ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METROPOLITANA MEDIANTE LA DETECCIÓN DE SUBCENTROS DE EMPLEO - EL CASO DE BOGOTÁ

NANCY RUIZ ESTUPIÑÁN, JOSEP ROCA CLADERA
Y MONTSERRAT MOIX BERGADÀ

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y
Entorno [en línea]. 2011, Año 6, núm. 18, Febrero. P. 297-324

ISSN: [1886-4805](https://doi.org/10.18866/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_ST_31.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/11691>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

METROPOLITAN STRUCTURE ANALYSIS BY DETECTION OF EMPLOYMENT SUBCENTRES: THE CASE OF BOGOTÁ

Key words: Monocentric, polycentric, subcenters, urban structure, interaction value.

Abstract

Bogotá, Capital of Colombia, is one of the largest and most influential cities in Latin America, and certainly, the most productive urban agglomeration throughout the country concentrating much of its population, employment and tertiary sector in a wide variety of services. The aim of this study is to analyze the urban structure of Bogotá at the metropolitan level from the perspective of employment density and commuting. For this purpose were applied methods of employment density peaks, reference thresholds, parametric functions and a functional method of interaction value for the detection of sub-centers and further characterization of the metropolitan structure. It was found a high degree of monocentrism and were detected two urban systems; one that brings together the whole territory of the capital and absorbs 12 neighboring municipalities, which gravitates around a 11 kilometers corridor on the eastern side of the main town; and another of smaller proportion, consisting of five municipalities at the west of the capital, that nevertheless, presents high capacity to retain its resident employed population and works as an independent piece of the central city.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METROPOLITANA MEDIANTE LA DETECCIÓN DE SUBCENTROS DE EMPLEO - EL CASO DE BOGOTÁ¹

RUIZ ESTUPIÑÁN, Nancy²

ROCA CLADERA, Josep

MOIX BERGADÀ, Montserrat

Remisión inicial: 18-11-2011

Remisión definitiva: 5-2-2012

Palabras Clave: Monocentrismo, policentrismo, subcentros, estructura urbana, valor de interacción.

Resumen

Bogotá, capital de Colombia, es una de las ciudades más grandes e influyentes de América Latina y, sin duda, la aglomeración urbana más productiva en todo el país concentrando gran parte de su población, del empleo y del sector terciario en una amplia variedad de servicios. El objetivo de este estudio es analizar la estructura urbana de Bogotá a nivel metropolitano desde la perspectiva de densidad de empleo y movilidad obligada. Para ello se aplican métodos de picos de densidad laboral, umbrales de referencia, funciones paramétricas y el método funcional del valor de interacción para la detección de sub-centros y posterior caracterización de la estructura metropolitana. Se encontró un alto grado de monocentrismo y se detectaron dos sistemas urbanos: uno que agrupa a todo el territorio de la capital, absorbe 12 municipios vecinos, y gravita en torno a un corredor de aproximadamente 11 kilómetros en el extremo oriental de la ciudad principal; y otro de pequeñas proporciones compuesto por cinco municipios al occidente de la capital, y que no obstante presenta una alta capacidad para retener a su población ocupada residente y así mismo, para funcionar como una pieza independiente de la ciudad central.

1. Introducción

Bogotá, Distrito Capital de la República de Colombia, es una de las ciudades más grandes e influyentes de América Latina y, sin duda, la concentración urbana más productiva de todo el país dada su condición de centro histórico, industrial, comercial y de servicios. Se caracteriza por concentrar gran parte de la población del país, así mismo del empleo y del sector terciario en una gran variedad de servicios, que incluye desde los personales hasta los financieros.

¹ Este trabajo es un avance posterior de la Tesis del Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana desarrollada por Nancy Ruiz Estupiñán, bajo la dirección de Josep Roca Cladera; y se realiza como parte del programa de doctorado, gracias al apoyo dado por la Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya, a través de la beca de formación en investigación FI- 2011.

² **Nancy Ruiz Estupiñán:** Centre de Política de Sòl i Valoracions, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya. Avinguda Diagonal, 649, 4 planta, 08028, Barcelona, España. Email de contacte: nancy.ruiz@upc.edu

Actualmente, la ciudad presenta un patrón espacial que se caracteriza por un núcleo económico sobre el eje centro – norte que concentra la mayor parte de los empleos de toda la aglomeración, y algunas centralidades dispersas en el territorio. Estas centralidades son entendidas, según el Plan de Ordenamiento Territorial, como espacios de atención y concentración de bienes y servicios, que permite atender la oferta local y estar conectadas entre ellas y el centro tradicional suponiendo un mejor balance de la oferta del empleo y la minimización de los viajes pendulares asociados al acceso de los mismos. Adicionalmente, el Plan de Ordenamiento vigente tiene como uno de sus objetivos principales *la construcción compartida de la región Bogotá – Cundinamarca*, señalando la consolidación de esta última como uno de sus objetivos de largo plazo.

El objetivo del presente trabajo es el análisis de la estructura urbana de la ciudad de Bogotá y su área de influencia inmediata desde la perspectiva de densidad del empleo y movilidad obligada, bajo la hipótesis central de que el análisis de estas dos variables explica en gran medida la configuración urbana de tipo monocéntrico, caracterizada por un centro de grandes dimensiones que concentra la mayor parte de la actividad económica de la metrópolis y una serie de centralidades poco significativas y dispersas en el territorio. Para esto, se implementa una serie de modelos de detección y delimitación de subcentros y se someten a una caracterización con el propósito de evaluar su relevancia como articuladores del sistema metropolitano.

El trabajo aquí presentado es un desarrollo ulterior de la tesis del Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana, en la cual se realizó el análisis preliminar de los subcentros de empleo a nivel intramunicipal para la misma ciudad. Se compone de cuatro partes: en la primera se hace una revisión del estado del arte de la detección de subcentros de empleo; la segunda presenta el ámbito de estudio y las fuentes de información; en la tercera parte se realiza una revisión general de la actividad económica, la población, el empleo y su localización; y, finalmente, se analiza la estructura urbana existente en el área metropolitana de Bogotá, a partir de los resultados de la aplicación de los diferentes métodos de detección de subcentros.

2. Estado del arte

Diversos estudios han puesto en evidencia la creciente tendencia hacia el policentrismo de las grandes metrópolis mundiales, mediante la identificación y caracterización de los subcentros que éstas contienen. Los criterios de delimitación de subcentros eran en un principio de tipo histórico, institucional o bien administrativo. Esta forma de delimitación evolucionó a principios de la década de los 90 tomando en cuenta variables de densidad urbana como el empleo y las construcciones, característica de estos lugares.

En esta misma dirección, una aproximación más completa y aceptada por estudios posteriores es la definición que hace McMillen (2001), según la cual los subcentros son lugares donde existe una mayor densidad laboral respecto a otros y, adicionalmente, dicha densidad representa un efecto positivo en la función de densidad del entorno.

Por su parte, el estudio de Roca *et al.* (2009) propone una redefinición del concepto de subcentro mediante la incorporación de una condición adicional a las ya propuestas por McMillen (2003), que refleje la esencia de estos ámbitos como elementos estructurantes de un sub-sistema urbano dentro de la configuración metropolitana, es decir, como lugares con una intensa interacción espacial con su área de influencia.

Son diversos los métodos desarrollados por la literatura especializada para la delimitación de subcentros, de los cuales pueden distinguirse dos tipos de aproximaciones: aquellos basados en criterios de densidad laboral; y los de tipo funcional, que develan la importancia de dichos lugares por la atracción de personas, incorporando variables de flujos de movilidad para determinar la interacción entre los subcentros y de estos con el Distrito Central de Negocios (en adelante, el acrónimo en inglés, CBD).

Con respecto a las aproximaciones de densidad se han tomado como criterios de delimitación los picos de densidad laboral, que consiste en la identificación de dichas alteraciones respecto de sus áreas colindantes mediante el análisis de la distribución espacial de la función de densidad y basándose en herramientas de Sistemas de Información Geográfica (en adelante, SIG); siendo candidatos a subcentros los picos locales de empleo encontrados. Este método fue utilizado en primera instancia por McDonald (1987) y retomado por McDonald and McMillen en 1990. Un segundo criterio consiste en la determinación de *cut-offs* o umbrales de referencia, que tiene en cuenta tanto la densidad (empleos por acre) como los valores absolutos o masa crítica de empleos (10.000 Lugares de Trabajo Localizados); de los cuales se destacan los trabajos de Giuliano and Small (1991), McDonald and McMillen (1998) y García-López (2007). Una tercera aproximación de densidad la constituyen los métodos paramétricos que determinan los subcentros mediante el análisis de los residuales positivos de la función exponencial negativa de densidad laboral; como en el estudio de McDonald y Prather (1994). Finalmente, la utilización de métodos no paramétricos para la identificación de picos locales de densidad laboral mediante el análisis de los residuos de las *locally weighted regression models* (en adelante, LWR).

Las aproximaciones de delimitación de subcentros de tipo funcional toman en cuenta aspectos relacionados con la atracción de estos lugares, tanto para el desempeño laboral (movilidad obligada) como para el ejercicio de otras actividades económicas (movilidad general); convirtiéndose en puntos no circunstanciales de afluencia pública y alta movilidad. En esta línea, Burns *et al.* (2001) hacen una clasificación de subcentros siguiendo tres parámetros básicos: un mínimo de 20.000 lugares de trabajo localizado, un mínimo de 50% de residentes que trabajan en la misma municipalidad, y la atracción de mínimo el 15% de los empleados desde otros lugares de residencia.

Considerando que el fenómeno del policentrismo debe estudiarse desde la perspectiva de la contribución efectiva que hacen los subcentros de empleo a la generación de una estructura metropolitana, el reciente estudio de Roca *et al.* (2009) detecta los subcentros para la Región Metropolitana de Barcelona (en adelante, RMB) usando la metodología del *valor de interacción* basada en flujos de *commuters*. El estudio argumenta que ésta es la única forma de entender dicha estructura, dado que los flujos de *commuters* relacionan los dos componentes esenciales de los mercados urbanos: el residencial y el laboral.

El análisis se basa en la estimación de la interacción existente entre diferentes zonas del área de estudio, como una función de los flujos de movilidad obligada, la población ocupada residente y lugares de trabajo localizados; que complementados con condiciones de autocontención y masa crítica permiten la delimitación de los sub-sistemas urbanos y la comprensión de la estructura interna de las metrópolis. En total, se identificaron 20 sub-sistemas que estructuran la metrópolis de Barcelona.

Adicionalmente, el estudio contrasta sus resultados con los obtenidos de la aplicación de las metodologías comúnmente usadas en esta materia: *cut-offs*, paramétricas y no paramétricas; concluyendo que, en contraste con los demás métodos, la metodología del *valor de interacción* de análisis propuesto para la delimitación de los subcentros, optimiza significativamente la interacción de la movilidad entre distintas zonas espaciales del área metropolitana, toda vez que éste permite la delimitación de sistemas urbanos reales dentro de la estructura metropolitana y no sólo la identificación de subcentros de empleo; lo que permite comprender a fondo la configuración de las metrópolis como ciudad de ciudades (Roca *et al.*, 2009).

Otros trabajos más puntuales sobre la delimitación de subcentros de empleo han sido realizados por Ruiz (2007) y Aguirre (2008). El primero de ellos tiene por objetivo identificar y caracterizar los subcentros de empleo especializados en comercio al detalle para el área de La Vaguería de Barcelona; implementando una serie de metodologías y detectando dichos subcentros a través de *irregularidades en la curva de densidad de éstos* (Ruiz, 2007). Específicamente se evaluaron los modelos paramétricos exponencial y gravitatorio, cada uno con dos variables explicativas: densidad de lugares de trabajo localizados del comercio al por menor y densidad de movilidad comercial, ambas en función de la distancia a Barcelona.

El análisis de identificación de subcentros se realiza utilizando el criterio de umbrales de corte, contrastando el resultado con la realidad territorial a nivel de *inspección gráfica* de su ubicación espacial, una masa crítica de 5.000 lugares de trabajo localizados y un análisis de captación de flujos. Así mismo, el resultado de los distintos modelos de densidad de empleos de comercio al detalle aplicados fue comprobado mediante un análisis de eficiencia, a través de la aplicación de una función de densidad de empleo adaptada a la hipótesis de monocentrismo y policentrismo del área de estudio, adscribiendo todos los municipios del área en estudio y tomando en cuenta todos los candidatos a subcentros, a través de la distancia mínima entre ellos.

El estudio encontró que de los modelos aplicados, es el modelo exponencial con el análisis de los residuos positivos el que produce resultados más satisfactorios al momento de identificar los candidatos a subcentros. Bajo este método se hallaron 20 subcentros de empleo especializados en comercio al detalle, para la zona de La Vaguería, los cuales cumplen con las condiciones de ubicación espacial, atracción de flujos comerciales y masa crítica. Ruiz (2007) confirma sobre el área de estudio que “posee un carácter policéntrico, ya que a través del estudio, junto con la realidad local y el conocimiento previo se confirma la existencia de polos de atracción y generación de empleos y compradores, por lo tanto viajes y flujos” (Ruiz, 2007: 71).

Por su parte, el objetivo del trabajo de Aguirre (2008) es la valoración de la influencia de los subcentros de empleo sobre los valores residenciales en la RMB, mediante la generación de un

modelo de identificación y análisis o validación de subcentros metropolitanos integrando varias familias de metodologías y tratándolas en el mismo nivel. De esta forma, se seleccionan los candidatos a subcentros mediante la implementación de regresiones paramétricas (en esencia el modelo exponencial logarítmico y un modelo exponencial gravitacional donde la variable independiente es la distancia al CBD), que expliquen la mayor densidad de trabajadores por municipio en función de la distancia a Barcelona. Adicionalmente, se implementan métodos de umbrales y se evalúa una serie de regresiones espaciales, tales como la LWR, *Spatial Lag* y *Spatial Error*. En estas estimaciones se incorporan patrones de movilidad, ensayando una versión compuesta de la densidad de trabajadores localizados asociada a una visión vectorial de los trabajadores. También se tienen en cuenta criterios de autocontención y autosuficiencia en la elección de candidatos a subcentros.

De las 10 metodologías aplicadas por Aguirre (2008) se encuentra que sólo cinco municipios son elegidos por todas éstas como candidatos a subcentros y 16 por más de cinco. Estos candidatos fueron a su vez validados mediante tres acercamientos: el manto de densidad de trabajadores, la identificación de relaciones de movilidad, y el aumento en los precios de la vivienda y del suelo como consecuencia de la cercanía a los subcentros. Finalmente, el estudio concluye que los 15 subcentros señalados por el análisis de los residuos positivos de una regresión paramétrica exponencial negativa para la RMB, resulta ser el set más eficaz al explicar los mantos, la movilidad y los precios.

3. Ámbito de estudio y datos

La totalidad del territorio administrativo de Bogotá Distrito Capital comprende una extensión de 1.642 kilómetros cuadrados, de los cuales 1.128 se clasifican como suelo rural y 514 como suelo urbano. De éste último, existen 5,5 kilómetros cuadrados de suelo de protección. El ámbito de estudio de esta investigación se limita al suelo urbano no protegido de la ciudad, el cual está dividido en 108 unidades de estudio; así como el área urbana de 17 municipios que conforman el primer anillo o área de influencia de la metrópolis. Estos son: Cota, Chia, Funza, Mosquera, Sibaté, Soacha, Bojacá, Cajicá, Facatativá, Gachancipá, La Calera, Madrid, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá; como se muestra en la Figura 1. De esta forma, el ámbito de estudio suma un total de 125 unidades de análisis, con una superficie de 2.489 kilómetros cuadrados, de los cuales sólo el 24% corresponde al área urbana (597Km²).

La información básica requerida para la aplicación de los diferentes modelos de delimitación de subcentros de empleo se compone de Lugares de Trabajo Localizados (en adelante, LTL), Población Ocupada Residente (en adelante, POR) y Flujos de Movilidad Obligada. Para este estudio fueron tomadas estas tres variables de la Encuesta de Movilidad Urbana del año 2005 realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (en adelante, DANE) en convenio con la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá (en adelante, STT).

En total se obtuvo la suma de 2.458.804 flujos de movilidad obligada (viajes residencia-trabajo) dentro de la zona de estudio, dejando por fuera las observaciones desde y hacia fuera del ámbito para evitar distorsiones en la aplicación de las diferentes metodologías.

Figura 1. **Ámbito de estudio**

Nota: En verde oscuro la zona rural y los Cerros Orientales de Bogotá.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGAC, 2001 (municipios) e IGAC, 2009 (cabeceras municipales).

4. Antecedentes

Bogotá, por ser el centro de poder político y económico de Colombia, posee un alto atractivo para la localización de servicios, comercio e industrias. A nivel nacional está caracterizada por una estructura productiva diversificada y una clara propensión hacia la terciarización. Posee el mayor tamaño de la población nacional y ostenta la mayor oferta de mano de obra del país, con diferentes rangos de educación, experiencia y especialidad. Actualmente, la ciudad produce el 26% del Producto Interior Bruto (en adelante, PIB) nacional. La economía bogotana está liderada ampliamente por el sector terciario (comercio y servicios), con una participación del 68% sobre el PIB total de la ciudad, durante el periodo 2000-2008. En importancia le sigue el sector industrial con un 16,8% y el sector de la construcción con el 7,3%. El último lugar lo representa el sector primario, con menos del 1% conformado por actividades agropecuarias y de minería (SDP, 2011).

Según el Documento Técnico de Soporte de la modificación del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, desde el año 2000 el crecimiento económico de la ciudad se sustenta en un mayor dinamismo de la actividad comercial, de servicios, construcción e industrial. Sin embargo, éste último, el sector industrial, ha disminuido con relación a los otros sectores. Esta disminución relativa es observable en el número de predios, en el área destinada a este uso y en el área licenciada para construcción con destino industrial. Durante el periodo 2004-2009, el comportamiento de los predios urbanos destinados a esta actividad se redujo en un 50,87%; de los cuales la gran mayoría (75%) pasó a actividades calificadas como comercio puntual y comercio en eje comercial.

En este mismo sentido, el comercio durante el periodo 2000-2007 mostró una tendencia de crecimiento positiva. Entre otras razones, el crecimiento general de la ciudad ayudó a aumentar el PIB per cápita, el consumo de los hogares y la demanda interna, contribuyendo al aumento de las ventas. El crecimiento experimentado por este sector se ve reflejado tanto en el número de predios destinados a esta actividad como en los mayores valores del metro cuadrado construido experimentados en los últimos años para su uso. Por su parte, información sobre licencias del DANE y la Cámara Colombiana de la Construcción, indican que el área licenciada para la construcción de oficinas en Bogotá muestra una tendencia creciente durante el periodo 2000 – 2009 (SDP, óp. cit.).

La tendencia de localización de la actividad económica está dada por la concentración asociada al eje centro-norte de la ciudad central, configurado en su mayoría por unidades comerciales y de servicios que muestran tasas de crecimiento positivas; mientras que en el eje Sur y centro-occidente se evidencia la fuerte concentración del sector industrial presentando una tendencia decreciente durante la última década. Las pequeñas y medianas empresas conforman algunas aglomeraciones económicas complementarias dispersas en el territorio que no pueden ser rastreadas fácilmente por las mediciones oficiales, dado que algunas de ellas al establecerse en predios residenciales, no son contabilizadas (SDP, óp. cit.).

En cambio, la economía de los demás municipios de la región está principalmente basada en los sectores de industria manufacturera (22%) y la agricultura y ganadería (18%). En el sector industrial se destacan los rubros de sustancias y productos químicos, textiles, vehículos, productos alimenticios y metalúrgicos. Por su parte, en el segundo sector predominan los cultivos de flores y papas. Otros renglones importantes son: comercio y reparaciones de vehículos, administración pública y defensa, transporte y almacenamiento, y actividades inmobiliarias y de alquiler (DANE, 2008).

Las cifras del CENSO General 2005 del DANE, muestran que en el año 2005 Bogotá tenía una población de 6.840.116 habitantes. Las proyecciones indican que para el año 2010 la ciudad tendría 7.363.782 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional de 1,42%. El 25,2% de esta población se encuentra entre los 0-14 años, el 68,7% entre 15-64 años y el 6,1% mayor de 65 años. En contraste, la población de los 17 municipios que rodean la ciudad y que son objeto de este trabajo, suman en conjunto 1.100.000 habitantes para el año 2005 con un crecimiento promedio anual de 1.63%.

Según el DANE - SDP (2008), la ciudad contaba en ese año con 5.828.579 personas en Edad de Trabajar (en adelante, PET), de las cuales 3.006.762 (51,6%) corresponden a la Población

Económicamente Activa (en adelante, PEA) y 2.772.976 a la Población Económicamente Inactiva (en adelante, PEI). Del total de la PEA, el 92,2% están ocupados y el 7,8% desocupados. Por su parte, el 83,5% de la población ocupada realiza un tipo de trabajo permanente, mientras que el 14,7% era de tipo ocasional y el 1,8% estacional. El 53% de los empleados trabajan en condición de asalariado, mientras que el 30% lo hace por cuenta propia.

Durante el periodo 2001-2009, el número total de ocupados en Bogotá pasó de 2.748.558 a 3.478.933 personas, manteniendo una tendencia creciente y estable. El sector económico responsable de dicho comportamiento es el de servicios, especialmente los servicios comunales y sociales, comercio, hoteles y restaurantes, y las actividades inmobiliarias. Estas actividades aportan en promedio para el periodo el 63% de la ocupación. Le sigue el sector industrial con una participación del 19% y el de la construcción con el 5% (SDP, 2010).

La distribución espacial del empleo de acuerdo con el sitio de trabajo advierte que la principal aglomeración de esta variable se localiza el eje centro-norte del margen oriental de la ciudad central, conformado por los sectores de Las Nieves, La Sabana, Sagrado Corazón, Teusaquillo, Chapinero, Chicó Lago, El Refugio, Usaquén, Puente Aranda, Zona Industrial y San Rafael. Se destacan las unidades Chicó Lago, Las Nieves, La Sabana y Refugio como las que generan el mayor volumen de empleo en la ciudad.

Figura 2. Flujos de movilidad obligada

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005).

Un análisis de las zonas de Origen y Destino de la actividad laboral permite visualizar que la población ocupada reside, principalmente, en la periferia de Bogotá y un gran volumen en el municipio de Soacha, pero trabaja en el interior de la ciudad central. De esta manera, se observa que hay un importante volumen de flujos de movilidad desde la periferia hacia el principal centro de empleo por motivo de trabajo. Las zonas de Tibabuyes, Ismael Perdomo y Gran Yomasa, al interior de Bogotá, presentan altos volúmenes de población ocupada, pero relativamente menores niveles de empleo, lo que permite percibir que una proporción importante de su población se desplaza hasta el corredor central y, en menor grado, a otras áreas. Por su parte, el Rincón, Fontibón y Bosa Central en Bogotá, muestran altos volúmenes tanto de empleo como de ocupación, lo que significa que estas unidades tienen mayor capacidad para absorber a la población residente y contribuir a reducir la longitud y el tiempo de los desplazamientos. Lo anterior es un indicio de que, además del corredor central, existen varios polos de segundo nivel en la periferia del municipio principal que se convierten en alternativas de empleo más cercanas para la población circundante.

El *Análisis Espacial del Mercado laboral en Bogotá* (SDP, 2009) refuerza la idea de que la actividad económica de la ciudad se organiza alrededor de tres ejes según el volumen que concentran: el principal, corredor centro-norte; y dos ejes de segundo nivel de importancia, el eje Sur y el eje noroccidental. El primero, se encuentra conformado por los sectores La Sabana, Las Nieves, La Candelaria, Zona Industrial, Chapinero, Alcázares, El Chicó, y Santa Bárbara. Este corredor alberga el 22% de la actividad económica total de la ciudad. Si a éste se incorporan las unidades Galerías y Teusaquillo se consolida un continuo espacial donde se aumenta la participación en un 25%. El eje Sur, está conformado por las unidades Restrepo, Quiroga, Venecia, y Carvajal, que representan el 8% de la actividad económica urbana. Le siguen otros polos de actividad en Bosa Central al sur-occidente de la capital y Gran Yomasa. En el tercero, eje noroccidental, aparecen Las Ferias, El Rincón y Boyacá Real. Éstas representan el 6% del total de las Unidades Económicas de la ciudad. Fontibón aparece como un polo aislado, que aunque genera altos niveles de ocupación y empleo para la población residente, su efecto no trasciende sobre las unidades vecinas.

5. Análisis de la estructura metropolitana

Con el propósito de avanzar en la caracterización de la estructura metropolitana de Bogotá, se emplearon las siguientes técnicas de detección de subcentros de empleo: picos de densidad laboral, umbrales de referencia, métodos paramétricos y método funcional.

5.1 Picos de densidad laboral

Este método fue introducido por McDonald (1987) y retomado por McDonald y McMillen (1990) para el caso de Chicago. Este criterio consiste en la identificación de picos de densidad de empleos respecto a zonas contiguas. Básicamente se emplean las herramientas SIG para detectar las zonas que representan valores más altos en la distribución espacial de la función de densidad laboral de un territorio. Estos picos locales de densidad encontrados pueden ser entendidos como candidatos a subcentro.

Figura 3. **Candidatos a subcentro – Picos de densidad laboral**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005).

En este primer ejercicio, ilustrado en la Figura 3, se evidencia una clara concentración del empleo en el extremo oriental de la ciudad central, sobre un corredor de aproximadamente 10,9 kilómetros conformado por 12 unidades, con densidades superiores a los 20.000 empleos por kilómetro cuadrado³. Hacen parte de este corredor las unidades Chicó-Lago, El Refugio, Pardo Rubio, Chapinero, Sagrado Corazón, La Macarena, Las Nieves, Teusaquillo, Galerías y La Sabana.

En esta zona se sitúa el centro histórico de la ciudad así como el Centro Internacional de Bogotá, que es considerado el centro de negocios más importante del país y que alberga la mayor parte de las instituciones financieras, administrativas e institucionales de Colombia (Sagrado Corazón, Las Nieves y La Candelaria). Los sectores de Chapinero, Pardo Rubio, El Refugio y Chicó-Lago son barrios tradicionales de la ciudad que presentan mezcla de usos de suelo con predominio del uso residencial, que en las últimas dos décadas se han venido consolidando como zonas de gran actividad económica contiguas al tradicional centro. Se

³ Para este trabajo se utiliza la densidad neta de lugares de trabajo localizados, es decir, el número de empleos por kilómetro cuadrado de suelo urbanizado.

destaca especialmente el sector de Las Nieves, con una densidad de 96.643 LTL por km². Las demás 11 unidades presentan densidades de entre 20.000 y 50.000 por km².

El siguiente rango de densidad (10.001 – 20.000 LTL/Km2) está conformado por 15 unidades que bordean por el Norte, Occidente y Sur, el corredor de alta densidad, completando así el llamado Centro Expandido de Bogotá (en adelante, CEB)⁴. Hacen parte de este segundo anillo de densidad los sectores de Santa Bárbara y Country Club por el Norte; 12 de octubre, Los Alcázares, Quinta Paredes y Zona Industrial al Occidente; y Santa Isabel, La Sabana, Las Cruces y El Restrepo hacia el Sur del corredor principal. También se encuentran dentro de este rango, aunque un poco más alejado del centro de la ciudad, los sectores de San Rafael, Puente Aranda, Ciudad Salitre Oriental y Parque Simón Bolívar; para un total de 19 unidades con densidades entre los 10 y 20 mil empleos por km².

En el rango de los 5.000 a 10.000 LTL/Km2 se hallan 29 unidades repartidas principalmente hacia el Occidente del municipio central y sólo algunas hacia el Norte y centro-sur del mismo. Se destacan las unidades pertenecientes a sectores de Muzu, Los Andes, Las Ferias y Restrepo como las de mayor densidad dentro de este rango; y la unidad 110 perteneciente al municipio de Cota, como la única unidad por fuera de la ciudad central con densidad de empleos superior a los 5.000 LTL/Km2.

Finalmente, un grueso de 65 unidades presenta densidades de menos de 5.000 LTL/Km2, siendo las más bajas densidades ubicadas en los extremos Sur, Occidental y Norte de la capital y el resto de municipios que conforman el área metropolitana de Bogotá.

5.2 Umbrales de referencia

El método de los Umbrales de Referencia o *cut-offs* intenta la detección de subcentros de empleo a partir del análisis tanto de la densidad como de la masa crítica de los lugares de trabajo. Diferentes estudios se han basado en los umbrales de referencia para analizar áreas metropolitanas, entre los más destacados están el estudio de Cervero (1989), Giuliano y Small (1991) para la región de Los Ángeles y el estudio reciente de García-López (2007) para la RMB.

El presente estudio se ha basado en el trabajo de Giuliano y Small (1991), en adelante G&S, que define como parámetros para la definición de subcentros una masa crítica de 10.000 LTL y una densidad de 10 empleos por acre (se utilizó el umbral de 2.500 LTL por km2). Adicionalmente, se han determinado los candidatos a subcentros aquellas unidades que contengan una masa crítica superior al 1% del total de lugares de trabajo del ámbito de estudio (24.588 LTL) y una densidad de empleos superior a la media, es decir, 5.277 LTL/Km2 (densidad neta), siguiendo los parámetros propuestos por García-López (2007), en adelante G-L.

⁴ El Centro Expandido de Bogotá es un concepto definido por la Alcaldía Mayor de Bogotá, que parte de la necesidad de mejorar la planeación urbana en las zonas que se están constituyendo como integrantes del centro de la ciudad; tras el auge de los nuevos centros empresariales hacia el norte y sectores comerciales minoristas hacia el occidente del centro tradicional.

La aplicación de los umbrales de referencia mencionados da como resultado un total de 65 candidatos a subcentro para el conjunto denominado G&S (10.000 LTL de masa crítica y 2.500 LTL/Km²); y 30 para el conjunto G-L (24.588 LTL y 5.277 LTL/Km²). Las unidades que cumplen únicamente con la condición de densidad se identifican con el número uno (1) y aquellas con ambos umbrales superados son considerados candidatos a subcentro y están identificados en las siguientes Figuras 4 y 5 con el número dos (2).

El primer set de umbrales, al ser tan poco exigente tanto en masa crítica como en densidad de lugares de trabajo, señala como candidatos a subcentro a un poco más de la mitad de las unidades que conforman el estudio (65 en total). De esta forma, casi la totalidad del área urbana de Bogotá cumpliría con los requisitos, a excepción de la zona Sur y el extremo Occidental de la misma; y adicionalmente el municipio de Funza, destacado como único candidato por fuera de los límites de la ciudad central (ver Figura 4).

Figura 4. **Candidatos a subcentro - Umbrales de referencia G&S**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE – STT, 2005).

El segundo conjunto de umbrales basados en el estudio de García-López (2007) es bastante más restringido que el primero, razón por la cual se reduce considerablemente el número de unidades destacadas como candidatos a subcentro (30); en su totalidad ubicadas dentro del límite administrativo de Bogotá. Bajo este set de umbrales se reitera la tendencia de concentración del empleo en el corredor oriental de la ciudad central, confirmando el protagonismo del ya mencionado CEB dentro de toda el área metropolitana. Es de anotar la existencia de tres candidatos alejados del centro de la ciudad principal, ubicados en el límite occidental de la ciudad: unidades 45, 50 y 51 pertenecientes a los sectores de Corabastos - Patio Bonito, Fontibón - Capellanía y Zona Franca, respectivamente (ver Figura 5).

Figura 5. Umbrales de Referencia G-L

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005).

5.3 Métodos Paramétricos

Los Métodos Paramétricos son empleados en la detección de subcentros de empleo en la búsqueda de mayor rigor estadístico, mediante el análisis de los residuos positivos en una función de densidad laboral potencial que permita explicar la densidad de trabajadores por unidad territorial en función de la distancia al Distrito Central de Negocios (CBD por sus siglas en inglés). De los métodos paramétricos el más utilizado es el basado en el modelo exponencial negativo; sin embargo, para el presente trabajo se evaluaron las cinco formas funcionales básicas, tratando de encontrar aquella que mejor se ajuste a la distribución de empleo observada, la cual empieza a descender a medida que incrementa la distancia al CBD.

Para la aplicación de los Métodos Paramétricos se tomó la Unidad 16, sector de Las Nieves, como el centro o CBD, dado que es la zona que cuenta con más alta densidad laboral de todo el ámbito de estudio. La distancia de las demás unidades al CBD fue calculada a partir de la estructura vial existente en la ciudad. La distribución de la densidad del empleo en función de la distancia de las unidades al CDB se observa en la Figura 6.

Figura 6. Distribución de la densidad de empleo observada

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005) y la Red Vial de la Secretaría Distrital de Planeación.

En todos los casos evaluados, la Densidad de Lugares de Trabajo Localizados (D_i) es la variable a explicar y, como variable independiente, se toma la Distancia Vial de cada unidad al CBD ($Dist_{16}$):

Modelo Lineal

$$D_i = b * Dist_{16} + k \quad (1)$$

Modelo Exponencial

$$D_i = a + e^{b * Dist_{16} + k} \quad (2)$$

Modelo Estándar

$$\ln(D_i) = -b * Dist_{16} + k \quad (3)$$

Modelo Gravitatorio

$$D_i = a * Dist_{16}^b + k \quad (4)$$

Modelo Log-Log

$$\ln(D_i) = b * \ln(Dist_{16}) + k \quad (5)$$

Se analizaron los resultados de los modelos que se intentan ajustar a la densidad de lugares de trabajo usando como variable explicativa la distancia al CBD, y se evaluó para cada cual su significancia y bondad de ajuste.

Tabla 1. Modelos de densidad de empleo en función de la distancia al CBD

	Lineal	Exp	Estándar	Grav	Log-Log
Constante (k)	13.647,914	11,282	9,149	15.927.617	10,503
a		4.628,941		-15.898.923	
b	-420,895	-0,558	0,055	0,001	-0,917
R ²	0,155	0,524	0,302	0,406	0,465
F	22,55	89,59	3.609,97	63,76	4.720,11
Error Estimado	1,37E10	8,65E9	100,76	9,64E9	77,26
Media de Residuos	0	0	0	-3,79	0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se puede observar la baja eficiencia de los modelos lineales, con un R^2 de 0,155 y Estándar con 0,302. Por su parte, los modelos Exponencial, Gravitatorio y Log-Log muestran un mejor desempeño, alcanzando un coeficiente de determinación de 0,524; 0,406 y 0,465 respectivamente. El modelo Gravitatorio se excluyó del análisis al encontrar que sus parámetros no son estadísticamente significativos y que además el promedio de sus residuos es diferente de cero. Finalmente se seleccionaron como candidatos a subcentro aquellas unidades cuyos residuos positivos superaron una desviación estándar, es decir, aquellos que más se alejen de la curva descendente de densidad, en los modelos Exponencial y Log-Log, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Estimación de curvas de tendencia para densidad LTL

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005).

El Modelo Exponencial (ver Figura 8) destaca como candidatos a subcentro siete unidades en el corredor oriental de la ciudad central, correspondiente a los sectores de Chicó Lago, El

Refugio, Pardo Rubio, Chapinero, Sagrado Corazón y La Macarena; y además las unidades Los Alcázares y Puente Aranda.

Figura 8. **Modelo exponencial**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005).

A continuación el Modelo Log-Log (ver Figura 9) destaca, adicionalmente a las 10 señaladas por el modelo exponencial, las zonas de La Uribe, Toberín, Los Cedros, Country Club y Santa Bárbara en el extremo oriental de Bogotá; la unidad 12 de octubre un poco más alejada del centro; y los municipios de Cota y Tenjo al noroccidente, y Sopó y Tocancipá al norte de la capital.

La Tabla 2 presenta una caracterización de los candidatos a subcentro según los métodos paramétricos utilizados. El primer grupo de 10 unidades son los candidatos señalados por ambos modelos, que en agregado representa el 26,5% del total de lugares de trabajo del área metropolitana. La densidad media de estas 10 unidades es de 32.613 lugares de trabajo por kilómetro cuadrado, la cual es sobrepasada únicamente por las unidades de Refugio, La Macarena y Las Nieves (esta tasa es muy alta debido justamente a la gran densidad en esta última zona). Por su parte, Sagrado Corazón, La Macarena, Las Nieves y Puente Aranda 2 demuestran las mayores tasas de puestos de trabajo por población ocupada residente (LTL/POR); lo que indica mayor capacidad de absorción de trabajadores. Finalmente, el indicador de autocontención⁵ revela que los 10 candidatos en su conjunto sólo retienen el 11% de sus trabajadores. Este indicador es mayor en el sector de El Refugio y particularmente bajo en La Macarena, zona que expulsa casi la totalidad de su población ocupada y en cambio atrae un número importante de trabajadores desde otras zonas de la ciudad.

⁵ La autocontención de una zona es la proporción de la población ocupada residente que trabaja en esta misma.

Tabla 2. Candidatos a Subcentro – Métodos paramétricos

Candidato	LTL	Densidad LTL/Km2	LTL/POR	Auto-contención
9 - Chicó - Lago	90.022	21.813	2,87	12,6%
10 – El Refugio	106.429	35.056	3,18	17,4%
11 - Pardo Rubio	58.408	28.441	3,49	11,3%
12 - Chapinero 1	30.500	31.036	2,92	7,2%
13 - Chapinero 2	48.988	30.717	2,66	4,7%
14 - Sagrado Corazón	25.237	29.538	6,79	7,1%
15 - La Macarena	54.202	39.733	5,70	2,7%
16 - Las Nieves (CBD)	166.685	96.643	6,86	13,6%
73 - Los Alcázares 2	40.607	17.016	2,91	5,8%
98 - Puente Aranda 2	30.160	16.350	6,98	4,7%
PROMEDIO (MODELO EXP)	26,5%	32.613	3,92	10,92%
2 - La Uribe	25.998	4.105	0,76	5,4%
4 – Toberín	12.966	7.115	0,89	4,2%
5 - Los Cedros 1	27.731	6.298	0,86	7,9%
6 - Los Cedros 2	16.589	7.067	0,72	4,9%
7 - Country Club	80.035	11.429	1,78	16,9%
8 - Santa Bárbara	81.532	9.115	2,56	6,9%
74 - 12 de octubre	24.312	11.349	1,24	7,5%
110 – Cota	9.851	6.207	6,12	1,8%
122 – Sopó	3.721	10.919	2,97	23,3%
124 – Tenjo	3.043	7.836	8,44	69,1%
125 - Tocancipá	4.368	13.704	3,56	29,3%
PROMEDIO (MODELO LOG)	38,3%	16.931	2,53	9,82%

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE - STT, 2005).

El segundo modelo empleado (LOG) señala un total de 21 candidatos a subcentro, que en su conjunto representa el 38% de los empleos en el área metropolitana. La densidad promedio de este grupo se reduce a 16.931 empleos por km², cifra que no es superada en ningún caso por las 11 zonas que se adicionan al primer grupo de candidatos analizado. Por su parte, los municipios de Cota y Tenjo presentan gran cantidad de lugares de trabajo respecto a su población ocupada residente; y en contraste, La Uribe, Toberín y Los Cedros 1 y 2 se destacan por tener mayor número de población ocupada respecto al número de lugares de trabajo. En estas cuatro zonas, los lugares de trabajo parecen estar ocupados por residentes de otros sectores de la ciudad, lo cual se refleja en los bajos niveles de autocontención. En este indicador se destacan las unidades Country Club, Sopó, Tenjo y Tocancipá, con tasas mucho mayores a la media del conjunto de candidatos.

En total, los métodos paramétricos aplicados señalan 20 unidades (aparte del CBD - Unidad 16) destacadas, de las cuales nueve se destacan en ambos modelos: Chicó Lago, El Refugio, Pardo Rubio, Chapinero1, Chapinero2, Sagrado Corazón, La Macarena, Los Alcázares y Puente Aranda. En concordancia con las dos aproximaciones anteriores de detección de subcentros de empleo, se confirma la importancia del corredor central al extremo oriental de

Bogotá y se destaca el desempeño del modelo Log-Log para las largas distancias, llamando a ser posibles subcentros municipios del Norte y noroccidente de la ciudad central.

5.4 Método Funcional – Valor de Interacción

Los Métodos Funcionales son los que han introducido la delimitación de subcentros como resultado de la movilidad obligada (viajes residencia - lugar de trabajo) más que de la densidad de empleo; partiendo de la premisa de que los subcentros deben ser determinantes en la configuración urbana, para lo cual es necesario que dichos nodos representen auténticos elementos estructurantes de los subsistemas que conforman las áreas metropolitanas. De esta forma, los subcentros deben ser polos de influencia y referencia para su entorno y, en esa medida, deben establecer una relación dialéctica con su área de influencia reflejado a través de los flujos de interacción (Roca *et al.*, 2009).

Como ya se había mencionado, son trabajos destacados en este campo, entre otros, los de Bourne (1989), Gordon y Richardson (1996), Burns *et al.* (2001), Aguilera (2005) y los más recientes, Roca *et al.* (2009 y 2011). Roca *et al.* (2009), detecta los subcentros para la RMB usando una metodología *de abajo hacia arriba* basada en flujos de *commuters*, argumentando que ésta es la única forma de entender dicha estructura, dado que este tipo de flujos relacionan los dos componentes esenciales de los mercados urbanos: el residencial y el laboral. El análisis se basa en la estimación de la interacción existente entre las diferentes zonas del área de estudio, como una función de los flujos de movilidad obligada, la población ocupada residente y lugares de trabajo localizados; que complementados con condiciones de continuidad, subcentros, masa crítica y densidad laboral permiten la delimitación de los subsistemas urbanos y la comprensión de la estructura interna de las metrópolis.

De esta forma, se propone la utilización de una metodología que, en cambio de delimitar subcentros para luego determinar su rol articulador de la estructura urbana, delimite primero los subsistemas del espacio metropolitano y en última instancia analice en qué casos están estructurados alrededor de municipios o zonas que pueden ser considerados subcentros.

El elemento clave de la delimitación de dichos subsistemas es la estimación de la interacción existente entre las diferentes zonas del área de estudio, que para éste caso se refiere a las 108 unidades que configuran el continuo urbano de Bogotá Distrito Capital y los 17 municipios de su área de influencia inmediata, incluidos en la encuesta de movilidad objeto de este estudio. El valor de interacción entre zonas está dado entonces por la siguiente expresión:

$$IV_{ij} = \frac{f_{ij}^2}{POR_i * LTL_j} + \frac{f_{ji}^2}{POR_j * LTL_i} \quad (6)$$

Donde,

IV_{ij} es la interacción entre las zonas i y j ;

f_{ij} y f_{ji} son flujos de movilidad obligada existentes;

POR es la población ocupada residente; y

LTL son los lugares de trabajo localizados.

Éste valor de interacción fue calculado para todas las posibles combinaciones entre las 125 unidades que conforman el ámbito de estudio y se agruparon aquellas que compartían los mayores niveles de interacción. De ésta primera agrupación derivaron los primeros *protosistemas*, como se presentan en la Figura 10.

Figura 10. Protosistemas iniciales

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE – STT, 2005).

La delimitación inicial supone subsistemas cerrados en los cuáles las unidades que los conforman tienen entre ellas los mayores niveles de interacción, es decir, la movilidad entre la residencia y el lugar de trabajo se realiza principalmente de unas hacia otras al interior del protosistema. Sin embargo, como se hace evidente, los protosistemas encontrados por el criterio de máxima interacción no son físicamente continuos, condición necesaria para que el subsistema se consolide. Sólo cumplen esta condición los protosistemas Corabastos – Patio Bonito, Zona Franca – Fontibón, Minuto de Dios, Teusaquillo y Funza. Adicionalmente, una evaluación de los 24 protosistemas encontrados arrojó que sólo el protosistema de Funza cumple con el nivel de autocontención requerido (50% de la Población Ocupada Residente que trabaja dentro del mismo subsistema)⁶; y El Refugio se acerca con un 45%.

⁶ “(...) se entiende que sólo puede llamarse “ciudad” a aquellos sistemas urbanos capaces de retener al menos un 50% de la población ocupada residente. Dichos sistemas urbanos se entiende configuran las ciudades reales, más allá de los límites municipales” (Roca *et al.*, 2011: 7).

A partir de esta primera aplicación del método funcional se revisaron y reorganizaron uno a uno los protosistemas, con el fin de corregir las situaciones de discontinuidad. De esta forma fueron revalidadas y reubicadas las unidades de los protosistemas más débiles (aquellos con menores niveles de densidad y masa crítica de lugares de trabajo) en otros con mayores posibilidades de consolidación. Esta recalificación se realizó mediante la unión de la zona discontinua con la unidad con la que mantuviera el mayor nivel de interacción y que simultáneamente hiciera parte de un protosistema contiguo, como único criterio.

Del proceso anterior de validación de los protosistemas iniciales se obtuvieron finalmente 20 subsistemas continuos, de los cuales sólo El Refugio y Funza alcanzan el nivel de autocontención para su consolidación como subsistema urbano. A su vez, cuatro protosistemas (Las Nieves, Teusaquillo, Zona Industrial 1 y San Rafael) tienen altos niveles de densidad y masa crítica de lugares de trabajo y, sin embargo, no son piezas autocontenidas. Se destaca en cambio el protosistema Funza por estar completamente fuera de la ciudad central, ser autocontenido, continuo y con significativa masa crítica de lugares de trabajo, pero con baja densidad laboral, aun teniendo en cuenta para este cálculo sólo el área urbanizada del municipio. A continuación se presenta la caracterización y la imagen de los protosistemas definitivos (ver Tabla 3 y Figura 11 siguientes, respectivamente).

Tabla 3. Caracterización de protosistemas finales

PROTOSISTEMA*	Masa Crítica LTL	Densidad LTL / Km2	Auto Contención
2 – La Uribe	91.675	980	37,7%
10 – Refugio	718.932	11.884	52,8%
16 – Las Nieves	326.538	25.846	25,9%
30 – Usme	19.046	514	9,9%
33 – Venecia 1	30.156	1.413	7,9%
35 – Venecia 3	31.755	3.271	7,1%
37 – Bosa Central	53.040	1.616	13,9%
39 – Carvajal 1	70.033	4.787	18,1%
45 – Corabastos – Patio Bonito	110.951	2.786	17,3%
51 – Zona Franca - Fontibón	111.141	4.555	19,4%
63 – Niza	108.499	2.324	19,3%
73 – Los Alcázares 2	194.625	5.158	22,0%
76 - Teusaquillo	109.304	15.495	13,1%
80 – Parque Simón Bolívar	87.848	5.488	13,1%
92 – Restrepo 3	79.477	3.978	12,6%
93 – Zona Industrial 1	139.334	11.678	20,1%
99 – San Rafael	77.593	14.450	11,9%
108 – Ismael Perdomo	30.439	398	8,9%
110 – Cota	14.272	6.281	37,5%
112 - Funza	54.146	2.010	69,7%

Nota: El nombre del protosistema obedece a la unidad con mayor número de lugares de trabajo localizados.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE- STT, 2005).

Figura 11. Protosistemas finales

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE- STT, 2005).

Finalmente, hay 12 protosistemas con una elevada masa crítica, y se puede decir que es esperable que tengan baja densidad de lugares de trabajo dada su ubicación al Sur de la aglomeración donde se encuentran los sectores más deprimidos, con lo cual es poco probable que constituyan verdaderos subsistemas. Se destaca el protosistema de Cota por tener alta densidad pero baja autocontención, dado que se encuentra ubicado al Norte de la capital y guarda alta interacción con las zonas centrales de Bogotá. El protosistema de Usme es el más débil, sin embargo, las zonas que lo conforman no guardan ninguna interacción con los protosistemas contiguos y, en cambio, sí entre ellos y con zonas ubicadas en el centro de la capital.

Un análisis posterior consistió en la agrupación de los protosistemas finales mediante un proceso de iteración de asignación de aquellos no consolidados a uno contiguo con el que guardase el máximo valor de interacción, conformando estructuras territoriales cada vez más extensas hasta alcanzar ciertos niveles de autocontención. De este análisis se derivaron los sistemas urbanos del área metropolitana de Bogotá, con niveles de consolidación del 20%, 30%, 40% y 50% (ver Figura 12).

El primer nivel distribuye el área metropolitana de Bogotá en siete subsistemas con el 20% de autocontención. Sólo dos de estos se conforman de manera independiente a la ciudad central. Al interior de Bogotá emergen cinco subsistemas, dos de ellos (Zona Industrial y Los Alcázares) con superficie de bajas proporciones. El segundo nivel de consolidación muestra una estructura metropolitana dividida en cuatro subsistemas con autocontención del 30%: uno que abarca casi la totalidad del territorio de la capital y los municipios de La Calera, Soacha y Sibaté; otro al Norte de la capital, que incluye dos zonas de Bogotá y los municipios de Zipaquirá, Gachancipá, Tocancipá, Sopó, Cajicá y Chía; el tercero conformado por los municipios de Cota, Tabio y Tenjo; y, finalmente, el subsistema de Facatativá, Madrid, Bojacá, Funza y Mosquera. Al 40% de autocontención la ciudad central se agrupa en su totalidad y absorbe a 12 de los 17 municipios de su área de influencia; a su vez se consolida el subsistema de Facatativá y los cuatro municipios aledaños. Al 50% de autocontención se mantiene esta última estructura, la que caracteriza el área metropolitana de Bogotá, conformada por dos unidades que constituyen verdaderos sistemas urbanos: uno de tamaño descomunal y otro proporcionalmente minúsculo en superficie y lugares de trabajo, pero que si bien guarda una fuerte relación con la ciudad central no depende totalmente de ésta. Llama la atención que este último, el subsistema Funza – Facatativá, se consolidó desde el principio del análisis del valor de interacción como un sistema urbano cerrado y autocontenido.

Figura 12. Sistemas Urbanos

a) Consolidación al 20%

b) Consolidación al 30%

c) Consolidación al 40 y 50%

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Movilidad Urbana (DANE- STT, 2005).

6. Conclusiones

Los diferentes métodos utilizados en el presente trabajo para la detección de subcentros de empleo para el área metropolitana de Bogotá, definida por el Distrito Capital y los 17 municipios de su área de influencia inmediata, dan cuenta de una realidad caracterizada por la presencia de un centro compuesto por varias zonas que en su conjunto estructura la organización del continuo urbano, uno de los más destacados por su dinamismo económico en América Latina.

Se emplearon en primera instancia las metodologías de Picos de Densidad, Umbrales de Referencia y Funciones Paramétricas; y se encontró que el área metropolitana de Bogotá se caracteriza por la presencia de un centro de grandes dimensiones en un corredor de aproximadamente 11 kilómetros de longitud, en el margen oriental de la ciudad central. Dicho corredor está validado por la aplicación del método exponencial y se compone de los sectores de Las Nieves, La Macarena, Sagrado Corazón, Chapinero, Pardo Rubio, El Refugio y Chicó Lago. En esta zona se sitúa el centro histórico de la ciudad, así como el Centro Internacional de Bogotá, que es considerado el centro de negocios más importante del país y dos barrios tradicionales que en las últimas dos décadas se han venido consolidando como zonas de gran actividad económica contiguas al tradicional centro.

Como lo muestran los Picos de Densidad, aparece a manera de anillo un borde alrededor de las primeras unidades ya detalladas, completando así el llamado Centro Expandido de Bogotá. Un tercer anillo viene dado por las unidades ubicadas a partir de los 12 kilómetros de distancia del centro y, por último, se destaca la baja actividad y nula presencia de subcentros en las zonas más alejadas, especialmente en los extremos Norte, Occidente y Sur de la ciudad y así mismo en los municipios vecinos. Se destacan como candidatos a subcentros, los sectores de Puente Aranda, Los Alcázares y 12 de Octubre; unidades dentro del límite municipal de Bogotá pero que no hacen parte del corredor central; y así mismo las unidades que se extienden desde el centro y hasta el sector de La Uribe al Norte de la capital. De la misma forma aparecen como posibles candidatos los municipios de Cota, Sopó, Tenjo y Tocancipá bajo el modelo paramétrico Log-Log.

Como segunda medida, se empleó el método funcional del Valor de Interacción para delimitar los subsistemas urbanos del ámbito de estudio, bajo la premisa de que los subcentros de empleo deben representar auténticos elementos estructurantes de dichos subsistemas. Mediante el análisis detallado de los flujos de movilidad obligada, la densidad y masa crítica de lugares de trabajo y la población ocupada residente, se determinaron 24 protosistemas que no en su mayoría resultaron satisfactorios a la luz de la teoría y evidencia empírica de su aplicación en áreas metropolitanas policéntricas. Un ejercicio posterior agrupó el área metropolitana en 20 protosistemas, de los cuales sólo dos, El Refugio y Funza, se consideraron como consolidados; lo cual reveló, de forma preliminar, la incapacidad de la metodología del Valor de Interacción para explicar la configuración urbana de la ciudad en cuestión.

Un desarrollo ulterior de agrupación de los protosistemas finales en función a su máximo nivel de interacción dio como resultado la formación de dos estructuras o *sistemas urbanos* consolidados al 50% de autocontención dentro del área metropolitana de Bogotá. Uno de estos sistemas es de grandes dimensiones, agrupa la totalidad del territorio de la capital y absorbe a

12 municipios vecinos; y un segundo sistema mucho menor conformado por cinco municipios al Occidente de la ciudad central.

De esta forma se evidencia hasta qué grado Bogotá es una ciudad monocéntrica, siempre que contiene un polo de gran dimensión en superficie y consistente en masa crítica y densidad de lugares de trabajo. Lo anterior hace que el centro de la capital se constituya en el gran atractor, por excelencia, de trabajadores que residen no sólo en las zonas más cercanas, sino de la periferia de la ciudad e incluso de los municipios circundantes. Por esta razón, se impide la consolidación de otros sistemas urbanos al interior de la ciudad y en esa medida se revela la ausencia de verdaderos subcentros de empleo, que determinen la configuración urbana del municipio y que sean verdaderos polos de influencia para su entorno.

A nivel metropolitano sólo se detecta la presencia de un sistema de muy baja dimensión, en proporción con la superioridad del sistema estructurado a partir del corredor central de la capital. Este sistema urbano gravita alrededor del municipio de Funza e incluye además los municipios de Facatativá, Mosquera, Madrid y Bojacá; y no es de ninguna manera despreciable, dada su alta capacidad para retener su población residente y funcionar como una pieza independiente de la ciudad central.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a Jorge Cerda del Centro de Política de Suelo y Valoraciones de la Universidad Politécnica de Cataluña y a Hernando Arenas de la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, por sus valiosos aportes en la realización de este artículo.

Bibliografía

AGUILERA, A. *Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille*, Urban Studies, 42: 1537–1547. 2005.

AGUIRRE, C. *Influencia de los subcentros de empleo sobre los valores residenciales: un análisis de la Región Metropolitana de Barcelona*. (Tesis) Máster Oficial en Gestión y Valoración Urbana, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2008. 120 p.

Bourne, L. S. Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas, *The Canadian Geographer*. 4: 312–328. 1989

BURNS, M., MOIX, M. y ROCA, J. (2001). *Contrasting indications of polycentrism within Spain's metropolitan urban regions*. Presentado en: Eighth European Estate Society Conference, Alicante, June.

CERVERO, R. *America's Suburban Centers: The Land Use Transportation Link*. Boston, MA: Unwin Hyman. 1989.

DANE - SDP. *Encuesta Calidad de Vida de Bogotá, 2007*. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Secretaría Distrital de Planeación, Bogotá, 2008. 142p.

DANE - STT. *Encuesta de Movilidad Urbana*. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá. Convenio de Cooperación No. 121 de 2004. Informe Final. Bogotá, 2005. 50p.

DANE. *Informe de Coyuntura Económica Regional - ICER*. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Bogotá, 2008. 24p.

GARCÍA LÓPEZ, M.A. *Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona*. En: *Architecture, City & Environment*, 1 (4): 519-553, 2007.

GIULIANNO, G. y SMALL, K.A. *Subcenters in Los Angeles Region*. En: *Regional Science and Urban Economics*, 21: 163-182, 1991.

GORDON, P. and RICHARDSON, H. W. *Beyond polycentricity: the dispersed metropolis, Los Angeles 1970–1990*, *Journal of the American Planning Association*, 62: 289–295. 1996.

MCDONALD, J.F. *The Identification of Urban Employment Subcenters*. En: *Journal of Urban Economics*, 21: 242-258, 1987.

MCDONALD, J.F. y MCMILLEN, D.P. *Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago*. En: *Environment and Planning A*, 22: 1561-1574, 1990.

MCDONALD, J.F. y MCMILLEN, D.P. *Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance*. En: *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 16 (2): 135-150, 1998.

MCDONALD, J.F. y PRATHER, P.J. *Suburban employment centres: The case of Chicago*. En: *Urban Studies*, 31: 201-218, 1994.

MCMILLEN, D.P. *Non-Parametric Employment Subcenter Identification*. En: *Journal of Urban Economics*, 50: 448-473, 2001.

ROCA, J. et al. *Estructura Urbana, Policentrismo y Sprawl. Los ejemplos de Madrid y Barcelona*. En: *Ciudad y Territorio*, en proceso de publicación, 2011.

ROCA, J. et al. *Urban Structure and Polycentrism: towards a redefinition of the sub-centre concept*. En: *Urban Studies*, 46: 2841 - 2865, 2009.

ROCA, J. y MOIX, M. *The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems*. En: *Regional Studies*, 39: 359-375, 2005.

RUIZ, M. *Identificación y caracterización de subcentros de empleo especializados en comercio al detalle: el caso de La Vaguería de la RMB*. (Tesis) Máster Oficial en Gestión y Valoración Urbana, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2007. 98 p.

RUIZ, N. *Detección y Análisis de Subcentros de empleo - El caso de Bogotá D.C.* (Tesis) Máster Oficial en Gestión y Valoración Urbana, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2010. 73 p.

SDP. *Boletín No. 12. Bogotá Ciudad de Estadísticas. Análisis espacial del mercado laboral en Bogotá.* Secretaría Distrital de Planeación, 2009. 34 p.

SDP. *Documento Técnico de Soporte. Modificación al Plan de Ordenamiento Territorial.* Secretaría Distrital de Planeación. Bogotá. 2011. 677 p.

SDP. *Informe de Empleo en Bogotá 2001-2009.* Secretaría Distrital de Planeación, Bogotá, 2010. 20 p.