

POLICENTRISMO MORFOLÓGICO Y FUNCIONAL. UNA PERSPECTIVA MEXICANA

Vania Sánchez Trujillo

DIRECTOR: IVÁN MUÑIZ OLIVERA

Junio de 2013

Resumen

A diferencia del modelo monocéntrico de Alonso-Muth-Mills (AMM), en la literatura no existe un modelo único del policentrismo: la definición del policentrismo como una estructura en la que hay más de un centro de empleo es tan general, que puede describir distintas realidades. En esta revisión hemos querido identificar las implicaciones contrastables de los modelos teóricos, así como las estrategias empíricas empleadas para ello. Al policentrismo se le han asociado una serie de ventajas sobre las pautas de movilidad en oposición con el monocentrismo y la dispersión; uno de los supuestos para que se verifiquen tales ventajas es que los centros de empleo sean capaces de ordenar el uso del espacio urbano restante. En esta línea, la literatura empírica ha buscado responder a la cuestión de cuál es el impacto del policentrismo sobre las densidades del empleo y la población, la movilidad, el precio del suelo, etc. Para hacerlo, existen dos enfoques distintos: el morfológico y el funcional. Revisamos las estrategias y resultados obtenidos en la valoración de los efectos sobre la densidad de población y movilidad. Además presentamos una revisión de los estudios del policentrismo en Zona Metropolitana del Valle de México. Es necesario abordar el policentrismo a través de ambos enfoques, así como instrumentar un análisis que permita valorar, en términos dinámicos, la capacidad del policentrismo para ordenar el territorio.

Código JEL: R12, R14, R40

Palabras Clave: policentrismo funcional, policentrismo morfológico, NEU, policentrismo en red, densidad de población, movilidad, Ciudad de México.

1. INTRODUCCIÓN

La concentración y distribución del empleo y la población en el área urbana (dimensión morfológica) y el patrón de viajes que aparece en ella (dimensión funcional) constituyen la estructura espacial de las ciudades. Ésta es resultado de la combinación de fuerzas económicas (economías de aglomeración, preferencias y racionalidad de los individuos y de las empresas), políticas de los gobiernos (regulación del uso del suelo, el desarrollo de infraestructuras, entre otras), así como de la historia y geografía de cada una de las ciudades (Bertaud et al., 2009). La estructura espacial es dinámica, las interacciones y los cambios de los elementos que la forman, espolean o contienen su evolución. Entre los académicos, la idea de que las grandes ciudades son policéntricas está más o menos generalizada. Coinciden también en que estas ciudades han alcanzado esta forma a partir del monocentrismo.

La organización espacial de las ciudades influye en su desempeño económico y social. La productividad es sensible a la estructura urbana de las ciudades (Ciccone y Hall, 1996; García López, 2005); los costos de transporte y sus externalidades negativas (costos medioambientales, congestión del tráfico, etc.) son potenciados o disminuidos por la forma urbana (Bertaud, 2002; Camagni, 2002; Naess, 2004). De otro lado, la forma urbana, impacta sobre la segregación de la población, especialmente en las ciudades de los países en desarrollo con sistemas de transporte público poco desarrollados (Bertaud, 2002; Banister, 2006; Bertaud, 2008).

Al policentrismo se le ha asociado una serie de ventajas en oposición a las otras formas urbanas a saber, monocentrismo y dispersión. Con base en esta idea, el policentrismo ha sido referencia para el desarrollo de políticas y planeación urbanas en algunas regiones y ciudades (ESPON, 2005, el bando número 2 en la Ciudad de México). Hay voces que consideran que no hay evidencia suficiente para afirmar que tales ventajas existen.

Uno de los supuestos clave que se ha de satisfacer para que se verifiquen tales ventajas es que los centros de empleo sean capaces de ordenar el uso del espacio urbano restante, que puedan influir en la pauta en que la población ocupa el suelo y lleva a cabo el commuting. La literatura que contrasta este supuesto ha empleado diversas estrategias y resultados que aquí anotamos.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ocupa –junto con Nueva York– el tercer puesto del ranking de ciudades más pobladas del mundo. La ZMVM tiene una extensión de 2.249 km², en ella habitan poco más de 19 millones de habitantes. El marcado carácter monocéntrico de la ciudad está dando paso paulatinamente a un cierto grado de policentrismo (Suárez y Delgado, 2009; Nava, 2010; Aguilar, 2011; Casado, 2012).

Este artículo hace una revisión de la literatura del policentrismo con el objetivo de identificar el estado del conocimiento sobre él, así como los resultados de la evidencia empírica de sus efectos y tendencia. La primera parte de la revisión aborda los modelos teóricos del

policentrismo. Hemos querido poner énfasis en las implicaciones relacionadas con la distribución de la población y la pauta de la movilidad obligada del policentrismo a fin de identificar las estrategias empíricas de contrastación de dichos modelos. En la segunda parte presentamos la revisión de los trabajos empíricos y sus resultados en términos de (a) estrategia metodológica, (b) caracterización de la estructura urbana, (c) efectos sobre la densidad de población y (d) la movilidad obligada. Para finalmente, abordar los trabajos sobre el policentrismo en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). El objetivo no es sólo el estudio de los resultados, sino además revisar qué cuestiones se revelan como rasgos particulares de la Ciudad de México en relación con las de Europa y EE. UU.; así cómo identificar las discusiones que, para los académicos y urbanistas de ésta región, son relevantes.

2. POLICENTRISMO: MODELOS TEÓRICOS DE REFERENCIA

2.1 Enfoques Teóricos Del Policentrismo

2.1.1 Modelos De La Nueva Economía Urbana (NEU)

Antecedente Teórico

El antecedente teórico del policentrismo es el modelo monocéntrico que en su forma más depurada se conoce como el modelo de Alonso, Muth y Millis (AMM en adelante). El modelo de AMM se cimenta en los postulados de la Economía neoclásica: los agentes económicos racionales maximizan sus utilidades asignando sus recursos a usos alternativos. Las empresas demandan suelo entre sus factores de producción y los hogares lo hacen indirectamente a través de la demanda de vivienda; asimismo, ambos agentes demandarán servicios de transporte que les permitan acceder a los mercados para trabajar y comprar/vender (Straszheim, 1999; Brueckner, 1999; López-Gracia, 2005).

Bajo el supuesto clásico de un mercado perfecto, el precio del suelo urbano, la renta, opera como un discriminador para garantizar que cada unidad de suelo sea asignada al uso en que maximiza su productividad. De esta suerte, una unidad de suelo localizada en un punto x se asignará al agente que ofrezca la mayor renta por ella. Cada unidad de suelo x se diferencia del resto, por la distancia en que se encuentra de los mercados de trabajo y de bienes. Bajo el supuesto de costos de transporte constantes por unidad de distancia recorrida, el gasto en que incurrirán los agentes por este motivo, será mayor a medida que la distancia a los mercados aumente. Los costos de transporte son internalizados por las empresas y los hogares, forman parte de su restricción presupuestaria; por ello su minimización implicará maximizar sus beneficios (Brueckner, 1999).

Bajo esta lógica, la empresas hallarán ventaja en la localización en el centro, una junto a otra, y para los hogares, los lugares más deseados y demandados serán los más próximos a este mercado (CBD). La presión de la demanda de suelo en los lugares más próximos al CBD,

provocará un incremento de la renta. Y a modo de compensación de este costo, el uso de este suelo tendrá un carácter más intensivo que irá disminuyendo (así como la renta) a medida que la distancia al CBD sea mayor. En el modelo AMM el elemento determinante de la estructura urbana son los costos de transporte. Las empresas, por un lado, se aglomeran a causa de ellos y, en una lógica paralela, la pauta de la localización residencial responde al *trade off* que aparece entre los gastos de renta del suelo y transporte (Brueckner, 1999).

La función de renta ofertada (función *bid rent*) estiliza la relación negativa entre renta del suelo y distancia al centro económico e indirectamente lo hace con la intensidad del uso del suelo ocupado por las empresas y los hogares debido al efecto sustitución entre distancia al CBD y cantidad de suelo consumida (García-López, 2006; Straszheim, 1999).

El modelo AMM es resultado de la unidad y coherencia del cuerpo teórico del monocentrismo. El caso del policentrismo es bien distinto, no existe un modelo único y general en la literatura. Para modelar el policentrismo, en tanto estructura y forma urbana, existen dos enfoques teóricos; por un lado tenemos a la Nueva Economía Urbana (NEU) y por otro, el Policentrismo en red. Los exponentes tanto la NEU como el Policentrismo en red coinciden en que el Modelo AMM ya no es suficiente para representar la estructura de las ciudades actuales, cada vez más complejas y lejanas del monocentrismo (Richardson, 1988; Brueckner, 1999; Boix, 2003; Camagni, 2005; De la Fuente, 2010).

Modelos policéntricos

Dentro del enfoque de la NEU hay una serie de modelos del policentrismo con una base común: el cuerpo teórico del modelo AMM, enriqueciéndolo con el reconocimiento de la presencia de Economías y Deseconomías de Aglomeración como mecanismos esenciales para entender una estructura urbana como la policéntrica. No obstante, entre estos modelos podemos hallar diferencias relevantes en los supuestos de partida, así como en el tratamiento de los centros de empleo y la decisión del lugar de residencia y en los mecanismos y alcance de las economías de aglomeración (Richardson, 1988; White, 1999; García-López, 2006; De la Fuente, 2010).

Economías de aglomeración y fuerzas centrífugas

Para los teóricos de la Economía Urbana el concepto de *Economías de Aglomeración* es esencial hasta el punto que explica la existencia misma de las ciudades (Camagni, 2005). Pero las *Economías de Aglomeración* abarcan fenómenos de muy diversa naturaleza, su estudio, por sí mismo, ha dejado una literatura teórica y empírica voluminosa (Rosenthal y Strange, 2004; García-López, 2006). *Grosso modo* podemos abordar las ideas con que muy genéricamente se asocian con las Economías de Aglomeración; entre las primeras asociaciones está el acceso a una atmósfera urbana que permite el contacto con mercados y ambientes de innovación más dinámicos, la presencia de rendimientos crecientes a escala (Mills, 1967), de ventajas potenciales de la concentración de empresas en una localización particular (Fujita y Ogawa, 1982), de externalidades positivas resultado de la interacción espacial entre los agentes

económicos (Camagni, 2005) o al ahorro de costos resultado de dicha concentración (McDonald, 1997). Todas estas ideas, si bien próximas entre sí, no son estrictamente iguales. Existen además, una serie de clasificaciones y conceptualizaciones más específicas de las Economías de Aglomeración y que enseguida reseñamos muy sintéticamente. (a) En McDonald (1997) se definen las *economías de urbanización* como el incremento de la productividad de los factores en una localización x de producción originado por el tamaño de la economía y la población que conforman la ciudad; las *economías de localización*, refieren al mismo incremento, pero originado por el tamaño de la concentración de las empresas de un sector de actividad específico y que opera únicamente entre las unidades económicas que lo componen. (b) De manera paralela a esta clasificación, pero destacando la composición sectorial de las concentraciones más que su tamaño, se habla de *economías de especialización o diversidad*. (c) Atendiendo a la vía mediante la cual operan estas ventajas, existe una tercera clasificación: *externalidades pecuniarias*, que se manifiestan a través de los mercados de factores o productos (del precio de éstos); y las *externalidades tecnológicas*, que afectan directamente la función de producción de la empresa. (d) La clasificación más empleada es la de Duranton y Puga (2004) que permite capturar las implicaciones microeconómicas de la idea más general de Economías de Aglomeración: *sharing, matching y learning*. El *sharing* captura las ventajas económicas de la aglomeración debidas al carácter indivisible de procesos productivos, del acceso a un mercado de factores de producción variado, de la expansión intensiva de las empresas con base en la especialización individual de los trabajadores o porque se pueda distribuir el costo de contar con un mercado de trabajo altamente capacitado. Estos fenómenos, en sí mismos muy distintos, se traducen en una misma ventaja: la reducción de los costos medios gracias a la posibilidad de acceder a factores de producción con altos costos fijos. Esta ventaja sólo aparece sobre la base de la concentración espacial de la actividad económica y población. El *matching* refiere al incremento de la probabilidad de coincidencia entre demanda y oferta de factores de producción o de trabajo, lo que redundará en una reducción de costos de búsqueda, del precio de los bienes debido a la competencia, así como en un incremento de la calidad de los encuentros llevados a cabo (contratos laborales, de servicios o de compra de productos). Finalmente el mecanismo del *learning* refiere a los procesos de creación, difusión y apropiación de las innovaciones, aspectos cuyo ambiente idóneo para desenvolverse es en el que participen varias empresas y que impactan directamente sobre la productividad total de los factores de producción (Duranton y Puga, 2004).

Los modelos policéntricos de la NEU introducen las *Economías de Aglomeración* combinando elementos de su naturaleza y alcance espacial. Por un lado se plantean distintos mecanismos específicos (economías de localización, de urbanización, contacto cara-cara, externalidades tecnológicas o de producción, entre otras) que impelen a la concentración de la actividad económica. Por otro, se define el área espacial en la que operan dichas economías: sólo en el

CBD o están presentes en éste y también en los centros alternativos, y de ser así ¿el mecanismo de aglomeración es la misma en los dos espacios?

La presencia de Economías de Aglomeración, siguiendo la lógica de la NEU, implicaría necesariamente que las empresas acabarían localizada *todas* en un solo punto del espacio, pues así maximizarían sus beneficios (de modo que el único equilibrio sería la ciudad monocéntrica). Pero no ocurre así. Los modelos policéntricos modelan la existencia de elementos que hacen contrapeso a esta fuerza concentradora mediante una serie de costos relacionados con la concentración de la actividad económica o el crecimiento del espacio urbano. Estos costos operan como fuerzas que empujan a las empresas hacia la dispersión, como fuerzas centrífugas (García-López, 2006).

En los modelos estas fuerzas son representadas por los costos de transporte a los mercados (costos de transporte y commuting) o la presión sobre la demanda de factores de producción (suelo y trabajo) que resultan en un incremento de los precios. Estos costos hacen que otras localizaciones aparte del CBD, sean atractivas para las empresas (Anas et al, 1998).

Los modelos de la NEU consideran que la estructura urbana resulta del equilibrio de ambas fuerzas. El policentrismo, desde este enfoque, es resultado de la evolución a partir del monocentrismo; a medida que el tamaño de la economía aumenta, los costos de la aglomeración en el CBD y la posibilidad de reproducir las ventajas de la aglomeración en la periferia da lugar a una caída del peso del centro y a la aparición de centros de empleo en la periferia (García-López, 2006).

Modelos Exógenos y Endógenos

En los modelos de la NEU, la estructura urbana policéntrica constituye un equilibrio¹ resultante de las decisiones de localización de las empresas y los hogares que (FUENTE). Entre estos modelos hay una distinción clara de dos tipos según se defina la contemporaneidad de las decisiones. Los modelos exógenos suponen que la decisión de localización de las empresas es exógena, por lo que en el modelo ésta aparece como dada y entonces se modelan las decisiones de localización y commuting de los hogares. En los modelos endógenos, las decisiones de localización de las empresas y los hogares ocurren simultáneamente (Richardson, 1988; White, 1999; García-López, 2006).

El policentrismo en los modelos exógenos es más bien un punto de partida. Bajo el supuesto de la exogeneidad de la localización del empleo, el policentrismo se configura *a priori*: se parte del supuesto de la existencia más de un centros de empleo. Las formas en que se define el policentrismo más comunes son las de dos centros: (1) el CBD más otro centro en forma de anillo exterior, separado del primero (Sullivan, 1986; Sasaki, 1990) o (2) el CBD más otro centro similar al primero (Wieand, 1987).

¹ El policentrismo puede ser el único equilibrio o uno entre otros, como el monocentrismo o la dispersión (Fugita y Ogawa, 1982).

Su objeto de interés es analizar el efecto del policentrismo sobre las funciones de renta ofertada; de densidad de población; y sobre la movilidad residencia-trabajo de la población o directamente sobre la renta del suelo observada (White, 1976; Wieand, 1987; White, 1988; Sasaki, 1990; Yinger 1992; Henderson y Mitra, 1996; Zhang y Sasaki, 1997; White, 1999; Berliant y Wang, 2008; Feng, 2008; Tsai y Lai, 2012).

Los modelos endógenos se concentran en modelar el policentrismo como equilibrio resultante de la interacción de las economías de aglomeración y los costos de transporte. Las economías de aglomeración son introducidas en la función de producción como un parámetro de eficiencia con una *función potencial de localización*² (Fujita y Ogawa, 1982; Lucas y Rossi-Hansberg, 2002). Asimismo En estos modelos no se presupone la existencia de centros de empleo ex ante de la decisión de empresas y hogares; es decir, el policentrismo sólo se configurará si con dicha estructura se alcanza una asignación óptima de suelo (la que minimice los costos de transporte de los productos y los trabajadores) entre su uso productivo y para servicios de vivienda (White, 1999; García-López 2006). En general, en estos modelos el policentrismo es uno entre otros equilibrios, como el monocentrismo o la dispersión del empleo (Fujita y Ogawa, 1982; Henderson y Slade, 1993; Lucas y Rossi-Hansberg, 2002). El modelo de localización discreto de Anas y Kim (1994), en cambio, encuentran que el policentrismo no es un equilibrio posible.

2.1.2 Policentrismo en Red

El policentrismo en red dibuja una estructura urbana con un conjunto de centros integrados mediante relaciones de cooperación y de complementariedad. Su conceptualización responde a la presencia de una serie de hechos que contravienen los supuestos o implicaciones del policentrismo jerárquico³. El policentrismo jerárquico, basado en la teoría del lugar central de Von Thünen, establece que el tamaño del centro está en relación directa con el orden de los bienes que ahí se producen y el área de mercado que abarca: los centros grandes producirán bienes de todos los órdenes, los centros de tamaño medio producirán, a su vez, sólo bienes de orden entre media e inferior, y así sucesivamente. Cada centro abarcará un área de mercado exclusiva, sin solapamientos. De este modo, queda establecida una jerarquía entre centros que responde, en última instancia, al tamaño. En este caso, las relaciones entre los centros son estrictamente verticales y están organizadas por la jerarquía existente: los centros de la base de la pirámide se relacionan únicamente con los centros medios; éstos, a su vez, lo harán con los superiores. Los centros de un mismo nivel son sustitutivos y no establecen ninguna relación entre sí. Entre los modelos exógenos de la NEU, el supuesto del carácter jerárquico del policentrismo es común; lo que no ocurre entre los modelos endógenos (Avendaño, 2013).

² El potencial de localización de un área X es creciente a las densidades de empleo, ponderadas por la distancia que las separa de X, en las localizaciones restantes.

³ Este supuesto es común en los modelos de la NEU; pero no es esencial.

La existencia de (i) ciudades especializadas (ii) ciudades con funciones que no configuran un rango completo (iii) funciones de rango superior en ciudades de orden inferior y (iv) nexos entre ciudades de rango similar (Meijers, 2006) son hechos que contravienen claramente al policentrismo jerárquico y constituye la base empírica del *Policentrismo en red*. Los teóricos de este enfoque, no obstante que reconocen la utilidad de la NEU para explicar determinados comportamientos espaciales, critican la rigidez teórica de estos modelo que, consideran, “limita su relevancia empírica” (Camagni y Capello, 2005 p. 510). Los elementos de una red son: nodos (ciudades, centros de empleo, empresas, hogares), el nexo entre ellos (infraestructuras de transporte y comunicación, relaciones, lazos) y flujos (personas, información, bienes, conocimiento, etc.). La representación gráfica de los nexos y flujos que parten de y llegan a todos los nodos permite usar la metáfora de la red para conceptualizar todo el fenómeno. (Meijers, 2006; Boix, 2003).

El origen del policentrismo en este caso, estaría en la integración de los nodos especializados y del mismo tamaño a través de relaciones complementarias o de cooperación, de modo que acaban conformando una unidad coherente que mejora el desempeño de las partes respecto a lo que cada una haría fuera de dicha unidad (Batten, 1995; Meijers, 2005; Meijers, 2006). Camagni y Capello (2004) plantean que la reducción de los costos de transporte y la demanda por la variedad de los hogares dan lugar a áreas de mercado solapadas. La lógica espacial que propone el enfoque del *Policentrismo en red* se basa en reconocer como fuente de economías de aglomeración, la integración de una red (synergetic surplus): el *Policentrismo en red* se define como un sistema de relaciones y flujos de naturaleza horizontal y no jerárquica (bidireccional, recíproco) entre centros especializados que da lugar a diversas economías (Camagni y Salone, 1993; Boix, 2003; Camagni, 2005; Meijers, 2006).

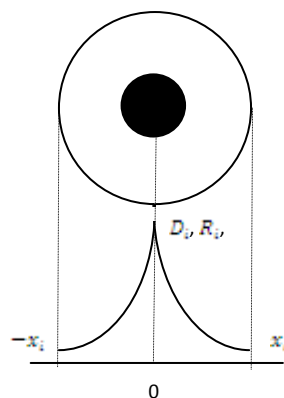
Las economías de red, aparecen gracias a la cooperación y complementariedad de los nodos de la red en la producción mediante, a las economías asociadas a la escala que se alcanza mediante la red (sinergias) y las interacciones que, según su intensidad, dan lugar a la transmisión de información y conocimiento reduciendo los costos de transacción que, fuera de la red, implicaría estos flujos (Batten 1995; Boix, 2003; Meijers, 2005). Meijers (2005) destaca que según sea el mecanismo que opere, la red será de naturaleza distinta. En las *redes tipo club* los nodos comparten un mismo objetivo y cooperan por ello; las externalidades positivas, en este caso, se reducen a los miembros del club, y las negativas están relacionadas con la congestión. En la *red tipo malla* participan nodos de naturaleza distintas que se complementan funcionalmente.

2.2 Supuestos e implicaciones contrastables sobre la densidad de población y la movilidad residencia-trabajo de los modelos policéntricos

En los modelos teóricos, la función *bid rent* del modelo describe indirectamente la distribución de población que resultaría del equilibrio del modelo. Strazheim (1999) muestra el desarrollo analítico de la función *bid rent* del modelo AMM y las condiciones de equilibrio del modelo. Sus resultados, en términos cualitativos, sobre la densidad de población indican que bajo los supuestos de convexidad de los costos de transporte y de la función de utilidad, dado que el efecto sustitución de cantidad y renta de suelo es negativo y que la renta, cae con el incremento de la distancia al CBD, el consumo de suelo no será un función decreciente de la distancia; es decir, la densidad residencial debe caer con el incremento de la distancia al CBD (Strazheim, 1999 p. 724) (Figura 1).

En los modelos exógenos de la NEU, la forma más común de modelar la estructura urbana policéntrica es definir la localización de los centros de empleo (CBD y subcentros). La decisión de localización residencial de los individuos se basa en la minimización de los costos de accesibilidad a sus centro de trabajo (como en el modelo AMM). Con base en este supuesto, se modela una pauta de localización en la que los trabajadores de un centro elegirán su lugar de residencia en torno a éste (White, 1976; Sullivan, 1986; White, 1988; Sasaki, 1990; Ross y Yinger, 1995; White, 1999).

FIGURA 1. Renta de suelo urbano (R_i) y de densidad de población (D_i) en función de la distancia los centros de empleo ($|x_i|$): ciudad monocéntrica



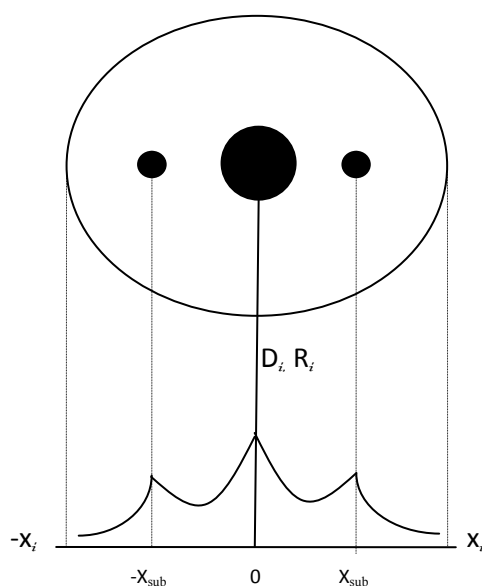
En general, el efecto de los subcentros de empleo sobre la renta del suelo (función bid rent) es que a medida que aumenta la distancia a éste último, el nivel de la renta del suelo caerá. De este modo, el gradiente de la renta cae con la distancia al CBD, pero habrá un pico de densidad en torno a la localización del SBC porque tanto las empresas como sus trabajadores ejercerán una presión sobre la demanda del suelo del rededor (Wieand, 1987; Sasaki, 1990; Zhang y Sasaki, 1997; Wang, 1999; White, 1999; Tsai y Lai, 2012). En Berliant y Wang (2008) se examina el

equilibrio con tres centros de empleo; en él se muestra cómo la densidad residencial disminuye con la distancia al CBD, pero que en las inmediaciones de los SBC presenta máximos locales (Figura 2).

Los modelos teóricos imponen implícitamente varios supuestos sobre la naturaleza del policentrismo: 1) los subcentros deben estar suficientemente alejados del centro y entre sí; 2) los subcentros no son complementarios respecto al CBD, sino sustitutivos; y 3) cada subcentro tiene su área de commuting, por lo que el modelo de movilidad asociado se supone de tipo “urban village”.

La discusión sobre movilidad en estos modelos es harto reducida dado que de antemano se han definido áreas de commuting (White, 1976; Sullivan, 1986; White, 1988; Sasaki, 1990; Ross y Yinger, 1995; White, 1999; Wang, 1999; Berliant y Wang, 2008; Tsai y Lai, 2012). No obstante, hay modelos que aportan elementos a esta discusión pues permiten variaciones en los determinantes de la decisión de localización de los hogares. En Feng (2008) se introducen amenidades asociadas con determinadas áreas dentro de la ciudad y en las funciones de utilidad de algunos hogares. Los resultados muestran que, incluyendo preferencias por las amenidades, se pueden explicar pautas de viajes más largas que las predichas por los otros modelos.

FIGURA 2. Renta de suelo urbano (R_i) y de densidad de población (D_i) en función de la distancia los centros de empleo ($|x_i|$): ciudad policéntrica



En los modelos del Policentrismo en red la distribución de la población no es objeto de análisis expreso; en cambio, se ha hecho particular énfasis en la relación entre la naturaleza de los centros o nodos con la dirección y volumen de los flujos.

Aunque no existe un modelo teórico único del policentrismo, los modelos de la NEU y de las ciudades en red representan un marco suficientemente sistemático para el análisis de los

fenómenos urbanos. Los modelos policéntricos plantean la idea de que, impelidas por el *trade off* entre ventajas y costos de la aglomeración, algunas empresas se relocalicen fuera del CBD, bajo una pauta concentrada que permita replicar, cuando menos en cierto grado, las economías de aglomeración del centro. Los modelos de la NEU, en general, coinciden en la dirección del efecto que ejercen los centros de empleo sobre las pautas de localización y movilidad de la población, así como las del precio del suelo. Estas implicaciones del modelo son el marco para instrumentar ejercicios empíricos que permitan conocer la naturaleza concreta del policentrismo, sus determinantes y efectos. Hay que decir que, dado que cada tipo de modelos trata explícitamente una u otra relación, su elección y uso dependerán del objeto de estudio que se plantee. Tanto los modelos exógenos de la NEU, como los de las ciudades en red son referentes complementarios para analizar en términos morfológico y funcional los efectos del policentrismo sobre la densidad de población y la movilidad.

3. POLICENTRISMO: REVISIÓN EMPÍRICA

3.1 Metodologías identificación subcentros

En la literatura empírica de la Economía Urbana una primera cuestión a solventar es la definición/identificación de la estructura urbana. La identificación de una estructura monocéntrica no representa ningún reto en este sentido, pues ésta se halla caracterizada por la localización del CBD en relación con el resto de la ciudad. No obstante, en el caso del policentrismo, la estructura urbana está formada por las localizaciones del CBD y el conjunto de subcentros de empleo. La literatura que aborda la identificación de subcentros ha crecido notablemente en las últimas dos décadas como reflejo de la cada vez más generalizada vigencia del policentrismo. Asimismo, se han desarrollado diversas metodologías para llevar a cabo dicha identificación; metodologías que han evolucionado de formas menos objetivas (basadas en el conocimiento a priori del área o en definiciones administrativas) a más objetivas lo que ha permitido adaptarlas a distintas áreas y momentos del análisis (García-López, 2006; Veneri, 2013).

Entre las metodologías de identificación de subcentros, podemos identificar dos grandes grupos según el tipo de variable relevante que consideren para caracterizar a una localización X como “subcentro”. En un primero grupo estarían los métodos que buscan capturar las concentraciones de actividad económica con base en el efecto morfológico o de construcción del espacio de dicha concentración; en este caso, las metodologías se basan en la teoría de la función de renta ofertada y consideran como variables de análisis el empleo localizado en X en volumen o densidad: para calificar X como centro la variable en cuestión tendría que ser particularmente atípico en ella. En un segundo grupo se hallan los métodos basados en flujos (o interacciones);

la lógica de estos métodos es que los centros son elementos, más allá de concentraciones de actividad económica, que vertebran el espacio, atractores netos de flujos: una localización X será concebida como “centro” con base en su capacidad para atraer un volumen de flujos atípico a las localizaciones del rededor. Enseguida presentamos una breve descripción de estas metodologías.

3.1.1 Métodos basados en morfología

Entre los métodos de identificación de subcentros basados en el estudio de la morfología de las ciudades se encuentran:

- (a) **Umbrales** (absolutos y estadísticos). En esta metodología se establecen cotas mínimas de densidad de empleo y de volumen total de empleo. Las áreas que satisfagan ambas cotas son consideradas centros de empleo. En el método de umbrales absolutos las cotas son determinadas con base en un conocimiento previo de la ciudad que permite fijar en un nivel tanto la densidad como el volumen de empleo mínimos que debe de tener una localización para formar parte de la estructura (Giulliano y Small, 1991; Small y Song, 1994; McMillen y McDonald, 1998; Aguilar, 2011). De otro lado, el método de umbrales estadísticos define los niveles de las cotas con base en medidas estadísticas de concentración de empleo (Muñiz et al., 2008). En McDonald (1987), así como en Shearmur y Coffey (2002), se define un umbral en términos del ratio empleo/residentes en una localización X .
- (b) **Picos locales de empleo**. Las variables empleadas por esta metodología son: el nivel y densidad de empleo o el ratio de empleo/residentes. Siguiendo la definición más clásica de subcentro, como la localización con una concentración atípica de actividad económica, esta metodología define los subcentros como las localizaciones X que registran un valor superior de la variable al de las localizaciones que la circundan (McDonald, 1987). En trabajos posteriores al de McDonald (1987) esta definición se ha aplicado mediante la identificación de máximos locales de una función de densidad (Gordon, 1986) o no paramétricas (Craig y Ng, 2001).
- (c) **Residuos positivos**. Partiendo de la estimación de una función monocéntrica, se calculan las densidades de empleo esperadas ($\bar{de}$), se obtiene entonces el residuo como la diferencia entre el valor observado (de) y el estimado ($\bar{de}$), y se eligen los residuos que estadísticamente son distintos de cero. McDonald y Prather (1994), estimaron una función exponencial negativa linealizada monocéntrica e identificaron las localizaciones con residuos positivos al 95% de significatividad.

McMillen (2001) halla los residuos con base en una función monocéntrica de regresión ponderada localmente (*locally weighted regression*) y una función semiparamétrica. Suárez y Delgado (2009) proponen una metodología en dos etapas: en la primera, identifican “áreas de atracción” con base en el ratio empleos-residentes; en la segunda etapa aplican el criterio de residuos positivos: predicen una densidad de empleo con base en una regresión de una función exponencial negativa de una estructura monocéntrica y la comparan con el valor observado en cada “área de atracción”, si la diferencia es positiva se configura un subcentros.

- (d) **Econometría espacial.** Esta metodología se basa en el cálculo y análisis de los índices locales de autocorrelación espacial (LISA) (Anselin, 1995). Los índices I de Moran, permiten identificar grupos de localizaciones con altos niveles de densidad de empleo. Este método ha sido empleado para la localización de subcentros por Guillian et al. (2004), Baumont et al. (2004) y Riguelle et al. (2007).

3.1.2 Métodos basados en flujos (o interacciones)

Los criterios para la identificación de los centros de empleo de este grupo se basan en indicadores de conectividad entre centros, y variedad de funciones al interior de ellos (Nordregio, 2005; Veneri, 2013). Estos métodos responden a una definición más restrictiva de subcentros de empleo, éstos no sólo han de ser concentraciones particulares de actividad económica, sino que deben articular el espacio urbano; esta capacidad se traduce en la idea de polos atractores de flujos (la variable más recurrente en estos trabajos es la de movilidad) (Roca et al., 2012). De otro lado, desde el enfoque funcional del policentrismo, se impone la necesidad de analizar la naturaleza de cada centro en términos de la relación con el resto; de ahí que haya trabajos que complementen el estudio de los flujos con la composición sectorial de cada nodo. En lo que sigue, abordamos primero las metodologías que consideran únicamente los flujos y después, las que además de éstos, emplean indicadores de la composición sectorial para identificar los subcentros urbanos.

3.1.2.1 Sólo en flujos

Los métodos de identificación de subcentros por medio del análisis de flujos se han desarrollado a partir del enfoque de Ciudades en Red y de la necesidad de distinguir entre redes horizontales y jerárquicas. De ahí que complementen los criterios tradicionales de concentración de empleo con consideraciones sobre la red que forman los flujos en una ciudad. En la identificación de subcentros, un primer método es mediante la inspección visual de los gráficos de flujos simples o contruidos con base en la teoría de grafos, ya sean flujos totales o submuestras (por motivos del viaje o dirección de la movilidad) (Bourne, 1989; SaadAllah et al., 2013) y un segundo

grupo de métodos es el que se basa en indicadores del volumen y dirección de los flujos (Burns et al., 2001; Roca et al., (2009); Roca et al., 2012).

En Burns et al. (2001) se usa como criterio de identificación un umbral mínimo del ratio de flujos recibidos y promovidos: califican como subcentros a las municipalidades con un ratio mayor a 1.15. Por otro lado, los trabajos de Roca et al. (2009) y Roca et al. (2012) emplean un indicador de las interacciones entre centros⁴. De acuerdo con este indicador, un subcentro será el área cuyo mayor nivel de interacción se reporte con sus áreas vecinas inmediatas.

3.1.2.2 Flujos más algún criterio relacionado con los sectores de actividad

Estas metodologías proponen un criterio que complementa los indicadores de flujos (volumen y dirección) con la composición sectorial de la actividad económica de las áreas analizadas. La propuesta de identificación de Gordon et al. (1986) consiste en determinar un umbral mínimo de tráfico que permita destacar de entre el conjunto, a los subcentros. Para ello estiman una “tasa de generación de viajes por empleo” por sector de actividad y, con base en dicha tasa, estiman el tráfico total por acre en cada localización X . Este último indicador, denominado “densidades de generación de viajes”, es comparado con un umbral predeterminado. Casello y Smith (2006) identifican “Centros de Actividad de Transporte” mediante umbrales de volumen y densidad de empleos y construyen una medida de atracción de viajes teórica. Ésta última es calculada con base en la composición sectorial de los empleos. De este modo, identifican los centros de empleo de primero, segundo y tercer órdenes ponderando el empleo según el sector en que se encuentre. Argumentan, como en Gordon et al. (1986), que el número de viajes atraídos por un empleo, es distinto entre sectores: un empleo agrícola en promoverá menos viajes que un empleo en el comercio al menudeo.

Finalmente, en Veneri (2013) se sugiere una metodología que permita identificar centros de empleo y clasificarlos según su orden. Se construyen tres índices: uno de centralidad, de dominancia direccional y, finalmente, otro de completitud de funciones⁵. Esta metodología impone que un subcentros ha de ser un atractor neto de flujos, contar con una masa crítica notable. Se clasifica entonces como de primer o segundo según la variedad de funciones que

⁴ Con base en una matriz de flujos residencia-trabajo se calcula el valor de la interacción entre i y j como $VI_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i E_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j E_i}$ donde F_{ij} es el volumen de flujos entre i y j ; POR_j , la población ocupada residente en j ; y E_j el empleo en j .

⁵ Vaneri (2013) calcula un ratio de centralidad de los flujos ($FC_i = \frac{\sum_{j=1}^N I_{ij}}{\sum_{i=1}^N O_{ij}}$ donde I_{ij} es el número de viajes hacia la localización i desde j y O_{ij} es el número de viajes de i hacia j); un Índice de Dominancia Direccional ($DII_i = \frac{I_i}{(\sum_{j=1}^N I_j)/N}$ donde I_i es el número de viajes hacia i desde el resto de localizaciones y O_{ij} es el número de viajes de i hacia j)

cumple: las áreas que sean atractoras netas, con masa crítica suficiente, y desempeñen un rango de funciones completo son “centros urbanos de primer orden”; en tanto que, los que satisfagan los dos primeros criterios, pero no el tercero, serán “centros urbanos de segundo orden”. Veneri (2013) destaca el hecho de que los métodos basados sólo en flujos no permiten capturar subcentros resultado del proceso de integración de centros históricos preexistentes más que de descentralización de empleo.

3.2 Impacto de los subcentros sobre la densidad de población

La elección del lugar de residencia de los individuos racionales implica minimizar los costos de transporte; de este modo, la estructura urbana influye en dicha decisión y en el perfil de localización de la población. Los modelos teóricos imponen implícitamente varios supuestos sobre la naturaleza del policentrismo: 1) los subcentros deben estar suficientemente alejados del centro; 2) los subcentros no son complementarios respecto al CBD, sino sustitutivos; y 3) cada subcentro tiene su área de commuting, por lo que el modelo de movilidad asociado se supone de tipo “*urban village*”.

Una de las implicaciones más estándares del modelo monocéntrico de AMM y de los modelos teóricos policéntricos, es que el perfil de densidades de población que aparece en la ciudad es reflejo del de la renta del suelo: el uso del suelo será más o menos intensivo de suerte que pueda compensar los diferenciales de rentas entre localizaciones. De esta suerte, en términos generales se puede establecer que la relación entre intensidad de uso del suelo (densidad neta de población o renta del suelo) y la accesibilidad a los centros de empleo hay una relación inversa.

La literatura empírica de la NEU que analiza el impacto de los subcentros sobre la densidad de población ha estado fuertemente influenciada por los trabajos empíricos del modelo monocéntrico de los años sesenta. Estos últimos, mayoritariamente, hacen en análisis de regresión sobre el efecto de la distancia al centro de la ciudad (como proxy de la accesibilidad) en las densidades de población (Clark, 1951; Newling, 1969; Letham y Yates, 1970; McDonald, 1989; Batty y Kim, 1992). La síntesis de la literatura empírica se presenta destacando dos cuestiones fundamentales: primero hacemos una revisión de las especificaciones econométricas empleadas, así como de los supuestos que unas u otras implican; finalmente, una revisión de los resultados e interpretaciones del efecto estudiado.

3.2.1 Tipología de funciones

El efecto de los centros sobre la densidad de población que predicen los modelos teóricos puede ser capturado por formas funcionales distintas. No obstante, cada forma funcional tiene implicaciones sobre la naturaleza del policentrismo y su relación con las decisiones de localización de las empresas y la población. Por ello, por sí mismas constituyen un elemento de la discusión sobre el policentrismo (Muñiz et al., 2003; García-López, 2006). Hay que decir

que, si bien en la literatura relacionada con la distribución del empleo hay un conjunto más amplio de formas funcionales (García-López, 2006), en esta revisión nos hemos abocado a aquéllas que han sido empleadas para analizar el efecto del policentrismo sobre la densidad de población.

Una primera aproximación a la relación entre la densidad de población y la accesibilidad en un área urbana se hizo con la función exponencial negativa. Ésta es la forma funcional clásica de la literatura empírica asociada al modelo monocéntrico:

$$DP(d_{CBD}) = D_0 \exp\{-\gamma_0 d_{CBD} + u\} \quad (1)$$

Donde $DP(d_{CBD})$ es la densidad de población a una distancia d del centro de la ciudad, D_0 es la densidad teórica del distrito central y γ_0 es el gradiente de densidad. Las ventajas de esta especificación es la factibilidad de hacer lineal la función, estimar los parámetros D_0 y γ por el estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) e interpretar ambos parámetros. El gradiente de densidad es una medida de la disminución proporcional de la densidad a medida que se incrementa en una unidad la distancia al centro.

En este sentido, la especificación más utilizada es la generalización de una función exponencial negativa monocéntrica de la forma en que está definida en (2), conocida como **Función Exponencial Negativa Policéntrica** Aditiva o la versión **Multiplicativa** (2') en la que se obvia la estimación de $\{D_j\}_{j=1}^J$, perdiéndose así información sobre la magnitud de las densidades en los subcentros (García-López, 2006).

$$DP(d_{CBD}, d_{SBC1}, \dots, d_{SBCJ}) = D_0 \exp\{-\gamma_0 d_{CBD}\} + \sum_{j=1}^J D_j \exp\{\gamma_j d_{SBCj}\} + u \quad (2)$$

$$DP(d_{CBD}, d_{SBC1}, \dots, d_{SBCJ}) = D_0 \exp\{-\gamma_0 d_{CBD}\} \cdot \exp\{-\sum_{j=1}^J \gamma_j d_{SBCj}\} \cdot \exp\{u\} \quad (3)$$

Donde d_{SBCj} es la distancia al subcentro j (otra versión de esta misma especificación se hace introduciendo la inversa de las distancias a los subcentros⁶). La forma (3) conserva las ventajas en términos de estimación e interpretación de los resultados de la función exponencial negativa monocéntrica. A diferencia de (2) que, al no poder reducir la especificación a parámetros lineales, su estimación requiere de técnicas no lineales (Small y Song, 1994).

Los modelos teóricos policéntricos incorporan varios supuestos de forma implícita: 1) los subcentros deben estar suficientemente alejados del centro; 2) los subcentros no son complementarios respecto al CBD, sino sustitutivos; y 3) cada subcentro tiene su área de commuting, por lo que el modelo de movilidad asociado se supone de tipo “urban village”. Si se dan las anteriores condiciones, la función de densidad policéntrica multiplicativa puede

⁶ Las estimaciones hechas con base en (2) muestran problemas de colinealidad entre las J variables $\{d_{SBCj}\}_{j=1}^J$ que pueden ser tratados con la introducción de la inversa de las distancias.

estimarse en su forma reducida, incluyendo un único regresor para la distancia a los subcentros - *distancia al subcentro más próximo*- que resumiría la información contenida en todos los subcentros.

Cuando el primero de los supuestos se verifica, un posible tratamiento, ensayado en diversos trabajos, es introducir las inversas de la distancia a los centros de empleo en lugar de su medición directa. Así capturada la distancia, se impone que el efecto de estos subcentros caiga más acusadamente con la distancia, es decir, reduce el área de influencia de los centros y evita así posibles solapamientos de éstos (McDonald y Prather, 1994; Muñiz et al., 2008).

En relación con el segundo supuesto, la especificación a instrumentar puede adecuarse. Si partimos de que los centros de empleo son **complementarios** entre sí, es decir, los centros tienen roles (cada centro se halla especializado en una actividad), entonces la accesibilidad a todos y cada uno de ellos será relevante en la distribución de la población en el área y la especificación (2) permitiría capturar esta relación entre subcentros (Heikkila et al., 1989; Small y Song, 1994; Muñiz et al., 2008). Los elementos de la sumatoria del lado derecho de la especificación captura los efectos de los J subcentros sobre la densidad de población por separado, así como en conjunto (Dowall y Treffeisen, 1994; Small y Song, 1994;

Ahora bien, bajo el supuesto de **sustituibilidad** de los centros, el único efecto relevante en la densidad de una localización, será el del centro más cercano (Heikkila et al., 1989; Small y Song, 1994; Muñiz et al., 2008). Por lo que, a partir de la especificación (2), se puede definir una aproximación añadiendo únicamente la distancia al subcentro más cercano medida directamente (4) o con la inversa (5).

$$DP(d_{CBD}, d_{SBC}) = D_0 \exp\{-\gamma_0 d_{CBD}\} \cdot \exp\{-\gamma_1 d_{SBC}\} \cdot \exp\{u\} \quad (4)$$

$$DP(d_{CBD}, d_{SBC}) = D_0 \exp\{-\gamma_0 d_{CBD}\} \cdot \exp\{-\gamma_1 d_{SBC}^{-1}\} \cdot \exp\{u\} \quad (5)$$

Esta segunda forma es, con diferencia, la más recurrente en los estudios revisados (Small y Song, 1994; McMillen y Lester, 2003; Baumont et al., 2004; Muñiz et al., 2008; Gouqiang y Zhang, 2010; García-López, 2010 y Muñiz et al., 2012)

Con base también en la función exponencial negativa, hay trabajos que estudian la relación entre la densidad de población y accesibilidad a los centros de empleo identificados, considerando a éstos como elementos independientes. Esto es, modelan la relación entre cada centro y su área circundante como si de una estructura monocéntrica se tratara a fin de capturar la capacidad de articulación de cada centro sobre su espacio inmediato y evitar solapamientos de los efectos de los subcentros (Griffith, 1981; Muñiz, 2003).

Aunque menos común que las especificaciones anteriores, hay otras que aparecen en la literatura. La **Función Polinomial Cúbica**. Bunting (2002) emplea esta forma funcional (3) argumentando que permite capturar el proceso de suburbanización de la población, grumos de densidad a distancias considerables del CBD.

$$DP(d_{CBD}) = \alpha_3 d_{CBD}^3 + \alpha_2 d_{CBD}^2 + \alpha_1 d_{CBD} + \alpha_0 + u \quad (3)$$

La **Función de Densidad Cúbica Spline** desarrollada en Muñiz et al. (2003) permite reproducir formas curvilíneas de funciones estocásticas sin necesidad de predeterminedar dicha forma. Esta función evalúa la existencia de óptimos locales de segmentos del área, con base en la distancia al CBD ⁷. La especificación se define como:

$$DP(d_{CBD}) = \alpha_0 + \alpha_1(d_{CBD}) + \alpha_2(d_{CBD})^2 + \alpha_3(d_{CBD})^3 + \sum_{k=1}^K(\alpha_{k+1} - \alpha_k)(d_{CBD} - d_k)D_k + u \quad (6)$$

Con $D_k = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{CBD} \geq d_k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$, donde d_k es el límite superior del segmento k o la distancia máxima del intervalo k y el inicio del $k + 1$.

Para valorar la vigencia de una u otra estructura urbana hay trabajos que han instrumentado ejercicios de estática comparativa sobre la capacidad de ajuste de la distribución del empleo o la población, así como de la movilidad, observadas en las ciudades de distintas especificaciones de la estructura urbana (léase monocéntrica *versus* policéntrica).

3.2.2 Análisis gradientes de densidad (γ)

A partir del análisis de regresión, el parámetro relevante para evaluar el efecto de los subcentros sobre la densidad de población es el **Gradiente de Densidad** (γ). El gradiente de densidad de población establece la variación porcentual de la densidad de población cuando aumentamos en una unidad, la distancia al centro (Muñiz et al., 2003). De esta suerte, las estructuras urbanas monocéntricas estarían caracterizadas casi al completo, con los parámetros D_0 y γ_0 . Una vez conocidos los valores de éstos, sería factible predecir la densidad de población a una distancia cualquiera del CBD (d_{CBD}).

En la literatura empírica las estimaciones de gradiente de densidad, así como su significancia estadística son empleadas, por un lado como criterio para distinguir, entre las estructuras policéntrica y monocéntrica, la que mejor caracteriza una determinada situación, así como la naturaleza del policentrismo. Por otro lado, para contrastar los modelos teóricos del policentrismo a través de sus implicaciones.

La **hipótesis de la co-localización de la población y el empleo** establece que la población hace su elección de residencia buscando minimizar el costo de traslado de la vivienda al lugar de trabajo. Ésta es una de las implicaciones clave del policentrismo de la NEU. Esta hipótesis

⁷ Muñiz et al. (2003) destaca entre los hándicaps de la función exponencial negativa está la imposibilidad de elementos como cráteres de densidad de población en el CBD, construcción de suburbanizaciones en la periferia de la ciudad con una pauta de altas densidades como resultado de la planeación urbana de las ciudades, así como cinturones verdes o parques.

impone que el gradiente de densidad asociado a los $\{U\}_{j=1}^J$ subcentros deberá ser negativo y estadísticamente significativo en una especificación de densidad de población (Veneri, 2010).

La evidencia empírica sobre el efecto de los subcentros en la densidad de la población es contradictoria. Hay trabajos que aportan evidencia a favor de la hipótesis de la co-localización: hallan gradientes de densidad negativos⁸ y estadísticamente significativos (Small y Song, 1994; Wang y Meng, 1999; Muñiz et al., 2008; Guoqiang y Meng, 2010; García-López, 2010; Muñiz et al., 2012). Otros, sin embargo, son contrarios a la hipótesis de la co-localización. Ya sea porque el efecto de los centros de empleo no es estadísticamente significativo; o porque el gradiente estimado tiene signo contrario al esperado.

Entre los trabajos que encuentran gradientes positivos se hallan Dowall y Treffeisen (1991), este resultado se repite tanto en el CBD como en el SBC que identifica, Baumont et al. (2004) y McMillen y Lester (2003). El conjunto de trabajos en los que los subcentros resultan irrelevantes estadísticamente está formado por Griffith (1981), en el que la distancia al CBD no es estadísticamente significativa, Dowall y Treffeisen (1991) y McDonald y McMillen (2000).

Un gradiente positivo implicaría que a medida que aumenta la distancia a los centros de empleo, la densidad de población aumenta; este efecto de los subcentro se le ha denominado de “**expulsión**”. Muñiz et al. (2008) exponen diversas alternativas que explicarían la obtención de un gradiente positivo. Por un lado, puede ser que los subcentros se hallen muy cerca del CBD o que se hubieran conformado en zonas previamente pobladas o que los subcentros sean muy pequeños. Por otro, señalan que la densidad bruta de población puede ser una mala proxy de la densidad neta de población, con base en la cual se desarrollan los modelos teóricos.

Por otro lado, la falta de relevancia estadística del efecto de los subcentros sobre la densidad de la población puede interpretarse como una desconexión entre el empleo localizado en los subcentros y las decisiones de localización de la población; esto es, la accesibilidad a los centros de empleo no sería un factor relevante en la elección del lugar de residencia. Ahora bien, que la población no elija su lugar de residencia en función de la proximidad al lugar de trabajo, podría ser resultado de la mejor valoración de elementos como la accesibilidad a amenidades ambientales, culturales o de consumo; de las mejoras en la infraestructura de transporte que hayan sido tales, que el costo de traslado haya dejado de ser decisivo en la elección de la residencia; o del desarrollo de las nuevas formas de trabajo en las que no es necesaria la presencia física del trabajador en el lugar de empleo, como el empleo desde casa (*home based work*), empleo flexible (*mobile working*) o el *telecommuting*; todas ellas facilitadas por las nuevas tecnologías de comunicación (Giuliano y Redfearn, 2005).

⁸ En el caso de gradientes asociados a la inversa de las distancia, el signo esperado es positivo; pero la relación entre la densidad y la distancia sigue siendo inversa, por lo que en general hablamos de gradiente negativo.

Hay que mencionar aquí los trabajos que han destacado el papel de las infraestructuras de transporte como elemento definitivo en la distribución de la población, particularmente en la suburbanización de la población. Estos trabajos han mostrado que las infraestructuras de transporte tienen una gran influencia en las decisiones de localización de la población y que, por tanto, gozan de una gran capacidad vertebradora del espacio residencial (Baum y Snow, 2007; García-López, 2012). Esto es así, al punto de que algunos autores consideran que la distribución de la población obedece más bien a la localización de los nodos de la red vial (hipótesis de accesibilidad) que a la hipótesis de co-localización. Este efecto de la infraestructura está relacionado muy de cerca con la existencia de un policentrismo radial, en el que los ejes viales constituyen también un foco de concentración del empleo. Hay que notar que este resultado entraña una dificultad para la estimación del impacto de la estructura debido a la endogeneidad de los regresores.

3.3 Impacto de los subcentros sobre la movilidad residencia-trabajo

Los modelos teóricos del policentrismo establecen que la existencia de centros de empleo alternativos al CBD reducirá la distancia recorrida del lugar de residencia al de trabajo. En relación con la orientación de la movilidad, los modelos imponen que los subcentros tendrán sendas áreas de commuting por lo que la orientación de los desplazamientos será, dentro de su área de influencia, hacia y desde el centro sin recorridos del tipo cross-commuting (de la forma “*urban villaje*”). La literatura empírica sobre la relación entre movilidad y estructura urbana es abundante y muy variada. La pauta de movilidad tiene dos componentes fundamentales: las distancias recorridas y la orientación de los desplazamientos. En este apartado hacemos una síntesis de aquella literatura que está directamente relacionada con el análisis del efecto de los centros de empleo sobre ambos. Una discusión que, aunque indirectamente, tiene que ver con esta literatura, es la de la dispersión *versus* compacidad urbanas. Sobre este punto y la de la compacidad como criterio normativo de la política urbana, hay una discusión desde hace un par de décadas, que apuntamos enseguida pues, en buena medida, se ha hecho a la luz de los costos de movilidad que conlleva implícitamente cada patrón de uso del suelo.

3.3.1 Los posicionamientos

La forma urbana es un factor determinante en la pauta de movilidad (Badoe y Miller, 2000; Banister, 2006). Sin embargo, sobre la relación entre ambos fenómenos hay una diversidad de posiciones hasta el punto que identificamos tres, claramente definidas sobre las ventajas y desventajas de una u otra forma urbana y, por tanto, de la deseabilidad de éstas. La movilidad tiene costos internalizados por los viandantes (precio y tiempo de transporte) y externalizados (contaminación atmosférica y acústica, así como congestión), dado que la relación entre forma

urbana con uno y otro no es simétrica (es decir, cada tipo de costos aumenta o disminuye en la misma proporción en una estructura monocéntrica en relación con la policéntrica), valorar la eficiencia de cada estructura es una tarea harto compleja (Banister, 2006).

- a. Posición favorable al monocentrismo. Bertaud (2002) considera que en las ciudades monocéntricas tienen un premio en densidades de población, asimismo, que en ellas se observarán por un lado, distancias y tiempos de viaje promedios más cortos que una policéntrica y, por otro, tendrá más éxito en mantener una proporción alta de viajes hechos en el sistema público, en relación con el resto de modos de transporte. Estas características permiten que las ciudades monocéntricas ejerzan menos presión sobre el ambiente natural (Newman y Kenworthy, 1989). En cambio, en las ciudades policéntricas, donde el suelo es más barato, se fomenta el consumo de suelo. Con base en ello, desde la opinión de Bertaud, el monocentrismo es una estructura deseable. Tanto en ciudades norteamericanas como canadienses, se han instrumentado planes urbanos favorables al monocentrismo, como políticas de renovación de los centros históricos.
- b. Posición favorable al policentrismo. Los defensores de la compacidad bajo una organización policéntrica destacan la capacidad de esta forma para gestionar la congestión urbana, así como favorecer el equilibrio regional (Lambregts, 2006). Otro de los argumentos a favor del policentrismo es que permitiría desarrollar un sistema de transporte público eficiente y amigable con el medio ambiente (Banister, 2006). ESDP (1999) y ESPON 111 (2005) consideran al policentrismo como un criterio normativo de la política en Europa a nivel regional como urbano, pues una estructura policéntrica permitiría mayor equilibrio espacial del crecimiento y el desarrollo económicos, así como al incremento de la competitividad y la integración. Entre las implicaciones de los modelos policéntricos de la NEU está la disminución de la distancia del commuting y la minimización de los costos de éste al acortar la distancia entre los empleos a la población. Asimismo, dado que el empleo se halla concentrado, facilita el desarrollo de modos de transporte público jerárquicos que conecten los centros de empleo entre sí a través de líneas de alta densidad, y con las áreas residenciales, a través de modos menos intensivos (Urban Task Force, 2005; Muñiz, 2013).
- c. Posición favorable a la dispersión. La línea de esta posición es que la dispersión es una tendencia resultado de las preferencias de localización de las empresas y la población, si bien, espoleada por las nuevas tecnologías de comunicación y de organización del trabajo. Su argumento se basa en la hipótesis de que hay un proceso natural de co-localización de las empresas y los trabajadores que favorece la cercanía entre ellos, por lo que esta pauta de localización tiene consecuencias benignas sobre la movilidad al

acortar las distancias entre el empleo y la población (en un mundo en el que las preferencias son favorables al uso del automóvil en relación con los sistemas de transporte públicos) (Gordon y Richardson, 1997). A las posiciones favorables a la compactidad, responden que las ventajas que se le asocian sobre la eficiencia económica, de uso de los recursos y la equidad social no han sido demostradas completamente pues las ciudades compactas implican, a su vez y entre otros, costos medioambientales (Audirac et al., 1990; Breheny, 1995; Gordon y Richardson, 1997). Finalmente, destacan que las políticas de revitalización de los centros históricos han sido un fracaso, pues la dispersión continúa siendo una tendencia clara en las ciudades en que dichas políticas se han instrumentado. Para los autores que comparten esta posición, la mejor política sobre la demanda de energía y suelo es dejar que los mercados operen libremente (Gordon y Richardson, 1997).

3.3.2 El efecto de la densidad, de la distancia al centro y de los subcentros ¿Qué nos dice la evidencia empírica?

Los resultados empíricos del impacto de una u otra formas urbanas en los patrones de movilidad de las ciudades son más complejos de lo que los posicionamientos consideran. Sin embargo, hay suficiente evidencia para afirmar que existe un impacto de la forma urbana tiene sobre la pauta de movilidad (Naess, 2012). Para organizar la literatura, una primera dificultad es que los ejercicios empíricos son muy heterogéneos debido al tipo y número de combinaciones que pueden hacerse de variables de forma urbana y de movilidad, esto además complica establecer comparaciones sistemáticas de los resultados. Y segundo, hay que advertir, del alto grado de variabilidad de los efectos según la región de estudio y de las variables incluidas (Ewing y Cervero, 2001; Banister, 2006; De la Fuente, 2012;). En este apartado no pretendemos agotar completamente esta literatura, nos concentrarnos en aquélla que valora el impacto de la forma urbana sobre la distancia recorrida y, más específicamente, sobre la distancia recorrida en el traslado del lugar de residencia al de trabajo (*commuting*).

La distancia promedio del commuting en ciudades de EE. UU. y Europa está aumentando (Banister et al., 1997; Aguilera, 2005). La cuestión es conocer el impacto que tiene la forma urbana, el policentrismo más específicamente, sobre este incremento, pues en términos de ventajas y deseabilidad del policentrismo es determinante, así como en los de política y planeación urbanas. Podemos plantear la cuestión como ¿la aparición del policentrismo ha amortiguado el incremento de las distancias recorridas, propio del crecimiento de las ciudades monocéntricas o, por el contrario, ha tenido un impacto positivo sobre estas distancias?

Una primera aproximación a esta cuestión la hacemos a través de los trabajos que valoran el efecto de la **distancia al centro** de la ciudad sobre el largo del recorrido en el commuting. La

respuesta inmediata es que la relación entre dichas longitudes es positiva: a medida que crece el tamaño de las ciudades, los trabajadores harán recorridos más largos para trasladarse de su lugar de residencia al trabajo. Esta primera hipótesis la confirman los trabajos de Naess (2006) y Zhao (2010) para los casos de los países Nórdicos y Beijing, respectivamente. No obstante, en Gordon et al. (1989) el efecto hallado es contrario, apuntando a la posibilidad de que la suburbanización del empleo y la población haya reducido la distancia del commuting.

Sólo pocos trabajos abordan directamente el efecto de la localización de los **subcentros** sobre el commuting. Los trabajos de van der Laan (1998), Asmervick y Naess (1995); Dielman y Dijst (2001), McMillen y Smith (2003), Naess (2007), Veneri, (2013) y Muñiz y García-López (2012) concluyen que el policentrismo está asociado con una reducción de la distancia de commuting; aunque otros autores obtienen evidencia en sentido contrario (Schwanen et al., 2002; Aguilera et al., 2005). Sin embargo, algunos autores del primer grupo hacen una serie de matices sobre la naturaleza del policentrismo que permiten que se verifique dicha reducción del commuting. Cuando en lugar de tener un policentrismo de tipo *urban village*, la interacción entre el CBD y los suburbios es muy alta en términos de movilidad, entonces el policentrismo estará asociado con distancias de commuting más largas (van der Laan, 1998; Dielman y Dijst, 2001).

Uno de los puntos a debate más relevantes está relacionado con **sesgo de autoselección** de la población que implicaría que el efecto de la forma urbana sobre los niveles de commuting en realidad estén capturando el efecto de las preferencias de los hogares por el tipo de lugar de residencia y modos de transporte. Aunque hay quien considera que una vez que en el ejercicio se ha controlado este efecto, las variables de forma urbana son irrelevantes en la explicación de las decisiones de transporte. Los trabajos de Tockz y Kristensen (1994), Levinson y Kumar (1997) Wang (2000), Aguilera y Mignot (2004), Naess (2007), Aguilera et al. (2009) y Muñiz y García-López (2012) encuentran que las proximidades al empleo y a los ejes de transporte son estadísticamente significativas para la explicación de la distancia recorrida, aun después de haber controlado la autoselección.

Sobre el efecto de la densidad sobre la distancia del commuting, los trabajos De acuerdo con ellos, mayores niveles de densidad, en general, implican menor número de viajes (Banister, 1997), menor proporción de viajes en automóvil (Newman y Kenworthy, 1989; Banister, 2006) y menores distancias.

Sobre el job ratio, en Giulliano y Small (1993) se advierte sobre el pobre efecto de esta variable en la movilidad; en tanto que en el trabajo de Camagni et al. (2002), que estima el efecto esta variable en un índice de impacto sobre la movilidad, se apunta a que el job-ratio tendría un efecto negativo en la movilidad.

Finalmente, Banister (1996), Cervero (1996), Farthing et al. (1997) y Dielman et al. (2002) obtienen un efecto negativo sobre las distancias recorridas de un entorno con mayor diversidad.

Es decir, en espacios en los que se hallan mezclados usos residenciales y de empleo (particularmente relacionado con el sector servicios), la distancia recorrida será menor. Sin embargo, estos trabajos se refieren a los traslados ya sea por cualquier motivo o por motivos contrarios a los relacionados con el trabajo.

3.4 Trabajos que hacen referencia a la doble perspectiva del policentrismo: el morfológico (volumen de empleo, densidad, etc.) y el funcional (flujos, principalmente de movilidad)

En la literatura contemporánea existen pocos esfuerzos por relacionar los enfoques morfológico y funcional; así como por explicar la asimetría potencial entre los grados de policentrismos que resulten desde cada una de estas miradas. Un primer trabajo que combina ambas dimensiones es el de Song (1994) que identifica el impacto del policentrismo sobre las variables de densidad de población y distancia de commuting. Sus resultados apuntan a la relación entre ambos policentrismos.

De manera distinta a la anterior, Burgers y Meijers (2011) comparan el grado de policentricidad morfológico y funcional estimados ambos con base en flujos de (*commuting* y *shopping*) que atraen y expulsan los nodos (municipios) en Holanda. El grado de policentrismo morfológico se mide como la pendiente de la distribución de la variable rango-tamaño de la modalidad (importancia absoluta del centro: tamaño de flujos atraídos al interior del nodo y del resto) de los nodos; en tanto que el grado de policentrismo funcional se mide como la pendiente de la distribución de la variable rango-tamaño de la centralidad (flujos netos atraídos por el nodo) de los nodos. A menor pendiente, mayor grado de policentricidad (pues la definen una distribución espacial balanceada de la actividad). Sus resultados son primero, la existencia de una alta correlación entre las dimensiones morfológicas y funcionales del policentrismo pero, por tanto, con diferencias.

El trabajo de Muñiz y García López (2012) valora el efecto del policentrismo sobre la densidad de población y la distancia de *commuting* en el Área Metropolitana de Barcelona con base en una misma batería de variables que capturan el policentrismo. Su propuesta permite contrastar la capacidad de la estructura de organizar el entorno no sólo en términos formales, sino también la pauta de movilidad que aparece en la zona. Este trabajo arroja evidencia de la alta correlación entre las dimensiones del policentrismo.

Finalmente, Paolo Veneri (2013) sugiere una metodología de identificación de centros de empleo con base en las interacciones entre nodos según los flujos de *commuting* en Roma y Milán. En su trabajo, presenta una comparación del policentrismo identificado con un criterio de umbrales (morfológico) y el que resulta de la aplicación de la metodología que propone (funcional). El autor destaca diferencias notables entre uno y otro resultados. El policentrismo

morfológico sobreidentifica centro en relación con el funcional; esto es así porque califica como subcentros a municipios del primer anillo que, de un lado, si bien cuentan con niveles de densidad considerables, no tienen una capacidad relevante para atraer de flujos y por otro, no presentan un índice de completitud de funciones en su estructura productiva.

Esta revisión repasa las estrategias y metodologías para, de un lado, identificar el policentrismo y de otro, valorar sus efectos. Sobre las metodologías de identificación de centros de empleo, con más o menos grado de subjetividad y sensibilidad a los estadísticos preestablecidos, todas ellas destacan el nivel atípico de densidad y volumen de empleo de estos centros. En relación con los efectos del policentrismo, la revisión se ha concentrado en los relacionados con la densidad de empleo y la movilidad. En términos metodológicos, la estrategia en ambos casos es parecida: empleo formas funcionales entre las que destaca como la común, la función exponencial negativa linealizada, aunque hay otras que permitirían flexibilizar la forma predeterminada de la ciudad y optimizar el ajuste de la función, la facilidad de estimación e interpretación de los parámetros hacen el popularidad de la primera función. A modo de síntesis, las dimensiones morfológica y funcional del policentrismo tradicionalmente se han analizado por separado. Sin embargo, se ha mostrado que ambas son relevantes y complementarias y no necesariamente simétricas.

Finalmente, hay que destacar que, en relación con la estrategia empírica de la valoración dinámica de los efectos del policentrismo. Algunos trabajos han abordado la cuestión sobre la tendencia de la estructura de las ciudades. Estos trabajos han instrumentado un ejercicio de estática comparativa de los gradientes de densidad o distancia recorrida de una misma área urbana en dos momentos del tiempo, por un lado y por otro, comparando el grado de ajuste de los datos observados por el modelo policéntrico. El trabajo de Letham y Yates (1970) es uno de los primeros que hace un análisis de estática comparada. Más recientemente, Muñiz y García-López (2012) hacen lo propio para el caso de Barcelona.

4. POLICENTRISMO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM)

Los estudios sobre la estructura espacial de la ZMVM han señalado el peso del centro histórico; no obstante, detectan indicios de policentrismo (Bertaud, 2009; Suárez y Delgado, 2009; Aguilar y Hernández, 2011). La relevancia del centro histórico se expresa de diferentes formas. Por un lado, el porcentaje de empleos que concentra sigue siendo muy relevante (Suárez y Delgado, 2009; Aguilar y Alvarado, 2005). Por otro, el área central es el origen y sobre todo el destino de la mayoría de los desplazamientos residencia-trabajo (Graizbord y Acuña, 2005; Nava, 2010). Por último, en la distancia entre el CBD y los subcentros identificados: una buena parte de éstos se encuentran próximos al CBD tradicional (Pradilla, 2005; Aguilar y Alvarado, 2005; Aguilar y Hernández, 2011).

En la literatura reciente hay un esfuerzo por discutir el policentrismo en la ZMVM empleando el enfoque y técnicas más usuales. Así se ve reflejado en los trabajos que han identificado subcentros. Los métodos empleados consisten mayoritariamente en la definición de umbrales de empleo ya sean absolutos (Aguilar y Alvarado, 2005), combinándolos con indicadores de job-ratio (Casado, 2012), umbrales estadísticos para el empleo y el porcentaje de empleo en el sector terciario (Aguilar y Hernández, 2011), un umbral para el job-ratio combinado con residuos positivos de una función de densidad monocéntrica de empleo (Suárez y Delgado, 2009). Graizbord y Acuña (2005) usan la metodología de flujos sobresalientes. Los resultados de estos trabajos ciertamente presentan alguna variación, aún así, más allá del área central, la lista de subcentros identificados resulta bastante estable (Gráfico 3).

Sobre la evolución de la estructura urbana y la aparición del policentrismo en la ZMVM hay dos rasgos relevantes (Gráfico 4): el primero, es la importancia que han tenido las cabeceras municipales históricas como embriones de algunos de los centros christallerianos (Nava, 2010). El segundo, es el papel de las infraestructuras viarias principales en la localización del empleo descentralizado, ya sea orientando la localización de los subcentros (Aguilar y Alvarado, 2005), o conformando auténticos corredores de actividad donde la densidad es alta y prácticamente homogénea a lo largo del eje (Pradilla, 2005).

El patrón de movilidad de la ZMVM captura algunos hechos estilizados de su particular modelo policéntrico. Durante los últimos veinte años se ha dado una convergencia en el valor del job-ratio por coronas (Casado, 2012), en parte gracias a la emergencia de subcentros. Pero, el policentrismo sólo se habría traducido en distancias más cortas de forma parcial: en aquellas zonas donde se ha generado un subcentro, el job-ratio ha aumentado y el número de desplazamientos y la distancia media han caído; la distancia de los desplazamientos fuera de la corona y que tienen como destino los subcentros más periféricos, suelen ser cortas. Sin embargo, el aumento de la distancia recorrida en los desplazamientos exteriores y el creciente peso de los desplazamientos exteriores respecto a los interiores han conllevado un aumento en la distancia recorrida en promedio para el conjunto de la región (Nava, 2010; Graizbord y Acuña, 2005).

En cuanto a la posible transitoriedad de la estructura policéntrica del empleo, no se ha hallado ningún estudio donde se mida de forma explícita la evolución del peso del empleo en el CBD y los subcentros, el método más aceptado para contrastar la hipótesis de Gordon y Richardson (1996). En el caso del ZMVM, la información sobre el porcentaje de empleo espacialmente desagregado por coronas se ha utilizado prioritariamente para señalar el gran peso que sigue reteniendo el área central, o bien la suma de CBD, subcentros y corredores (Aguilar y Alvarado, 2005; Suárez y Delgado, 2009). Otros autores han defendido que el policentrismo no está evolucionando hacia la dispersión, sino hacia la conformación de corredores metropolitanos (Pradilla, 2005).

Gráfico 3. Policentrismo en la ZMVM. Resultados de estudios previos

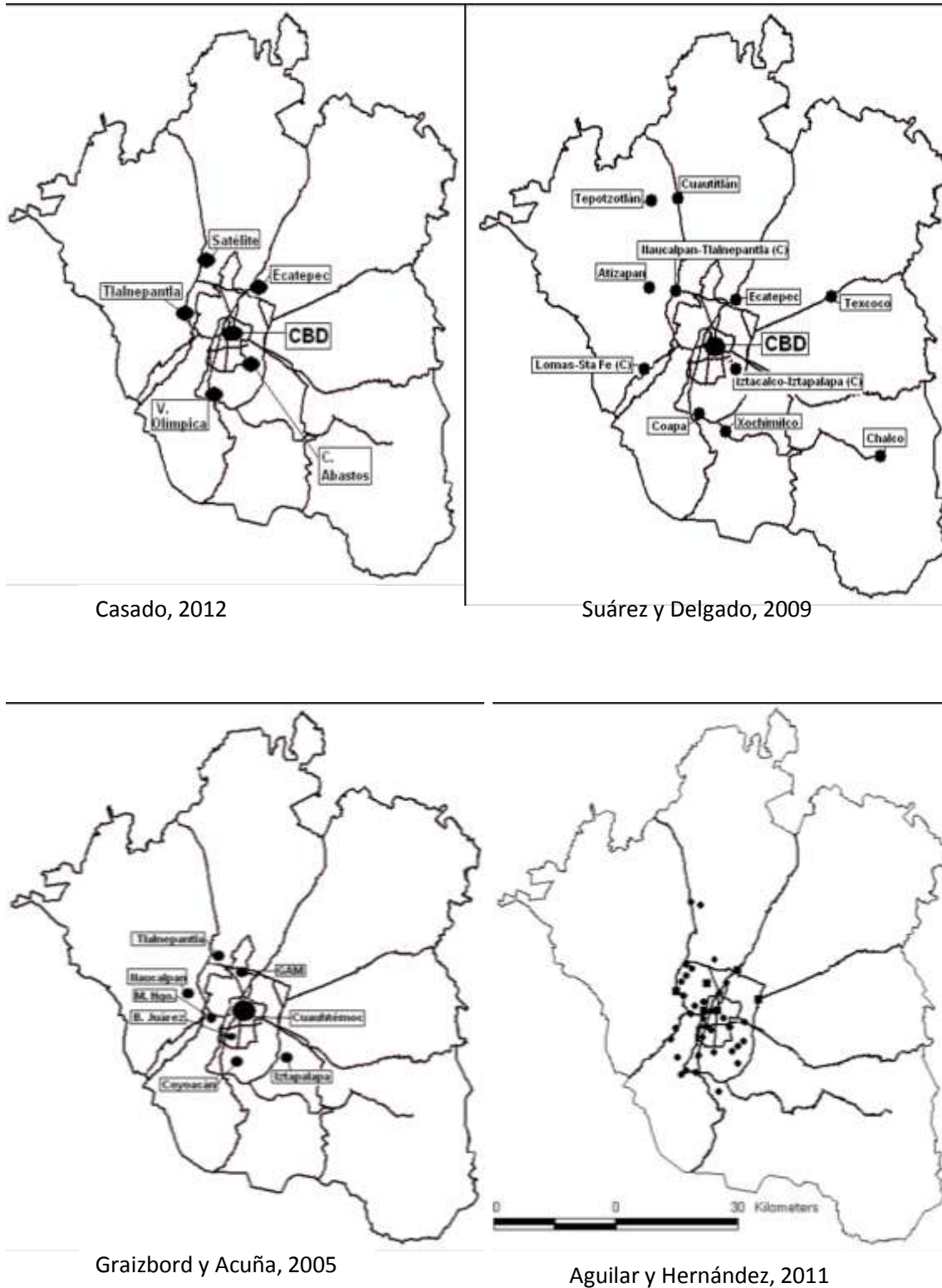
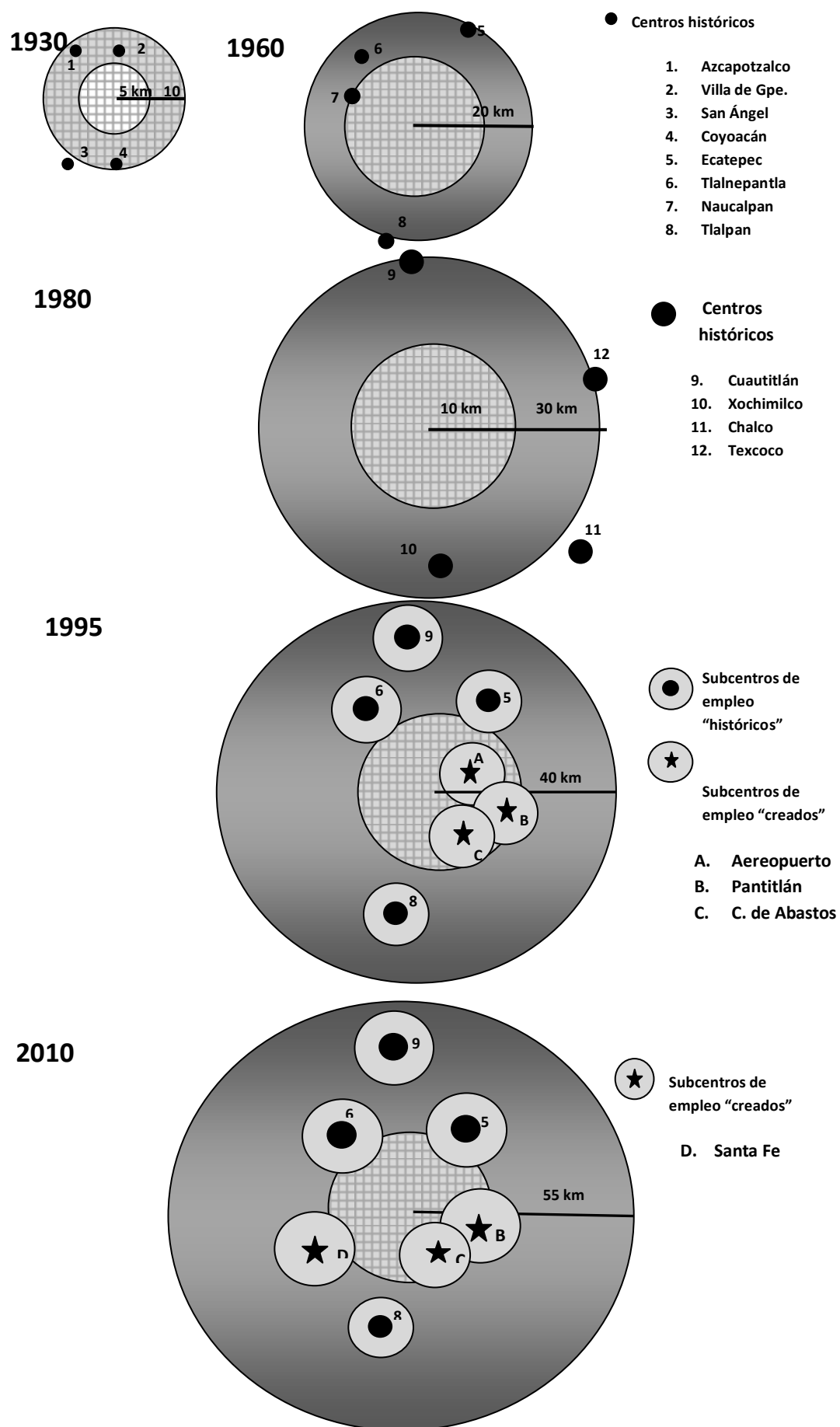


Gráfico 4. Evolución de la ZMVM y subcentros de empleo identificados



5. A MODO DE CONCLUSIÓN

- i. La vigencia del policentrismo en las grandes ciudades está consensada entre los académicos, esta estructura ha aparecido como resultado de la evolución de ciudades monocéntricas. El policentrismo constituye un posible equilibrio espacial en los modelos de localización de los agentes económicos. Los enfoques de la NEU y de ciudades en red sobre el policentrismo son complementarios para caracterizar los diferentes rasgos del policentrismo atendiendo a sus orígenes o naturalezas.
- ii. Entre los modelos de la NEU hay dos tipos de análisis según se suponga la interacción entre las decisiones de localización de empresas y hogares. El primer tipo es el de los modelos endógenos; éstos consideran que dicha interacción es bidireccional; el interés de estos modelos está en cuáles son los equilibrios espaciales que aparecen. El segundo, es el de los modelos exógenos; éstos consideran como tomadas las decisiones de las empresas y se concentran en el análisis de los efectos que la distribución de éstas tienen sobre las decisiones de residencia de los hogares, el precio del suelo y la movilidad. Una de las implicaciones testables más claras de estos modelos, es la hipótesis de co-localización de la población y el empleo.
- iii. El policentrismo morfológico, abocado al estudio de las características de los centros, cuenta con un cuerpo metodológico consistente para la identificación de éstos, así como la valoración de sus efectos sobre la distribución del empleo y la población. De otro lado, el policentrismo funcional, concentrado en las relaciones entre los centros, ha abordado el estudio de la movilidad, una de las dimensiones más relevantes y ambiguas del policentrismo, con herramientas muy parecidas a las del enfoque morfológico. Tradicionalmente, la investigación empírica sobre el policentrismo ha abordado ambos análisis (morfológico y funcional) uno, al margen de otro; sin embargo, hay trabajos que lo hacen conjuntamente y que muestran mayor capacidad para caracterizar y valorar (grado) al policentrismo y su dinámica.
- iv. Aunque pocos, hay trabajos que instrumentan ejercicios de estática comparativa. Éstos han valorado de este modo la vigencia de unas o otras estructuras, así como capturado las dinámica y tendencia del policentrismo.
- v. Sobre el estudio del policentrismo en la ZMVM, los resultados muestran la evolución de la estructura antes monocéntrica, hacia una policéntrica con subcentros y corredores. Destacan algunas particularidades del área: un peso notable del centro de la ciudad como polo de la actividad económica en relación con el resto de los centros; la proximidad entre centros con el CBD por un lado, y entre sí; así como la presencia de subcentros descentralizados e integrados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. G. y C. Alvarado (2005) La reestructuración del espacio urbano de la Ciudad de México. ¿Hacia la metrópoli multinodal? En A. G. Aguilar (Ed.) *Procesos metropolitanos grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países* (265-308). México: Porrúa.
- Aguilar, A. G. y J. Hernández (2011) Metropolitan transformation and polycentric structure in Mexico City. Identification of urban subcenters 1989-2009. Presentado en IGU Urban Commission Meeting 2011.
- Aguilera, A. y Mignot, D. (2004) Urban Sprawl, Polycentrism and Commuting. A Comparison of Seven French Urban Areas. *Urban Public Economics Review* 001, pp. 93-113
- Aguilera, A. Wenglenski, S. y Prohulac, L. (2009) Employment suburbanisation, reverse commuting and travel behaviour by residents of the central city in the Paris metropolitan area. [Transportation Research Part A: Policy and Practice](#) 43(7): 685–691.
- Anas, A., Arnott, R. y Small, K. A. (1998) Urban Spatial Structure. *Journal of Economic Literature* XXXVI, pp. 1426-1464
- Anas y Kim (1994)
- Anselin, L. and R. J. G. M. Florax (1995) New directions in spatial econometrics: Introduction. En L. Anselin and R. J. G. M. Florax, eds., *New Directions in Spatial Econometrics*, pp. 3–18. Heidelberg: Springer.
- Audirac, I. (2002) Information technology and urban form, *Journal of Planning Literature*, 17: 212–226.
- Avendaño, A.J. (2013) Three Essays on Urban Spatial Structure in Bogotá. Tesis Doctoral. Department d'Economia Aplicada, UAB, Barcelona.
- Badoe, D. A. and Miller, E. J. (2000) Transportation–land-use interaction: empirical findings in North America, and their implications for modeling, *Transportation Research Part D*, 5(4): 235–263.
- Batten, D. F. (1995) Network cities: Creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban Studies*, 32(2):313–328.
- Batty, M. y K. S. Kim. 1992. “Form Follows Function: Reformulating Urban Population Density Functions.” *Urban Studies* 29(7): 1043–1070
- Banister, D. (1996) Energy, quality of life and the environment: the role of transport. *Transport Reviews*, Vol. 16(1): 23-35
- Banister, D. (2006) Cities, Urban Form and Sprawl: a European Perspective. En “Transport, Urban Form and Economic Growth” Editado por la OECD pp. 115-141
- Baum-Snow, N. (2007) “Suburbanization and transportation in the monocentric model” *Journal of urban Economics*, 62: 405-423
- Baumont, C., C. Ertur y J. LeGallo (2004) Spatial Analysis of employment and population density. The case of agglomeration of Dijon 1999. *Geographical Analysis*, 36:146-176
- Berliant, M. y Wang, P. (2008) Urban growth and subcenter formation: A trolley ride from the staples center to Disneyland and the Rose Bowl. *Journal of Urban Economics*. 63(2): 679-693.
- Bertaud, A. (2001) Metropolis: A measure of the spatial organization of 7 large cities, Unpublished paper. http://alain-bertaud.com/images/AB_Metropolis_Spatial_Organization.pdf.
- Bertaud, A. (2002) The spatial organization of cities: deliberate outcome or unforeseen consequence? World Development Report 2003, Dynamic Development in a Sustainable World. Background paper.
- Bertaud, A., (2004) The spatial structure of central and Eastern European cities: More European than Socialist? Unpublished paper. http://alain_bertaud.com/AB_Files/AB_Central%20European%20Spatial%20Structure_Figures_2.pdf.
- Bertaud, A. y Malpezzi S. (2003) The spatial distribution of population in 48 World Cities: implications for economies in transition. Unpublished paper. http://alain-bertaud.com/AB_Files/Spatial%20Distribution_of_Population%20in%2048_Cities.pdf.

- Bertaud, A. y Renaud, B. (1997) Socialist cities without land markets. *Journal of Urban Economics* 41, 137–151.
- Bertaud, A. (2009) *Urban Spatial Structures, Mobility and The Environment*, World Bank, Washington DC.
- Boarnet, M. and Crane, R. (2001) The influence of land use on travel behavior: specification and estimation strategies, *Transportation Research Part A*, 35(9), pp. 823–845.
- Boix, R. (2003) *Redes de Ciudades y Externalidades*. Tesis Doctoral UAB. Mimeo
- Bourne, L. S. (1989) Are New Urban Forms Emerging? Empirical Tests for Canadian Urban Areas. *The Canadian Geographer* 33, pp. 312-327, 1989
- Breheny, M. J. (1999) The compact city and transport energy consumption. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series* 20, pp. 81-101, 1995.
- Brueckner, J.K., 1987. The structure of urban equilibria: a unified treatment of the Muth-Mills model. In: Mills, E.S. (Ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 2. Amsterdam, North-Holland. 821–845.
- Brueckner, 1999
- Burger, M. y Meijers, E. (2012). Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity. *Urban Studies*, 49(5), 1127–1149
- Burns, M. C., Boix, M. and Roca, J. (2001) Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions. In *Paper for the Eight European Estate Society Conference*. Alicante
- Camagni, R., Gibelli, M. C. y Rigamonti, P. (2002) Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion, *Ecological Economics*, 40, pp. 199–216. Camagni, 2002;
- Camagni, R. (2005) *Economía Urbana. Principios y modelos teóricos*. Antoni Bosch ed. Barcelona, España.
- Camagni y Capello (2005) ICTs and territorial competitiveness in the era of internet," *The Annals of Regional Science*. 39(3): 421-438
- Camagni, R. y Salone, C. (1993) Network urban structures in northern Italy: elements for a theoretical framework. *Urban Studies* 30, 1053–1064.
- Casado, J. M. (2012) La estructura policéntrica de los mercados laborales locales de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Instituto de Investigaciones Geográficas UNAM*. Mimeo.
- Casello, J. M., y Smith, T. E. (2006). Transportation activity centers for urban transportation analysis. *Journal of Urban Planning Development*. 132(4): 247–257
- Ciccone A y Hall R. E. (1996) Productivity and the density of economic activity. *American Economic Review* 86: 54–70
- Clark, C. (1951) Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society Series A* 114: 490–496
- Commission of European Communities. (1990). *Green Paper on the Urban Environment*. Eur 12902, Brussels: EEC.
- Craig, S. G. y Ng, P. T. (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area. *Journal of Urban Economics* 49, pp. 100-120,
- Craig, S. y J. Kohlhase (2010). *Employment Subcenters and the Distribution of Economic Activity*, (unpublished manuscript, University of Houston).
- Cuervo, L.M. (2010a) “América Latina: metrópolis en mutación?” Naciones Unidas/CEPAL
- De la Fuente, S. (2010) *influencia de la forma urbana en la movilidad: Barcelona y Madrid*. Departamento de Economía Aplicada de la UAB. Mimeo
- Dowall, D.E. and A. Treffeisen (1991) Spatial Transformation in Cities of the Developing World. Multinucleation and Land-Capital Suburbanisation in Bogota, Colombia, *Regional Science and Urban Economics*, 21, pp. 201-224.
- Duranton, G., Puga, D. (2004) Micro-foundations of urban agglomeration economies, in J.V. Henderson and J-F Thisse (eds), *Handbook of Urban and Regional Economics*, Vol. 4. North-Holland, Amsterdam.
- Ewing, R. y Cervero, R. (2001) Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record* 1780, pp. 87-114

- ESDP - European Spatial Development Perspective (1999), *Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the European Union*, http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_en.pdf
- ESPON - European Spatial Planning Observation Network (2005), *Potentials for polycentric development in Europe* - Final Report 1.1.1., http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ESPON2006Projects/ThematicProjects/Polycentricity/fr-1.1.1_revised-full.pdf
- Feng, J. (2008) Modeling the spatial distribution of urban population density and its evolution in Hangzhou. *Geographical Research*.
- Fujita, M. y Ogawa, F. (1982) Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations. *Regional Science and Urban Economics* 12, 161–196.
- García-López, Miguel Ángel (2006) Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración. Tesis Doctoral. Departamento de Economía Aplicada UAB. Mimeo
- García-López, Miguel Ángel (2010) Employment Decentralisation: Polycentricity or Scatteration? The Case of Barcelona. *Urban Studies* (47): 3035-3056.
- García-López, M.A. (2012) Urban Spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona. *Journal of Urban Economics*. 72: 176-190
- Giuliano, G. and Small, K. A. (1991) Subcenters in the Los Angeles Region. *Regional Science and Urban Economics* 21, pp.163-182.
- Garza, G. (2003) La urbanización de México en el S. XX. El Colegio de México.
- Giuliano, G. y Redfearn, C. (2005) Not All Sprawl: Evolution of Employment Concentrations in Los Angeles, 1980-2000. Mimeo
- Gordon, P., Richardson, H. W. and Wong, H. L. (1986) The distribution of population and employment in a polycentric city: the case of Los Angeles, *Environment and Planning A*, 18: 161–173. Gordon, 1986),
- Gordon, P. y Richardson H. W. (1996) Beyond polycentricity. The dispersed metropolis, Los Angeles, 1970–1990. *Journal of the American Planning Association* 62: 289–295
- Graizbord, B. y B. Acuña (2005) La estructura polinuclear del Área Metropolitana. En A. G. Aguilar (Ed.). *Procesos metropolitanos y grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países* (pp. 309-328). México: Porrúa.
- Griffith, D. A. (1981a) Evaluating the transformation from a monocentric to a polycentric city, *Professional Geographer*, 33: 189–196
- Griffith, D. A. (1981b) Modelling urban population density in a multi-centered city, *Journal of Urban Economics*, 9: 298–310
- Guillain, R., Gallo, J. L. y Boiteux-Orain, C. (2004) *The evolution of the spatial and sectoral patterns in Ile-de-France over 1978-1997*, 50th North American Meetings of the Regional Science Association International (RSAI), Philadelphia, United States.
- Giuliano, G. & C. Redfearn & A. ARGUAN & C. LI & D. ZHUANG (2007): “Employment concentrations in Los Angeles, 1980-2000”, *Environment and Planning A*, 39, 2935-2957
- Hall, P. 1996. *Ciudades del mañana. Historia del urbanismo en el siglo XX*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Hall, P. (1998), Conclusions, in: Banister, D. (ed.), *Transport Policy and the Environment*, London: E & FN Spon: 333-336.
- Handy, S. (1996) Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior *Transportation Research D*, Vol 1, pp. 151-165
- Heikkila, E., Gordon, P., Kim, J. I. et al. (1989) What happened to the CBD-distance gradient? Land values in a polycentric city, *Environment and Planning A*, 21: 221–232
- Henderson, J. V. and Mitra, A. (1996) The new urban landscape: developers and edge cities, *Regional Science and Urban Economics*, 26: 613–643
- Henderson, J. y Slade, E. (1993) Development Games in Non-Monotonic Cities, *Journal of Urban Economics*, 34: 207-229.
- Ingram, G.K. and Carroll, A. (1981) “The Spatial Structure of Latin American Cities” *Journal of Urban Economics*, 9, pp. 257-273.

- Lambregts, B. (2006) Polycentrism: Boon or barrier to metropolitan competitiveness? The case of the Randstad Holland, *Built Environment*, Vol. 32: 114-123
- Letham y Yates, 1970
- Levinson, D. y Kumar, A. (1997) Density and the Journey to Work. *Growth and Change* 28: 147-172.
- Lucas R. E. y Rossi-Hansberg E. (2002) On the internal structure of cities. *Econometrica* 70: 1445-1476.
- McDonald, J. F. (1987) The identification of urban employment subcenters. *Journal of Urban Economics* 21: 242-258
- McDonald J. F. (1997) *Fundamentals of urban economics*. Prentice Hall, Upper Saddle River,
- McDonald J. F. y McMillen D. P. (2000) Employment subcenters and subsequent real estate development in suburban Chicago. *Journal of Urban Economics* 48: 135-147
- McDonald, J. F. and Prather, P. J. (1994) Suburban Employment Centres: The Case of Chicago. *Urban Studies* 31: 201-218.
- McMillen D. P. (2001) Nonparametric employment subcenter identification. *Journal of Urban Economics* 50: 448-473
- McMillen, D.P. and Lester, T.W. (2003) "Evolving subcenters: Employment and Population Densities in Chicago, 1970-2020" *Journal of Housing Economics*, 12, 60-81.
- McMillen D. P. y McDonald J. F. (1998) Suburban subcenters and employment density in metropolitan Chicago. *Journal of Urban Economics* 43: 157-180
- Meijers, E. (2005) Polycentric Urban Regions and the Quest for Synergy: Is a Network of Cities More than the Sum of the Parts? *Urban Studies*, 42, pp.765-781.
- Meijers, E. (2006) "The notion of complementarity in urban networks: definition, value, measurement and development" *10th UNECE Conference on Urban and Regional Research*. May 22,23 2006, Bratislava.
- Mills, E. S. (1967) An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *American Economic Review* 57: 197-210.
- Muñiz, I., A. Galindo, and M.A. García-López (2003) Cubic spline population density functions and satellite cities delimitation: the case of Barcelona. *Urban Studies* 40:1303-21.
- Muñiz, I., M. A. García López y A. Galindo (2008). The effect of employment sub-centres on population density in Barcelona. *Urban Studies*, 45, 627-649.
- Muñiz y García-López (2012) Chaos and order in the contemporary city. The impact of urban spatial structure on population density and commuting distance in Barcelona, 1986-2001. Working paper. Departamento de Economía Aplicada UAB.
- Muñiz, I. y García-López, M.A. (2013) Anatomía e la dispersión urbana en Barcelona *Eure* 39(116): 189-219
- Muñiz, I., Calatayud, D. y Dobaño, R. (2013) The compensation hypothesis in Barcelona measured through the ecological footprint of mobility and housing. *Landscape and Urban Planning*. 113: 113-119
- Næss, P. (2007) The impacts of job and household decentralization on commuting distances and travel modes. *Informationen zur Raumentwicklung* Heft 2/3, pp. 149-168.
- Naess, P. (2012) Urban form and travel behavior: Experience from a Nordic context
- Nava, E. (2010) Policentralidad y movilidad en el Área Metropolitana de la Ciudad de México: variables relacionadas con la capacidad de atracción de viajes. El Colegio de México. Mimeo.
- Newling, B. (1969). The Spatial Variation of Urban Population Densities. *Geographical Review* 59(2): 242-252
- Newman, P. W. G. y Kenworthy, J. R. (1989) Gasoline Consumption and Cities. *Journal of the American Planning Association* 55, pp. 24-37.
- Mitchell, W.J. (1995) *City of Bits. Space, place and the infobahn*. The MIT Press
- Parr, J. (2004) The Polycentric Urban Region: A Closer Inspection. *Regional Studies* 38, pp. 231-240
- Pradilla, E. (2005) [Zona Metropolitana del Valle de México: mega ciudad sin proyecto. Ciudades, 9, 83-104.](#)P

- Pradilla, E; Moreno, F; Márquez, L. (2008) "Cambios económicos y morfológicos en la Zona Metropolitana del Valle de México" RII Querátaro.
- Richardson, H. W. (1988) Monocentric vs. policentric models: The future of urban economics in regional science. , 22 The Annals of Regional Science 1–12. Springer Berlin / Heidelberg.
- Riguelle, F., I. Thomas y A. Verhetsel (2007) Measuring urban polycentrism: a European case study and its implications. *Journal of Economic Geography*, 7, 193-215. 28
- Roca-Cladera, J., Marmolejo, C.R., Moix, M. (2009) "Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept" *Urban Studies* 46(13) pp. 2841-2868.
- Roca Cladera J., Moix, M. y Arellano, B. (2012) El sistema urbano en España. [Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales. 16.](#)
- Rosenthal, S. y Strange, W. (2004) Geography, industrial organization and agglomeration. *Review of Economics and Statistics* 85: 377-393.
- Ross S, J Yinger (1995) Comparative static analysis of open urban models with a full labor market and suburban employment. *Regional Science and Urban Economics* 25:575-605
- SaadAllah et al., 2013
- Sasaki, K. (1990) The establishment of a subcenter and urban spatial structure, *Environment and Planning A*, 22: 369–383
- Shearmur, R. y W. J. Coffey (2002) A tale of four cities: intrametropolitan employment distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996. *Environment and Planning A*, 34(4), 575-598. PION LTD.
- Shukla, V. y P. Waddell (1991). Firm location and land use in discrete urban space. A study of the spatial structure of Dallas-Fort worth. *Regional Science and Urban Economics*, 21(2), 225-253.
- Small, K. A. and Song, S. (1994) Population and employment densities: structure and change, *Journal of Urban Economics*, 36: 292–313.
- Song, S. (1994) Modelling worker residence distribution in the Los Angeles region, *Urban Studies*, 31: 1533–1544
- Stead, D. (2001) Relationships between land use, socio-economic factors and travel patterns in Britain. *Environment and Planning B*, Vol. 28(4): 499-528.
- Stead D. y Marshall Stephen (2001) The Relationships between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation EJTI 1 (2): 113 – 141
- Straszheim, M. (1987) The theory of urban residential location, in: E.S. Mills, ed. Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 2: 717-757. 1999
- Suárez, M., y J. Delgado (2009) Is Mexico City Polycentric? A Trip Attraction Capacity Approach. *Urban Studies*, 46(10), 2187-2211.
- Sullivan, M. (1986) A General Equilibrium Model with Agglomerative Economies and Decentralized Employment. *Journal of Urban Economics*, 14.
- Susilo, Y. O. y Maat, K. (2007) The influence of built environment to the trends in commuting journeys in Netherlands. *Transportation* 34:589-609.
- Tkocz, Z. y G. Kristensen (1994) Commuting Distances and Gender: A Spatial Urban Model. *Geographical Analysis*, 26: 1-14.
- Tsai, Y.-H. (2001) Travel-efficient urban form: a nationwide study on small metropolitan areas. In *Dissertation*. University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Tsai J. F. y Lai, F. C. (2012) Urban Configurations with Suburban Employment by a Monopoly Vendor. *International Regional Science Review*. 35: 424
- Van der Laan, L., Vogelzang J. y Schalkel R. (1998) Commuting in multinodal urban systems; an empirical comparison of three alternative models. Erasmus Centre for Labour market. Mimeo
- Veneri, P. (2008) Polycentricity in the Italian Metropolitan Areas: a Dynamic Approach. *Paper presented at the XXIX Italian Conference of Regional Science*. Bari - 24-26th September 2008.
- Veneri, P. (2013) The identification of sub-centres in two Italian metropolitan areas: A functional approach. *Cities* 31: 177-185.
- Veneri, P y Burgalesi, D. (2010) Questioning polycentric development and its effects: issues of definition and measurement for the Italian NUTS 2 regions. MPRA Paper No. 26410

Urban Task Form (2005)

Wang, F. H. (2001) Explaining intraurban variations of commuting by job proximity and workers' characteristics, *Environment and Planning B*, 28(2):169–182

Wang F. y Meng Y. (1999) Analyzing urban population change patterns in Shenyang, China 1982-1990: density function and spatial association approaches. *Geographic Information Sciences*. Vol 5(2) : 121-131.

White, (1976)

White, M. J. (1988) Urban commuting journeys are not wasteful, *Journal of Political Economy*, 96(5): 1097–1110.

White, M. J. (1999) Urban Areas with Decentralized Employment: Theory and Empirical Work, en E.S. Mills y P. Cheshire (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, volumen 4, 1375-1412. 29

Wieand, K. (1987) An Extension of the Monocentric Urban Spatial Equilibrium Model to a Multi-Center Setting: The Case of Two Center City. *Journal of Urban Economics*, 21: 259-271.

Yinger J (1992) City and Suburb: Urban model with more than one employment center, *Journal of Urban Economics* 31:181-205

Zhang Y, y Sasaki K (1997) Effects of subcenter formation on urban spatial structure. *Regional Science and Urban Economics* 27: 297-324

Zheng, X.P. (1991) Metropolitan Spatial Structure and its Determinants: a case study of Tokio Urban Studies, 28.