó, Tenjo, El Rosal y Subachoque, acumulan el 12% de los viajes de carga, el 7% de los viajes de pasajeros, el 5.8% de la población, el 5.9% de los residuos generados y el 8.7% del recaudo del ICA.

Por otro lado, un conjunto de municipios en este nivel presenta discontinuidad: Ubaté, Villapinzón, La Mesa, Guaduas y Chocontá.



Cuarto y quinto corte: ○

En el cuarto y quinto corte se considera que las interdependencias son muy bajas como para pertenecer a un umbral relacionado con Bogotá.

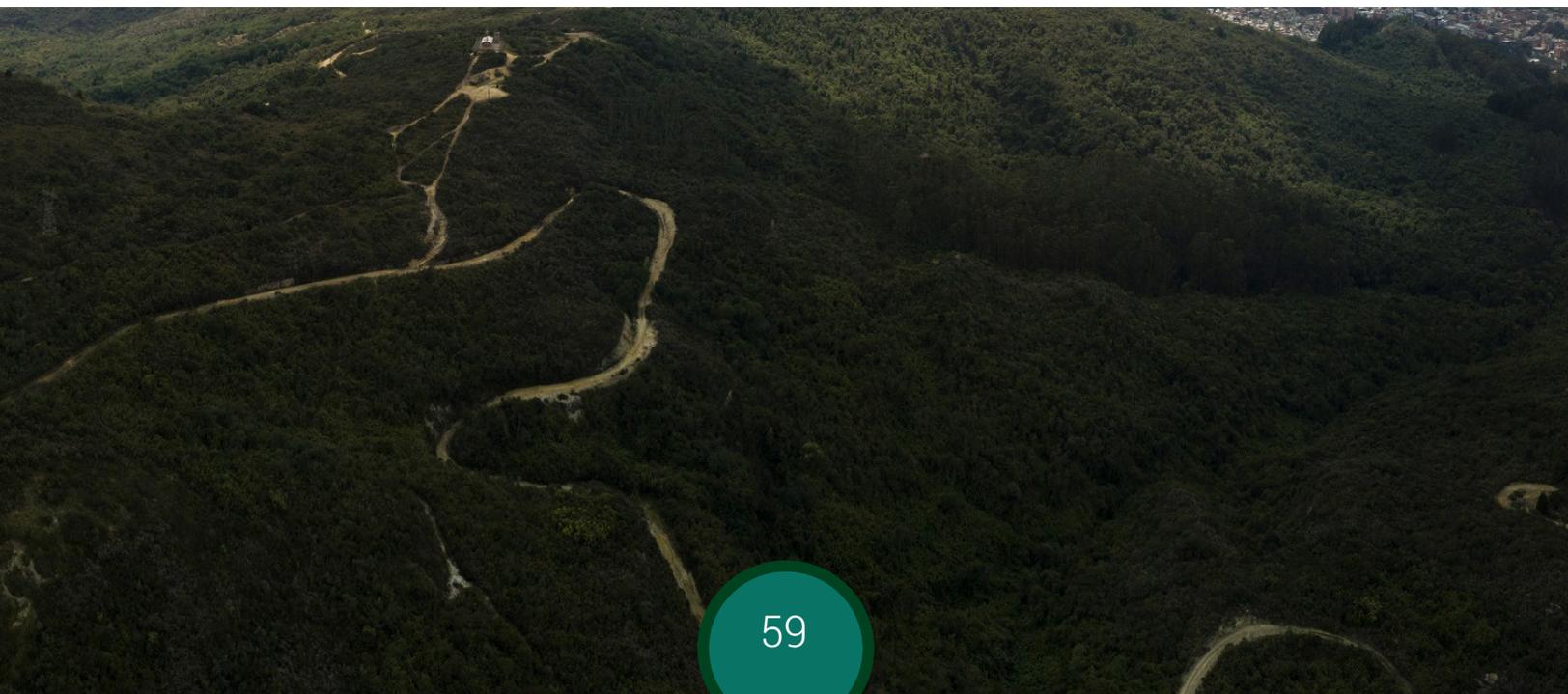
A manera de hipótesis, el cuarto corte podría dar indicios de interdependencias que no obedecen a la distribución espacial característica de las aglomeraciones económicas urbanas, y que se pueden relacionar más con la producción agropecuaria y la disponibilidad de tierra con potencial para desarrollar esta actividad económica.

En este corte se resalta el caso específico del municipio de Tabio. Tabio se considera un enclave de muy bajas interdependencias rodeado por municipios que definitivamente se encuentran dentro del umbral funcional de Bogotá. La presencia de Tabio por fuera del umbral cuantitativo produce discontinuidad espacial en dinámicas de manejo del recurso hídrico y movilidad en municipios con fuertes interdependencias.

Tabla 5- Agrupamiento de municipios a partir de cortes naturales de Jenks.

Primer corte: acumula 22% de la población.	Segundo corte: acumula el 53% de la población (municipios contiguos).	Tercer corte: acumula el 5.8% de la población (municipios contiguos).
Soacha	Mosquera Zipaquirá Facatativá Chía Funza Madrid Cajicá Tocancipá Cota	Sibaté La Calera Sopó Tenjo El Rosal Subachoque
	Fusagasugá (discontinuo) Girardot (discontinuo)	Ubaté (discontinuo) Villapinzón (discontinuo) La Mesa (discontinuo) Guaduas (discontinuo) Chocontá (discontinuo)

Fuente: Cálculos ODUR.



CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

El comportamiento espacial de los valores de las variables evidencia que los fenómenos socioeconómicos en el territorio regional no son homogéneos, estos valores presentan patrones de concentración o dispersión. Por lo tanto, es posible identificar valores relativos cuya expresión espacial configura ámbitos específicos de estudio.

Un resultado general de este documento es que los análisis de las variables tienden a reiterar los comportamientos asociados a la concentración poblacional y concentración de actividad económica. Sin embargo, como se evidencia en la variable de abastecimiento alimentario, no todas las interdependencias son fenómenos correlacionados en una sola dirección y da indicios de la coexistencia de otras interdependencias en ámbitos espaciales potencialmente divergentes.

Es importante señalar que los datos y resultados presentados en este documento no expresan la complejidad específica de lo que en las áreas metropolitanas de Colombia se denominan hechos metropolitanos. Esta complejidad requiere una interpretación y justamente por esto el principio de parsimonia es vigente y útil. De hecho, el ejercicio metodológico se planteó para obtener un resultado binario:





dentro o fuera con respecto a un umbral. Sin embargo, la realidad es más compleja y se requieren gradualidades matizadas con los rangos obtenidos. Los resultados se pueden dividir en cuatro niveles de interdependencia:

- La primacía de Soacha por el número de habitantes del municipio, por las intensas interdependencias con Bogotá, y por su realidad conurbada sobresale particularmente en los resultados.
- Los resultados evidencian que existen doce municipios contiguos con respecto a Bogotá que presentan mayor número de interdependencias detectadas. Estos municipios son: Mosquera, Funza, Soacha, Cota, Chía, Madrid, Facatativá, Tocancipá, Cajicá, La Calera, Zipaquirá, Tenjo. La sumatoria de estos municipios y Bogotá es, en esencia, el límite de la aglomeración metropolitana.
- Un conjunto de municipios que se pueden considerar de desborde, en donde la incorporación definitiva a una nueva institución de nivel metropolitano puede ser muy conveniente en previsión de un futuro más interrelacionado: Sibaté, La Calera, Sopó, Tenjo, El Rosal y Subachoque.
- Los municipios con muy bajos niveles de interdependencias o que presentan una evidente discontinuidad territorial.



Estos resultados permiten respaldar la idea de que la aglomeración urbana y la continuidad espacial son conceptos correlacionados. Esta condición define un contexto en donde los municipios que se encuentran dentro del umbral (por el valor de una variable), pero con discontinuidad espacial, presentan una condición más difícil en la incorporación funcional.

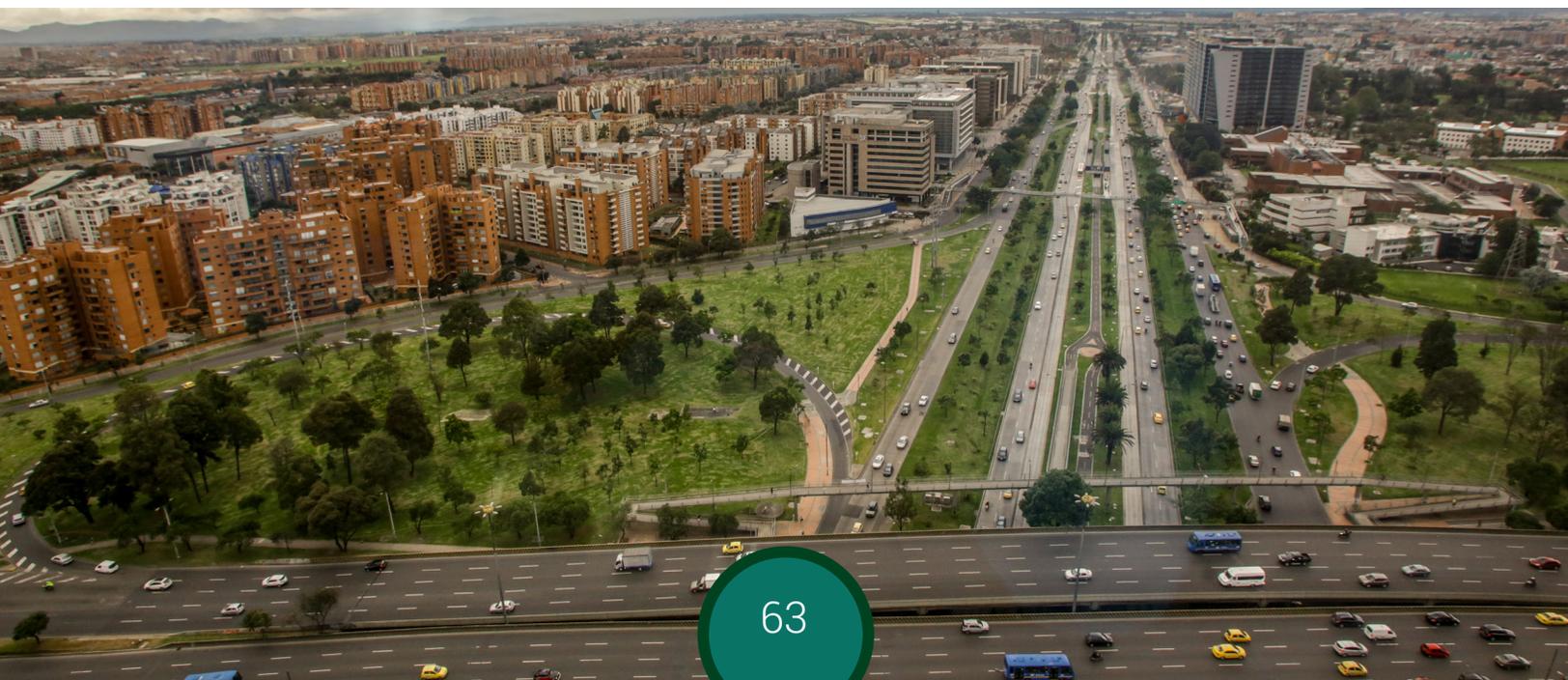
Teniendo en cuenta esta situación, los municipios que, en términos cuantitativos, se encuentran dentro del umbral, pero espacialmente son exclaves, permiten esbozar las siguientes reflexiones:

- En cuanto a la gestión del conocimiento se evidencia la necesidad de incorporar en las encuestas de movilidad y multipropósito los municipios en rangos ambiguos: Fusagasugá y Ubaté, por poner dos ejemplos específicos.
- Por otro lado, a manera de hipótesis, es posible considerar que el eje Girardot-Fusagasugá pueda ser funcionalmente una aglomeración en sí misma.
- Finalmente, en el caso contrario, para Tabío, se puede evaluar su conveniencia estratégica de ser incorporado sin cumplir los umbrales identificados.

En este sentido, en este documento se presenta un ejercicio metodológico para identificar el alcance de las relaciones funcionales entre Bogotá y los municipios de Cundinamarca. Esta tarea implicó administrar más incógnitas que ecuaciones, situación que demanda la incorporación de consideraciones estratégicas, variables exógenas e independientes, que serán en últimas las determinantes. El estudio empírico permite afirmar que cualquier ejercicio cuantitativo se encuentra subordinado a una interpretación de significancia de los datos, significancia proveniente de un ejercicio de concertación política. Autores como Nelson & Rae (2016) argumentan que dichos análisis empíricos proporcionan un andamiaje sobre el cual los responsables de la formulación de políticas pueden evaluar la forma territorial y el tamaño apropiado de los ámbitos territoriales. Ámbitos que pueden abarcar desde zonas de tránsito regionales hasta las circunscripciones electorales.

Por último, es necesario recalcar la precaución en cuanto a asumir que se puede determinar cuantitativamente una estructura absoluta o definitiva de alcances funcionales. Dada la enorme complejidad de las conexiones inherentes a la geografía de cercanías a escala regional, estos análisis cuantitativos deben entenderse como esbozos de patrones regionales amplios. Esbozos que luego deben estar sujetos a un escrutinio funcional, práctico y por supuesto político. Dentro del proceso de la conformación de una región metropolitana este escrutinio que en últimas implica, de manera transparente, identificar los actores clave (municipios) y que serán involucrados en un ejercicio más amplio de redistribución del poder y responsabilidades.

En definitiva, el ejercicio cuantitativo aporta trazabilidad y transparencia a las decisiones estratégicas; garantiza que, ante una perspectiva discrecional aislada, la selección de municipios sea objetiva y soportada en términos técnicos. En este sentido, el ejercicio cuantitativo documenta la discrecionalidad de la decisión política.



REFERENCIAS

- Ban, Arnott & Mcdonald (2017). *Identifying Employment Subcenters: The method of exponentially declining cutoffs*. Land, 6, 17.
- Bode (2008). *Delineating Metropolitan Areas Using Land Prices*. *Journal of Regional Science*, 48(1), Pp. 131-163.
- Camagni (2005). *Economía Urbana*. Antoni Bosch editor.
- Ciccone & Hall (1996). *Productivity and the Density of Economic Activity*. *American Economic Review*. 86 (1). Pp. 54-70.
- Combes & Gobillon (2015). *The Empirics of Agglomeration Economies*. In Duranton, Henderson and Strange (editors). *Handbook of Urban and Regional Economics*, Vol. 5, Elsevier (2015).
- Combes, Gobillon & Roux (2010). *Estimating Agglomeration Effects with History, Geology and Worker Fixed Effects*. In Glaeser, Edward (ed.) *Agglomeration Economies*. Chicago. IL: University of Chicago Press.
- Christaller (1933). *Die Zentralen Orte in Suddeutschland*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Dijkstra, Poelman & Veneri (2019). *The EU-OECD Definition of a Functional Urban Area*. OECD Regional Development Working Papers 2019/11.
- DNP (2014). *Misión Sistema de Ciudades: una política nacional para el sistema de ciudades colombiano con visión de largo plazo*. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C.
- DNP (2018). *Atlas de la Aglomeración de Bogotá*. Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Desarrollo Urbano, Observatorio del Sistema de Ciudades. Bogotá D.C.
- Duranton (2008). *Cities: Engines of Growth and Prosperity for Developing Countries*. Working Paper No. 12, Commission on Growth and Development. The World Bank.

- Duranton (2015). *A Proposal to Delineate Metropolitan Areas in Colombia*. Revista Desarrollo y Sociedad, Vol. 75, Pp. 223-264.
- Duranton & Puga (2004). *Micro-foundations of Urban Agglomeration Economies*. In Henderson and Thisse (editors). Handbook of Urban and Regional Economics, Vol. 4.
- Eurostat (2017). *Methodological Manual on City Statistics*. Collection: Manuals and guidelines. European Union, 2017.
- Estupiñán, Roca y Marmolejo (2017). *El distrito central de negocios y los subcentros de empleo en la estructura económica metropolitana*. En Roa (compilador), Bogotá en la Encrucijada del Desorden. Universidad Externado de Colombia.
- García-López & Muñiz (2007). *¿Policentrismo o Dispersión? Una aproximación desde la nueva economía urbana*. Investigaciones Regionales, 11, Pp. 25-43.
- García-López & Muñiz (2013). *Urban Spatial Structure, Agglomeration Economies, and Economic Growth in Barcelona: An intra-metropolitan perspective*. Papers in Regional Science, Volume 92 Number 3.
- Giuliano & Small (1991). *Subcenters in the Los Angeles Region*. Regional Science and Urban Economics 21, Pp. 163-182.
- Hall & Pain (2006). *The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-City Regions in Europe*. EARTHSCAN, London – Sterling, VA.
- Jenks & Caspall (1971). *Error On Choroplethic Maps: Definition, Measurement, Reduction*. ANNALS of the Association of American Geographers, Vol. 61, Number 2, Pp. 217-244.
- Losch (1940). *The Economics of Location*. New Haven, Yale University Press, 1954.
- McDonald (1987). *The Identification of Urban Employment Subcenters*. Journal of Urban Economics, 21, Pp. 242-258.
- McDonald & McMillen (1990). *Employment Subcenters and Land Values in a*

Polycentric Urban Area: The case of Chicago. *Environment and Planning A*, volume 22, Pp. 1561-1574.

- McMillen (2001). *Nonparametric Employment Subcenter Identification*. *Journal of Urban Economics* 50, Pp. 448-473.
- Meijers (2005). *Polycentric urban regions and the quest for synergy: is a network of cities more than the sum of the parts?* *Urban studies*, 42(4), 765-781.
- Meijers & Burger (2010). *Spatial structure and productivity in US metropolitan areas*. *Environment and planning A*, 42(6), 1383-1402.
- Muñiz, Galindo & Garcia (2003). *Cubic Spline Population Density Functions and Satellite Delimitation: The case of Barcelona*. *Urban Studies*, Vol. 40, No. 7, Pp. 1303-1321.
- Nelson & Rae (2016). *An Economic Geography of the United States: From Commutes to Megaregions*. PLoS ONE 11(11). Editor: Joshua L Rosenbloom, Iowa State University, United States.
- OECD (2012). *Redefining "Urban": A new way to measure metropolitan areas*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. OECD Publishing.
- ONU-Habitat (2017). *Nueva Agenda Urbana. Habitat III*, Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible. Naciones Unidas.
- Phillips (1974). *Newspaper Circulation as a Measure of Metropolitan Influence and Dominance*. *Southeastern Geographer*, Volume 14, Number 1, May 1974, pp. 17-25.
- Roca, Marmolejo & Moix (2009). *Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept*. *Urban Studies*, 46(13), Pp. 2841-2868.
- Van den Berg, Drewett, Klassen, Rossi & Vijverberg (1982). *Urban Europe: A study of growth and decline*. Pergamon Press.

- Dash Nelson G, Rae A (2016) *An Economic Geography of the United States: From Commutes to Megaregions*. PLOS ONE 11(11): e0166083.
- Simon HA. *Invariants of human behavior*. *Annual Review of Psychology* 1990;41: 1–20. pmid:18331187
- Rae A. From spatial interaction data to spatial interaction information? *Geovisualisation and spatial structures of migration from the 2001 UK census*. *Computers, Environment and Urban Systems* 2009;33: 161–178.
- Boulding KE. *Economics as a Science*. New York: McGraw Hill; 1970.
- Polya G. *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton: Princeton University Press; 1945.
- Vinokurov. *A Theory of Enclaves*. Lanham, MD: Lexington Books. 2007





ODUR

Observatorio de Dinámicas
Urbano Regionales



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
PLANEACIÓN

