

Crecimiento urbano y dinámica laboral: un análisis intersectorial del *commuting* en la Comunidad de Madrid (1996-2004) ¹

Carlos Llano Verduras

RESUMEN: El artículo analiza la relación entre la estructura urbana y el mercado laboral, valorando hasta qué punto el modelo monocéntrico de desarrollo urbano es válido para el área metropolitana de Madrid. Junto al análisis de la localización de las empresas y los hogares en la Comunidad, se analizan los flujos intermunicipales de *commuting* entre 1996-2004. Mediante el cálculo de la redundancia relativa de las matrices de *commuting* se cuantifica la dispersión de los flujos laborales intermunicipales a lo largo del periodo contemplado. Asimismo, mediante técnicas de análisis de cambio estructural en tablas input-output se analiza la estabilidad temporal de los patrones de movilidad, identificando comportamientos diferentes para los diferentes sectores.

Clasificación JEL: R12, R15, R23.

Palabras clave: Crecimiento urbano; flujos de *commuting*; movilidad laboral; modelos input-output; matrices origen y destino.

Urban growth and labor dynamic: an inter-sectoral analysis of commuting flows in the Madrid region (1996-2004)

ABSTRACT: This article analyzes the relation between urban structure and labor markets, with the purpose of valuing to what extent the monocentric model fits with the recent development of Madrid metropolitan area. Starting with the analysis of the territorial localization of companies and households within the Madrid region, we analyze the inter-municipal *commuting* flows between 1996-2004. Then, by the cal-

¹ Parte de este trabajo se ha desarrollado en el marco del Proyecto Panorama Laboral 2005 promovido por la Consejería de Empleo y Mujer de la Comunidad de Madrid.

Dirección para correspondencia: carlos.llano@uam.es; web personal: www.uam.es/carlos.llano/. Dpto. de Análisis Económico: Teoría Económica e H.³ Económica. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Cantoblanco, Madrid. Tel. +34+91 497 29 10. Fax. +34+91 497 86 16. Investigador Doctor. Instituto L.R. Klein, CEPREDE. UAM. 28049 Cantoblanco, Madrid.

Recibido: 4 de mayo de 2006 / Aceptado: 15 de mayo de 2007.

46 Llano, C.

culatión of entropy for a set of inter-municipal matrix of commuting flows, the sprawl of population and economic activity is quantified. Finally, by means of techniques of structural change analysis in the input-output framework, the inter-temporal stability of mobility patterns is analysed, identifying significant differences among sectors.

JEL classification: R12, R15, R23.

Key words: Urban growth; commuting flows; labor mobility; input-output models.

1. Introducción

El crecimiento de las ciudades es una de las cuestiones más tratadas en el ámbito de la economía regional y urbana. Desde los trabajos pioneros en los años 50 y 60, muchos investigadores –economistas, geógrafos, *urban planners*...– han tratado de desentrañar los factores que determinan el tamaño, la transformación y la expansión espacial de las ciudades. Tal y como ponen de relieve diferentes autores (Brueckner, 1987), el punto de partida de la mayor parte de las teorías sobre la dinámica territorial de las ciudades está en el modelo monocéntrico de desarrollado urbano propuesto por Alonso (1964), Mills (1967), Muth (1969) y Wheaton (1974). Según este modelo, la actividad empresarial se concentraría en un único centro de negocios (CBD, en consonancia con las siglas habituales de la literatura) donde trabajarían todos los ocupados. La localización de las empresas se produciría como consecuencia de un proceso de optimización de las economías de aglomeración y dispersión generadas por el centro de negocios y la concentración del resto de competidores y/o proveedores (Duranton *et al.*, 2004). Por su parte, suponiendo que el coste de la vivienda disminuye con la distancia al CBD, los hogares tratarían de maximizar su utilidad según la renta disponible estableciéndose lo más cerca posible del trabajo para reducir el coste de *commuting*².

Partiendo de este esquema monocéntrico, la movilidad laboral dentro del área metropolitana, aproximada por la intensidad de flujos laborales entre los diferentes puntos en el espacio y el CBD, vendría dado por un modelo gravitatorio definido por la interacción entre la fuerza ejercida por dos masas que se atraen y una resistencia que interactúa entre ambas. Así, por el lado de las masas tendríamos la capacidad de ocupación del CBD y el volumen de población activa que reside en los centros circundantes, mientras que por el de la resistencia, encontraríamos la distancia al CBD y el coste de *commuting* asociado.

Aunque las ideas fundamentales del modelo monocéntrico son válidas, su utilidad se ve reducida cuando se trata de explicar la evolución reciente de ciudades con-

² El término *commuting* se utiliza para designar los desplazamientos de los habitantes de un área metropolitana desde su lugar de residencia hasta el lugar de trabajo u ocio. En línea con la terminología habitual de la literatura internacional y dado su uso generalizado en el lenguaje técnico nacional, se mantendrá el término anglosajón a lo largo del trabajo.

cretas, donde la dinámica empresarial y residencial ha seguido pautas diferentes a las planteadas por el modelo. Así por ejemplo, desde el ámbito de la dinámica empresarial, en muchas ciudades se constata una tendencia generalizada hacia la dispersión de los centros de negocio y la difusión de los focos de empleo más allá del centro urbano tradicional, dando lugar a lo que se conoce como el *hallowing-out effect* (Hewings *et al.*, 1998; Cavailhès *et al.*, 2004). Igualmente extendida está la tendencia hacia la dispersión de la población fuera del centro urbano tradicional (Goffette-Nagot, 2000; Duranton, 2000).

En respuesta a estas tendencias, se han venido desarrollando modelos más complejos que tratarían de explicar la dinámica urbana presuponiendo la existencia de una multiplicidad de centros de negocios que compiten entre si para atraer diferentes tipos de empresas y trabajadores (Fujita, 1995; Cheshire *et al.*, 2004; Duranton *et al.*, 2000).

Junto a estos enfoques teóricos desarrollados en el ámbito de la economía urbana, las teorías de la localización y la nueva economía geográfica, encontramos otro amplio conjunto de trabajos que han analizado tanto la movilidad laboral (Antolín *et al.*, 1997; Bentolila 1997; Bover *et al.*, 1999) como la intensidad y dirección de los flujos de *commuting* (Rouwendal, J., 1999; van Ommeren, 2000; Cervero *et al.*, 1997; Gordon *et al.*, 1989). También encontramos estudios que utilizan enfoques metodológicos tomados de la literatura sobre inmigración, modelización gravitacional, input-output u otras técnicas de simulación de interacciones en el espacio, analizando los flujos de *commuting* de forma similar a como se analizan los flujos de bienes o servicios (Sen *et al.*, 1995; Cabrer, 2003).

Aunque existen diferencias conceptuales y metodológicas entre estos conjuntos de trabajos, también existen múltiples puntos de conexión. Posiblemente, la principal vía de conexión entre ellos se encuentra en los flujos mismos del *commuting*. Y es que la intensidad, dirección y estabilidad de los desplazamientos laborales aportan una valiosa información acerca de las fuerzas que impulsan el desarrollo de una ciudad, de la predisposición a migrar o soportar largos trayectos de *commuting* por parte de los trabajadores, o de la forma en la que las empresas y los hogares están resolviendo sus decisiones de localización (Simpson, 1992). De esta manera, los flujos de *commuting* aparecen como un punto de conexión entre las teorías sobre el desarrollo urbano, la localización empresarial y residencial, la movilidad laboral e incluso la microeconomía de la inmigración (Borjas 1999; Cushing *et al.*, 2004).

El objetivo principal de este trabajo es revisar la relación existente entre el desarrollo urbano y las decisiones de localización empresarial y residencial, analizando con cierto detalle la evolución de los flujos de *commuting* dentro de la Comunidad de Madrid a lo largo del periodo 1996-2004. Para ello, en el apartado 2 se ofrece una visión sintética de los principales modelos teóricos del desarrollo urbano y la intensidad y dirección de los flujos de *commuting*, haciendo hincapié en el tránsito desde el modelo monocéntrico hacia el multicéntrico. A continuación, con vistas a valorar la validez de dichos modelos para el caso de la Comunidad de Madrid, se analiza la validez de sus hipótesis sobre la distribución de la renta, la población y el empleo en la región. Finalmente, en el apartado 4, mediante la aplicación del concepto de entropía

y redundancia relativa, y mediante técnicas tomadas de la literatura sobre análisis de cambio estructural en tablas input-output y matrices de comercio, se analizan los flujos laborales intermunicipales registrados en la Comunidad de Madrid, cuantificando la dispersión de los flujos de *commuting* durante el periodo 1996-2004 y la estabilidad diferencial de los patrones de movilidad intermunicipal para las cuatro principales ramas productivas.

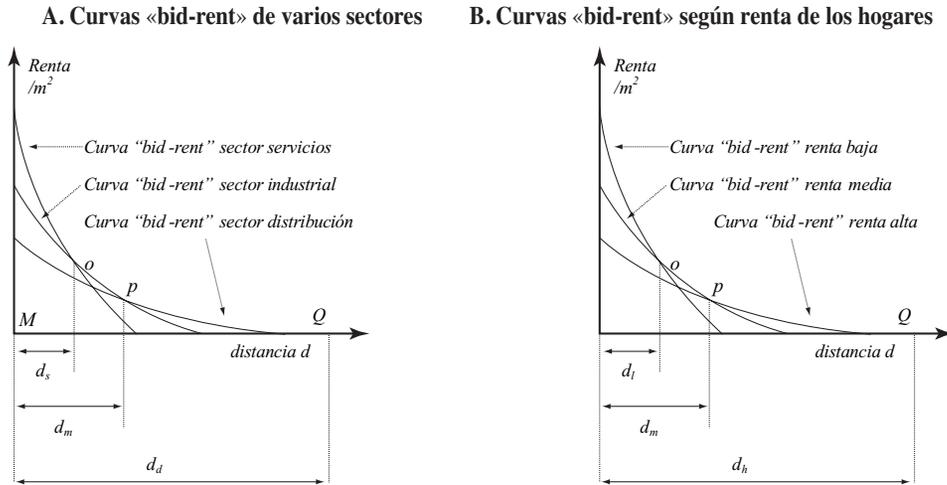
2. Modelos teóricos sobre el desarrollo de las ciudades

Existen múltiples teorías sobre los motores que determinan la dinámica territorial de las ciudades. Más allá de las explicaciones basadas en la dotación original de recursos naturales y la evolución histórica de la población, la explicación de la expansión reciente de las zonas urbanas viene dada fundamentalmente por razones de índole económico. La mayor parte de ellas parten de hipótesis sobre la forma en la que los individuos y las empresas toman sus decisiones sobre dónde residir y localizarse. El germen de muchas de estas teorías se encuentra en el modelo de desarrollo monocéntrico de las ciudades propuesto en los años 50 y 60 (Alonso, 1964; Henderson, 1974) sobre las bases establecidas por economistas del siglo XIX como Von Thunen o Laundhart. Así por ejemplo, partiendo del modelo básico de Von Thunen, varios autores (Alonso, 1964, Mills 1969, 1970; Muth 1969) desarrollaron «*the Bid-Rent Model*» para explicar la variación del precio que están dispuestas a pagar las empresas por ubicarse en un terreno situado a cierta distancia del mercado de venta. Al igual que el modelo Von-Thunen, «*the bid-rent model*» presupone la existencia de un único lugar de venta (M) y que todos los puntos del espacio son igualmente atractivos para la localización de la empresa. Sin embargo, considera que las empresas pueden sustituir libremente entre los factores productivos vinculados o no a la tierra. Ambos factores serían sustitutivos perfectos. Teniendo en cuenta la existencia de un único mercado de venta de los productos (M) y la existencia de un coste creciente para el transporte de los productos según se incrementa la distancia desde el lugar de producción hasta el de venta, las empresas reducirán el precio que están dispuestas a pagar por el terreno situado lejos de M. De esta manera, la curva de pujas por alquileres (*bid-rent curve*) tendría pendiente negativa y convexa respecto al punto M.

Posteriormente, el modelo se ha extendido a un contexto competitivo en el que empresas de distintos sectores competirían por la tierra más o menos alejada del mercado central, dando lugar a una nube de curvas diferentes según fuera la función de producción de cada sector y la importancia relativa de los factores ligados a la tierra (ver figura 1, A). Igualmente, este modelo se ha utilizado también para explicar la localización residencial: las familias abordarían un problema de optimización de su utilidad en la que tendrían que elegir entre dos bienes tales como la vivienda y el coste de desplazamiento desde el lugar de residencia hasta el de trabajo, existiendo una relación directa entre el coste de la vivienda y la distancia respecto al centro de negocios (CBD), y otra inversa entre ésta y el coste de transporte por *commuting*. En paralelo con lo apuntado acerca de las empresas, la extensión de este modelo a la localización residencial permitiría plantear una nube de curvas de puja por la tierra

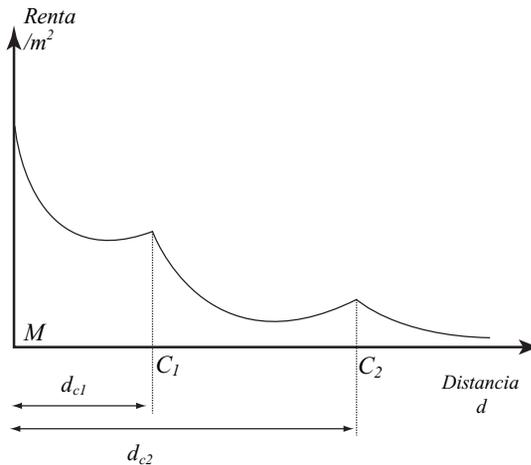
para diferentes colectivos sociales según su niveles de renta, y su mayor o menor preferencia por la proximidad al CBD según sea su nacionalidad, sexo o situación familiar (ver figura 1, B).

Figura 1. Curvas «bid-rent» de diferentes sectores y tipos de hogares



La principal limitación de este modelo radica en su incapacidad de explicar las decisiones de localización empresarial y residencial cuando surge más de un punto de venta de productos y factores. Por ello, varios autores han desarrollado modelos más sofisticados que contemplan expresamente la existencia de una multiplicidad de centros de negocios que compiten entre sí para atraer diferentes tipos de empresas y trabajadores (Fujita *et al.*, 2000; Duranton *et al.*, 2004; Duranton *et al.*, 2000; Henderson *et al.*, 2004).

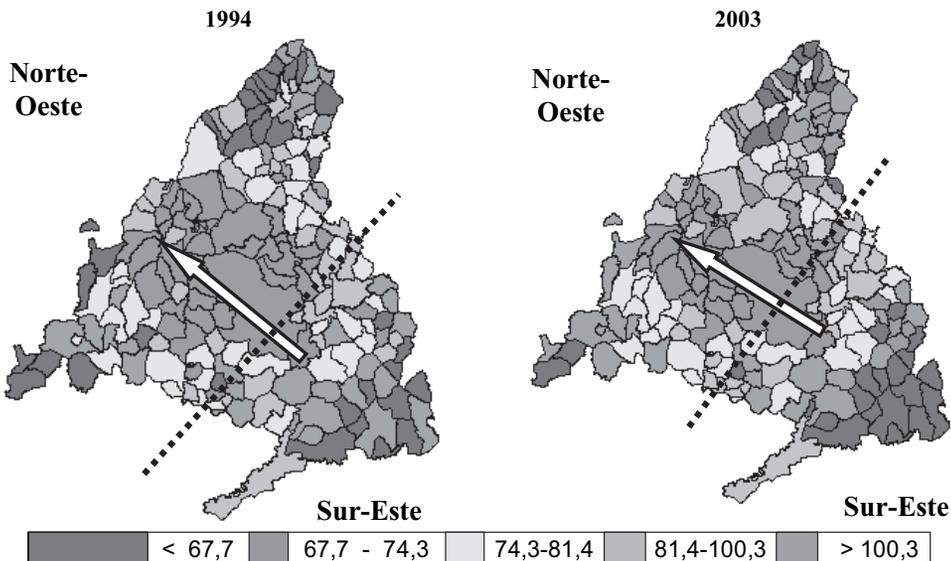
Figura 2. Curvas «bid-rent» en un contexto multicéntrico



3. La dinámica reciente de la población y el empleo en la Comunidad de Madrid

Con el objeto de confrontar los modelos teóricos con la evolución reciente del área metropolitana de Madrid, en este apartado se comprueba la validez de algunas de sus hipótesis tal como es la existencia de un único CBD, la relación inversa entre el precio de la vivienda y la distancia al CBD y la tendencia hacia la dispersión de la población y el incremento de los flujos de *commuting* a medida que los hogares y las empresas van separándose del CBD.

Gráfico 1. Distribución espacial de la renta en porcentaje respecto de la media de la C. Madrid



Fuente : Base de datos Almudena del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.
www.iestad/madrid.org

Iniciamos el análisis estudiando la heterogénea distribución espacial de la renta en los municipios de la Comunidad de Madrid recogida por el **gráfico 1**. A pesar de las diferencias existentes entre los diferentes municipios, salta a la vista la concentración creciente de la población de mayor renta en los municipios situados en el municipio de Madrid y en Nor-Oeste de la Comunidad, formando un gradiente de crecimiento de la renta *per capita* que iría desde el Sur-Este hacia el Nor-Oeste, cada vez más concentrado en torno al eje de la autovía A-6.

Teniendo en cuenta este hecho, y siguiendo la práctica de algunos trabajos previos que analizan la dicotomía Norte/Sur en otras ciudades (Brañas-Garza *et al.*, 2002), y con un objetivo más didáctico que de rigor analítico, se utilizará la línea imaginaria que determinan los ejes discontinuos dibujados sobre el mapa para agru-

par los municipios en dos grupos: Nor-Oeste/ Sur-Este. De esta manera, se consigue generar dos grupos de municipios donde la renta es más homogénea. Además, mediante este artificio que equivale a proyectar sobre el eje NO-SE el conjunto de municipios de la Comunidad, se permite representar en dos dimensiones el perfil que dibujan la renta, el empleo y la población según nos aproximemos al supuesto CBD desde el NO o el SE. Así, todos los municipios agrupados en la parte Sur-Este se aproximarán al municipio de Madrid con distancia negativa, mientras que los del Nor-Oeste lo harán con distancia positiva. Como se ha indicado, la agrupación de los municipios en estos dos amplios grupos se realiza exclusivamente con el objeto de permitir un análisis descriptivo en dos dimensiones, sin entrar en un análisis más riguroso que considerase contrastes centro-periferia, la consideración de todos los ejes de desarrollo o la caracterización de clusters municipales a través de variables socio-económicas capaces de caracterizar a los enormemente heterogéneos municipios que se están agrupando.

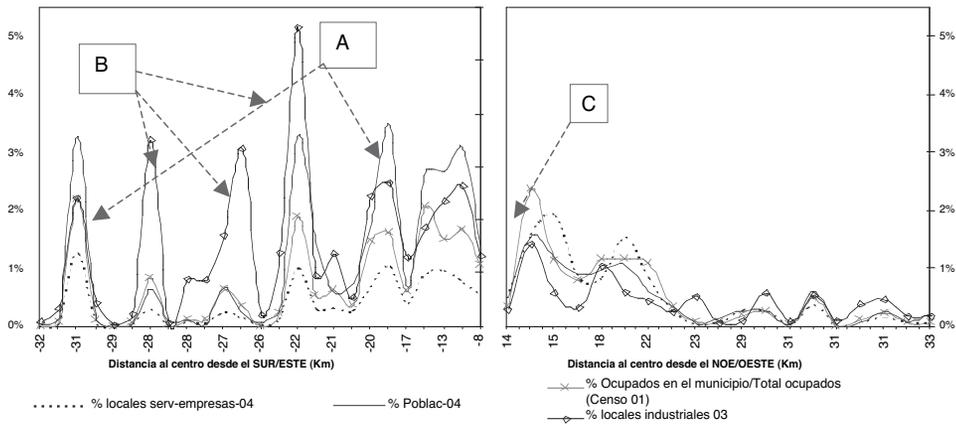
3.1. La ubicación de la población y las empresas en torno al CBD

A continuación se analiza el papel que juega Madrid como hipotético CBD del área metropolitana. Para ello se analiza el porcentaje de actividad económica que se concentra en cada uno de los municipios de la Comunidad de Madrid. Dada la dificultad para contar con macromagnitudes que recojan realmente el lugar (no la residencia) donde se ubica la producción y el empleo, se utiliza el número de establecimientos productivos (industriales y de servicios a empresas) para aproximar la concentración de la oferta de empleos en el espacio.

En 2003 el 53% de la población estaba empadronada en Madrid municipio y la concentración de establecimientos productivos era del 60%, llegando al 80% en el caso de los servicios a empresas y al 45% en el de los locales industriales. A través del **Censo de 2001**³, se sabe que el número de personas que efectivamente estaban ocupados en establecimientos ubicados en el municipio de Madrid llegaba a 1.463.083, esto es, el 64% del total de ocupados de la Comunidad. Con estas cifras es difícil cuestionar la relevancia que Madrid ocupa dentro de la Comunidad, así como su condición de *centro principal de negocios*. A pesar de esta preeminencia, en los últimas décadas han proliferado importantes centros de actividad fuera de la capital, en línea con lo observado en otras grandes áreas urbanas del mundo y lo postulado por los modelos pluricéntricos más recientes (ver **figura 2**). Con el objeto de poder analizar con mayor claridad estos focos secundarios, el **gráfico 2** pone en relación la localización de algunas variables relevantes sobre población y empleo con la inversa de la distancia al municipio de Madrid (excluido del gráfico).

Atendiendo a los datos del **Censo de 2001**, se aprecia como en los municipios agrupados en el cuadrante Sur-Este se ocupa al 22% de los trabajadores de la Comunidad, mientras que en los del cuadrante Nor-Oeste trabaja el 13,4%. Frente a esta

³ La variable de ocupados que se utiliza procedente del Censo 2001 hace referencia a los ocupados que trabajan en establecimientos localizados en cada municipio y no a los ocupados que en ellos residen (dato más habitual del Censo, Padrón, EPA o Registros del INEM).

Gráfico 2. Distribución de la población y los locales productivos sin incluir el CBD

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos Municipal. I. Estadística C. de Madrid.

mayor concentración general del empleo en los municipios de Sur-Este, llama la atención cómo en varios municipios del cuadrante Nor-Oeste se concentra un elevado porcentaje de los ocupados (2,4% en Alcobendas, 1,2% en S. Sebastián de los Reyes y las Rozas, 1,1% en Tres Cantos), que supera al peso relativo que dichos municipios representan en términos de población y localización de establecimientos industriales (no así de servicios a empresas). Más allá de las cifras censales, también se aprecia el elevado volumen de concentración de población y establecimientos productivos en el Sur-Este⁴. Por otro lado, el gráfico 2 recoge la diferente sincronía observada para la concentración de la población y la actividad empresarial en los municipios del Norte-Oeste y del Sur-Este: en el Sur-Este, la población parece concentrarse en los mismos municipios que las empresas (a la misma distancia respecto de Madrid-CBD) mientras que en los municipios del Nor-Oeste la concentración de locales (especialmente los industriales) va desacompañada respecto de la población: este hecho estaría en relación con la propia génesis de los grandes núcleos del Sur en torno a focos de actividad, así como al desarrollo urbano del Nor-Oeste según patrones más europeos de construcción en baja altura en torno a espacios menos congestionados. Como veremos más adelante, este comportamiento divergente tiene su reflejo en la distribución territorial de la renta, el coste de la vivienda y la intensidad y dirección de los flujos de *commuting*.

Asimismo, el gráfico 2 permite identificar focos donde la concentración de la población es superior al de la actividad empresarial y el empleo ofrecido (puntos tipo A), frente a otros donde la relación es inversa (puntos tipo B). Asimismo los gráficos

⁴ Esta mayor concentración de establecimientos podría ser engañosa si no se completa con un análisis del valor añadido que en ellos se genera, ya que las sedes centrales y las actividades empresariales de mayor valor añadido (servicios financieros, servicios a empresas, telecomunicaciones...) han tendido recientemente a localizarse en torno al eje Nor-Oeste, mientras que los establecimientos productivos del sector industrial y de distribución se han concentrado en el Sur-Este.

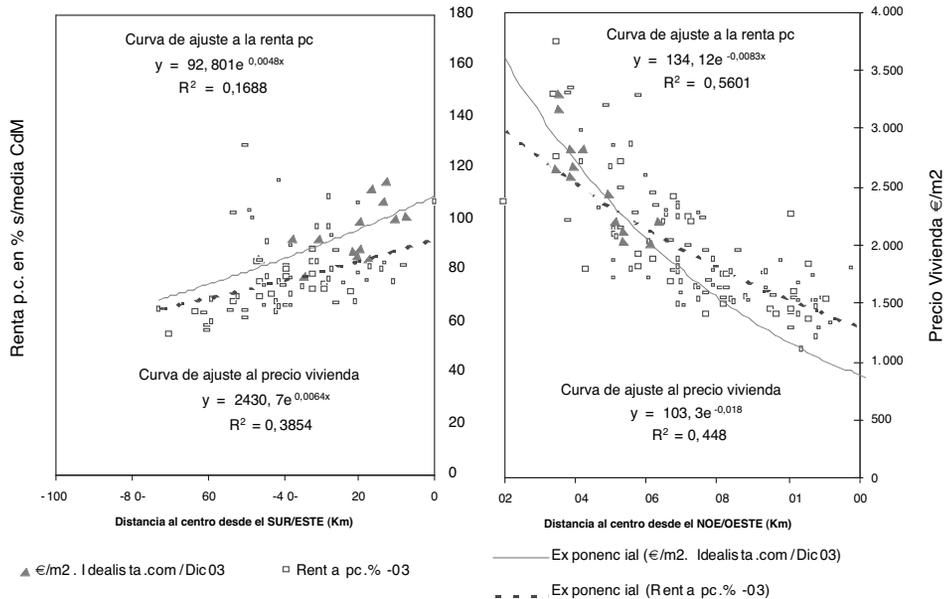
recogen con cierta claridad la existencia de interrupciones en el perfil de expansión territorial de la actividad empresarial y la población. Así por ejemplo, el punto C correspondería a las zonas verdes que flanquean el municipio de Madrid por el Nor-Oeste, y que estarían actuando como *cortafuegos* en el desarrollo territorial de la ciudad, tal y como se ha documentado en algunos estudios recientes sobre «urban sprawl» y «leapfrog development» (Burchfield *et al.*, 2005).

Esta foto estática de la distribución de la población y la actividad en torno al supuesto CBD debe ser contextualizada en la evolución dinámica de ambas variables en los últimos años: en relación a la población, desde hace varios años los censos y padrones vienen recogiendo una clara tendencia hacia la diseminación espacial fuera del municipio de Madrid. Por el lado de las empresas, bastaría con analizar la evolución reciente de la ubicación de los establecimientos productivos y del empleo (ver datos del Censo del gráfico 2) para verificar cómo el municipio de Madrid está perdiendo importancia relativa en términos de establecimientos y empleo (posiblemente el análisis es menos claro para valor añadido y productividad) en beneficio de los municipios colindantes.

Por último, se analiza la variación del precio de la vivienda medido en términos de mercado (€/m²) según nos aproximamos al CBD desde el Nor-Oeste y desde el Sur-Este. A pesar de la relativa escasez de datos municipales, se ha preferido utilizar el precio de mercado estimado por las principales empresas tasadoras (Idealista.com) antes que el uso del valor catastral por unidad, una medida que a pesar de su carácter oficial y mayor disponibilidad podría infravalorar el verdadero valor de los inmuebles al verse afectado por la fecha de actualización del catastro. Para facilitar la interpretación de los precios en relación con el «**Bid Rent Model**» del apartado 2, el gráfico recoge también el nivel de renta de cada municipio (medida en términos del porcentaje de renta *per capita* en relación a la media de la región) y la aproximación óptima a curvas exponenciales. A pesar de la enorme heterogeneidad municipal existente dentro de los dos amplios grupos en los que se han agrupado los 179 municipios madrileños, mediante esta aproximación se comprueba la validez de la hipótesis habitual de los modelos de localización según la cual el precio de la vivienda decrece con la distancia al CBD. Igualmente, se constata el mayor precio medio de los municipios ubicados en los municipios del Nor-Oeste de la Comunidad, en consonancia con la localización de los individuos de mayor renta.

3.2. La movilidad laboral intermunicipal dentro de la Comunidad de Madrid

Como se apuntaba más arriba, los patrones de localización territorial de los hogares y las empresas condicionan la intensidad y dirección de los flujos de *commuting*. Por ello, a continuación se analizan los patrones de movilidad laboral entre los municipios madrileños deducidos de la información relativa al municipio de residencia y trabajo de los individuos según el Censo de Población (INE, 2001). Partiendo de dicha información, se pueden construir matrices origen-destino (OD) de flujos intermunicipales de personas por motivos laborales. La representación (gráfico 4) de los

Gráfico 3. Relación entre el precio de la vivienda y la proximidad al CBD, 2003

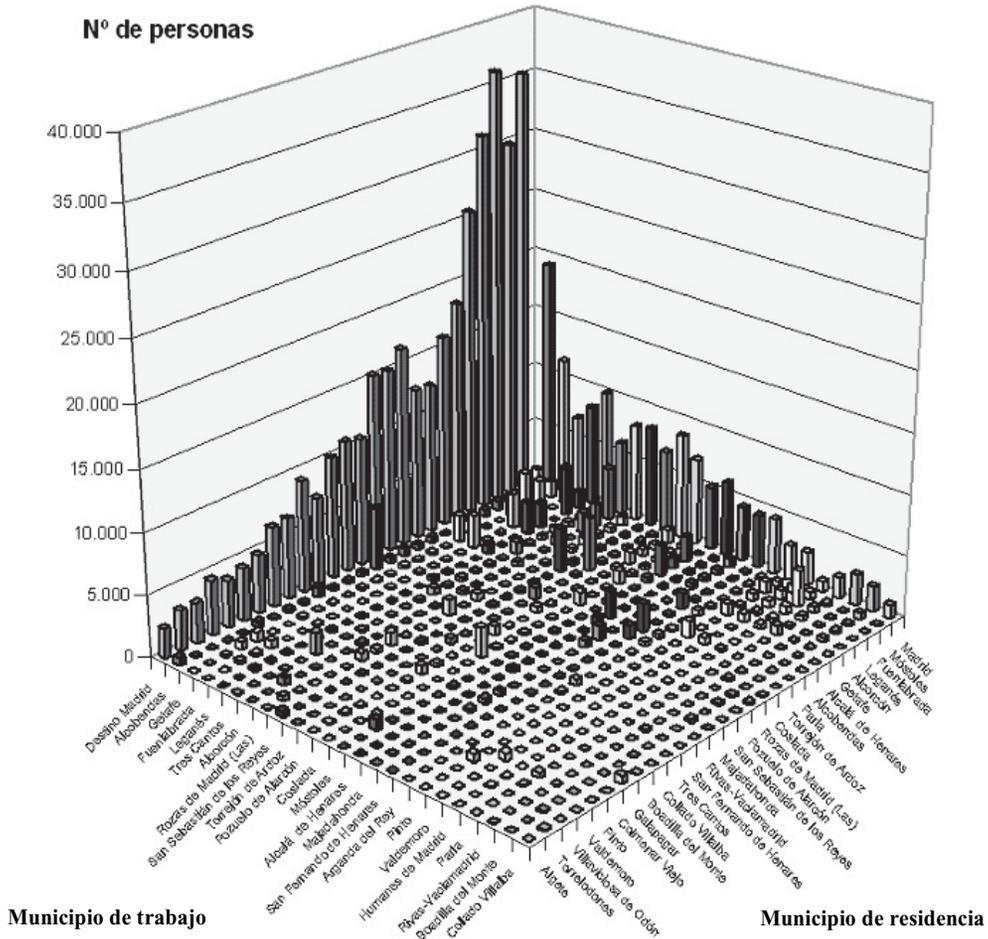
Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos Municipal. I. Estadística C. de Madrid.

principales flujos de *commuting* ($f_{ij} > 2.000$ personas) de dicha matriz OD, reordenados según el ranking de flujos de trabajadores emitidos por cada municipio con destino a otros municipios, pone en evidencia la presencia de importantes vínculos laborales entre el municipio de Madrid y el resto de municipios.

Centrándonos en el municipio de Madrid, el **gráfico 5** recoge los flujos de trabajadores que residen en otros municipios y trabajan en Madrid, ordenados según el ranking total de trabajadores residentes que trabajan fuera del municipio (en cualquier municipio). Como se puede observar, el mantenimiento de este ranking total lleva a que el perfil de intensidad de flujos de *commuting* con Madrid presente un perfil de dientes de sierra. Este sería el caso de municipios como Móstoles o Leganes, que aun superando a Getafe en términos de «exportación intermunicipal» de mano de obra total, estarían por detrás de éste municipio en cuanto a la población residente que trabaja en el municipio de Madrid. La presencia de estos saltos ayuda a matizar la validez de la teoría de desarrollo urbano monocéntrico para el caso de Madrid, anunciando la presencia de otros municipios secundarios que atraen importantes volúmenes de trabajadores.

Adicionalmente, el **gráfico 6** completa el análisis general de los flujos absolutos de *commuting*, aportando la importancia relativa que los flujos de trabajadores representan para el municipio que exporta la mano de obra. En concreto, recoge el porcentaje de población residente y ocupada en cada municipio que trabaja en otro municipio diferente. De esta manera se recoge la «apertura relativa» o «movilidad relativa media» de cada municipio. Los municipios están ordenados en orden decreciente de

Gráfico 4. Flujos intermunicipales de personas por motivo trabajo en la C. de Madrid. Censo 2001



Fuente: Elaboración propia a partir del Censo de Población. INE-2001.

apertura relativa, recogiendo también el porcentaje de trabajadores residentes que se desplazan hacia Madrid capital y el tamaño medio de los municipios⁵. Los mayores ratios de apertura relativa corresponden a municipios medianos y pequeños, que o no son capaces de emplear a todos sus residentes, o juegan un rol de municipio residencial o dormitorio.

⁵ Nótese que el tamaño del municipio está medido en términos de población residente y que ésta es inversamente proporcional a la distancia que separa al municipio del CBD.

Gráfico 5

Residentes de municipios que trabajan en Madrid municipio.
N.º Personas. Fuente: Censo 2001

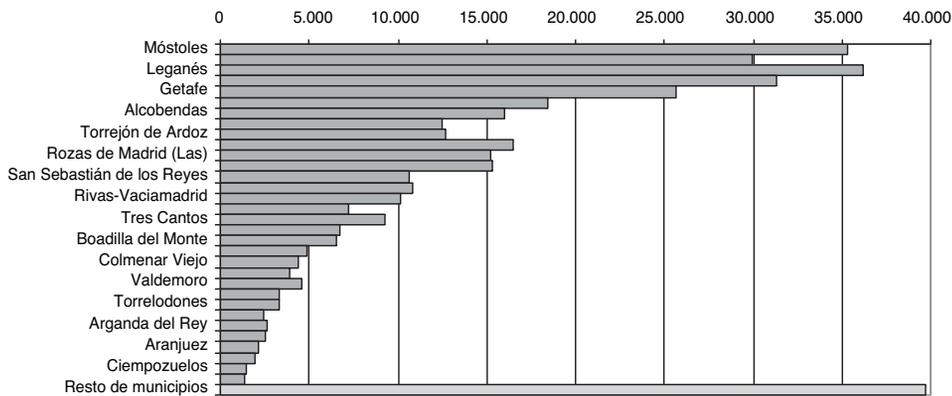
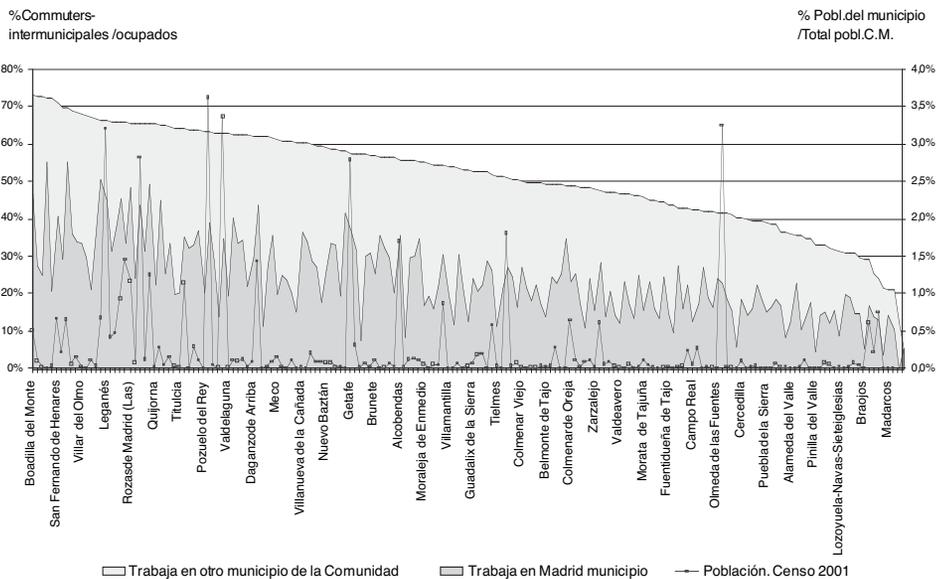


Gráfico 6. % de trabajadores residentes que conmutan a otro municipio sobre el total de ocupados residentes. *Porcentaje*



Fuente: Elaboración propia a partir Censo. 2001. INE.

4. Análisis dinámico de la concentración y estabilidad del commuting

Analizada la dinámica de localización poblacional y empresarial e identificados los principales flujos intermunicipales de trabajadores en 2001, se estudia la concentración y estabilidad de dichos patrones de movilidad laboral a lo largo del periodo 1996-2004.

4.1. La Base de Datos

La base de datos construida para el análisis integra tres fuentes alternativas con información sobre la movilidad laboral intermunicipal en la Comunidad de Madrid. A partir de ellas se ha obtenido una amplia colección de matrices origen-destino (OD) de rango (179*179) donde quedan recogidos, para cada año y sector, el número de trabajadores que residen en cada uno de los 179 municipios (origen), y que trabajan en cada uno de los 179 municipios (destino). En todo momento se presupone que los trabajadores que residen en un municipio y están empleados en otro diferente tendrán que realizar desplazamientos diarios de *commuting* por motivo laboral. Por tanto, dado que las matrices de commuting vendrán medidas en número de trabajadores intercambiados más que en términos de tiempo o coste, deberán ser interpretados como expresión de intercambio de mano de obra más que como coste o sacrificio social vinculado a unos desplazamientos. Las tres fuentes utilizadas son:

- **Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid de 1996.** A partir de la encuesta elaborada por el Consorcio de Transportes de la Comunidad de Madrid, se ha construido una matriz de flujos por motivo trabajo, con especificación del municipio de origen y destino de trabajadores. Debido a la fecha y características de la encuesta, sólo se dispone de una matriz OD para el total de la población, sin que quepa la posibilidad de desglosar las estructuras de *commuting* por sectores (1 matriz OD de 179*179 municipios para 1996)⁶.
- De la información ofrecida por el Instituto Estadística de la Comunidad de Madrid a partir del **Censo de Población del INE del 2001**, se puede conocer el municipio de residencia y de trabajo de todos los trabajadores censados. A partir de esta información se ha podido disponer de una colección de matrices OD que recogen los flujos de mano de obra para los cuatro sectores más la total (5 sectores = 5 matrices OD de 179*179 municipios para 2001).
- Por último, mediante la explotación de la **Base de Datos de Contratos** facilitada por la Dirección General de Empleo de la Consejería de Empleo y Mujer de la Comunidad de Madrid, se han obtenido cinco matrices OD donde se recogen los flujos de *commuting* intermunicipal para 2004 y cuatro sectores (4 sectores más total = 5 matrices de 179*179 municipios referidas a 2004).

⁶ Aunque la encuesta está diseñada para el análisis de la movilidad por motivo trabajo, la calidad de su información podría ser inferior a la del censo o la del registro de contratos. Al cierre de este trabajo aun no se ha publicado la Encuesta de Movilidad de la C. de Madrid de 2004. La disponibilidad de estos datos constituirá un punto de desarrollo futuro de esta investigación.

La principal virtud de esta última fuente consiste en disponer de un registro de los contratos realizados durante el año (cerca de 2 millones de registros/año). De este hecho se deriva un elemento interesante para nuestro estudio, tal y como es la disponibilidad de información amplia y reciente, capaz de recoger la importante afluencia de población inmigrante que ha recibido la región desde el censo del 2001. Junto a estas ventajas, la información recogida por los registros de contratos adolece de ciertas limitaciones: en dichos ficheros sólo quedan recogidos los contratos celebrados a lo largo del año, sin incluir las posibles prórrogas de contratos temporales en la misma empresa, ni los contratos «vivos» que se hubieran iniciado en años anteriores. En este sentido, es necesario advertir que el número total de contratos recogidos en la base diferirá necesariamente del total de la población ocupada en la Comunidad en cada año, y sobrevalora la temporalidad de los contratos, al omitir la información sobre prórrogas y contratos indefinidos firmados en años precedentes. Por otro lado, es necesario advertir que la unidad de referencia de los registros de contratos es «el contrato celebrado» más que el «individuo empleado»⁷. Si se tiene en cuenta que un individuo ha podido ser contratado varias veces por una o varias empresas a lo largo del año, el número de contratos celebrados podría ser superior a la población ocupada, incluso teniendo en cuenta la omisión de las prórrogas y los contratos indefinidos vivos de años anteriores.

Para entender más claramente las singularidades de nuestra base de datos, la **tabla 1** recoge los datos agregados de la base de datos original y algunas cifras de referencia sobre ocupación y afiliación en la Comunidad de Madrid. Así se comprueba que según el registro de contratos, en 2004 se habrían celebrado 2.368.524 contratos en el que habría participado 1.871.052 personas diferentes, lo que supone un incremento del 29% y del 21% respecto de las cifras del 2003. Estas cifras difieren de las aportadas por la EPA y el registro de la Seguridad Social sobre el número y la evolución de los ocupados (2.748.700; 5%) y los afiliados (2.665.000; 4%). Por el contrario, tanto para el 2004 como el 2003 el número de contratos realizados en la Comunidad durante el año es casi igual al número total de ocupados y afiliados en ella: así lo manifiestan los ratios del 0,9 observados para el «n.º de contratos/afiliados a la SS» y el «n.º de contratos/ocupados EPA». Según estos cálculos, asumir que el número total de contratos realizados durante un año equivale al de ocupados, equivaldría a presumir que en cada año el 90% de los contratos existentes son rescindidos y firmados nuevamente. La explicación a este contraste se deriva fundamentalmente de la presencia de un elevado número de contratos sucesivos realizados por una misma empresa al mismo trabajador a lo largo del año. Esta circunstancia se concreta lógicamente en un ratio entre «Contratos celebrados/personas contratadas» superior a la unidad, y que además se encuentra en claro crecimiento (6% para el conjunto de la población). Se considera que estas limitaciones podrían sesgar los análisis centrados en la temporalidad laboral, mientras que su impacto sobre el estudio de movilidad po-

⁷ A pesar de esta configuración de la base de datos original, todo el análisis de movilidad realizado en este artículo ha pasado por una transformación previa de la base de datos de contratos que ha permitido trabajar con «personas contratadas» en vez de «contratos», evitando así el posible sesgo de la repetición de contratos a una misma persona.

dría ser más limitado. De hecho, un objetivo adicional de este trabajo es el de verificar hasta qué punto las tendencias recogidas por las otras dos encuestas «estructurales» quedan recogidas por un registro de disponibilidad anual. En cualquier caso, la valoración de los resultados debe ser cautelosa, al menos hasta que se disponga de una base de datos completa que integre información sobre contratos, prórrogas y seguridad social. Posiblemente, dicha base de datos no estará disponible hasta que el sistema integrado SISPE que se introdujo en la Comunidad de Madrid en 2006 lleve varios años de andadura.

Tabla 1. Datos de empleo en la C. de Madrid. 2004-2005

		2004	2003	2004-2003
N.º de contratos realizados en el año	Hombres	1.277.454	1.029.064	24%
	Mujeres	1.091.074	810.349	35%
	Total	2.368.528	1.839.413	29%
N.º de personas contratadas en el año	Hombres	1.018.957	871.775	17%
	Mujeres	852.095	675.191	26%
	Total	1.871.052	1.546.966	21%
Contratos/persona (BD contratos)	Hombres	1,3	1,2	6%
	Mujeres	1,3	1,2	7%
	Total	1,3	1,2	6%
Promemoria				
Ocupados EPA		2.748.700	2.614.600	5%
Afiliados SS (a 31 diciembre)		2.665.000	2.568.200	4%
Personas contratadas/ocupados EPA		0,7	0,6	
Personas contratadas/afiliados SS		0,7	0,6	17%
N.º contratos/ocupados EPA		0,9	0,7	
N.º contratos/afiliados SS		0,9	0,7	24%

Fuente:Elaboración propia a partir de los datos de BD Contratos; EPA, Afiliación a la SS.

4.2. Análisis dinámico de la dispersión de los flujos laborales entre 1996-2004

La literatura de economía urbana y regional recoge múltiples instrumentos para medir la concentración espacial de una variable en relación a un área geográfica determinada (McCann, 2001). Posiblemente la herramienta más utilizada sea la estimación de índices de localización y especialización que cuantifican el peso relativo que la variable tiene en dicha área en relación al total sectorial o geográfico de referencia. Sin embargo, mediante estos coeficientes resulta complicado mediar la variación del número de municipios que intercambian entre si factor trabajo y la intensidad con la que lo hacen. Por ello, en el siguiente análisis se hará uso de herramientas propias de análisis de concentración de renta y equidad para medir hasta qué punto los flujos de commuting intermunicipales de la Comunidad han tendido hacia la dispersión en torno a un número creciente de municipios.

Posiblemente, el **índice de Gini** es el estadístico más conocido para analizar el grado de concentración de una variable en un grupo de individuos. Su sencillez y la posibilidad de representarlo mediante las **curvas de Lorenz** han hecho de éste índice un clásico para la medición de la equidad. En su contra, el índice de Gini exige el escalonamiento previo de los datos y se ve afectado por el tamaño de la población. Estos inconvenientes quedan superados por otros dos estadísticos, la **entropía** y la **redundancia relativa**, que han sido diseñados para medir el grado de orden-desorden dentro de un sistema y la concentración de una magnitud entre los individuos de una muestra. A continuación se describe el procedimiento para calcular la evolución de la dispersión en los flujos de commuting inter-municipales por sectores entre 1996 y 2004 a través de ambos estadísticos:

- Sea F^{sa} una matriz cuadrada de orden $(N \times N)$ del año «a» formada por los elementos f_{ij}^{sa} , que recogen el número de trabajadores que residen en el municipio «i», que trabajan en una empresa del sector «s» ubicada en el municipio «j».
- Sea N el número de municipios y $M = N^2$ el número total de posibles cruces entre los N municipios entre los que se debe repartir toda la población ocupada. Nótese que en los elementos f_{ij}^{sa} , $i = j$ situados en la diagonal principal se localizan los trabajadores que trabajan en su municipio de residencia, *commuters intra-municipales*, mientras que en los elementos f_{ij}^{sa} , $i \neq j$ situados fuera de la diagonal se encuentran los *commuters inter-municipales*.
- Sea P^{sa} la población ocupada en el sector «s» durante el año «a», esto es, la suma global por filas y columnas de cada matriz de flujos de trabajadores

$$P^{sa} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f_{ij}^{sa}$$

Se definen los coeficientes $p_{ij}^{sa} = \frac{f_{ij}^{sa}}{P^{sa}}$ de «intensidad absoluta de flujo laboral intermunicipal» donde queda recogida la importancia relativa que un determinado intercambio bilateral entre dos municipios tiene sobre el conjunto de población ocupada en ese año y sector.

De esta manera se tiene que $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{sa} = 1 = 100\%$

Así, la entropía de la distribución de los flujos intermunicipales de commuting se define como:

$$H_M(f) = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{sa} \log(p_{ij}^{sa}) = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{sa} \log\left(\frac{1}{p_{ij}^{sa}}\right) \quad [1]$$

Las principales características de este estadístico serían:

- $H_M(f)$ será siempre positiva ya que el valor de $\log(p_{ij}^{sa}) \leq 1$, ya que $0 \leq p_{ij}^{sa} \leq 1$.
- **En el caso de que la concentración sea mínima**, esto es, cuando la población ocupada estuviera repartida de forma equitativa entre los M cruces, entonces: $p_{ij}^{sa} = \frac{1}{M} \quad \forall i, j$

$$H_M(f) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{sa} \log \left(\frac{1}{p_{ij}^{sa}} \right) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{1}{M} \log \left(\frac{1}{1/M} \right) = M \frac{1}{M} \log(M) = \log M$$

- **En el caso de que la concentración sea máxima**, esto es, cuando toda la población estuviera residiendo y trabajando en un único municipio (i.e: Madrid), y todos los restantes M-1 cruces fueran nulos, entonces:

$$H_M(f) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{sa} \log \left(\frac{1}{p_{ij}^{sa}} \right) = 0 + 0 + \dots + 1 * 0 + \dots + 0 = 0$$

- $H_M(f)$ será siempre positiva ya que el valor de $\log(p_{ij}^{sa}) \leq 1$ y $0 < H_M(f) \leq \log(M)$.
Para facilitar la interpretación del estadístico, a partir de la definición de entropía $H_N(f)$ se define el de la «**redundancia absoluta**» como el coeficiente T de Theil $T = \log M - H_M(f)$ y la «**redundancia relativa**» como:

$$T_r = \frac{\log N - H_M(f)}{\log M} = 1 - \frac{H_M(f)}{\log M} \quad [2]$$

En este caso, el índice relativo Tr se mueve entre $0 < Tr \leq 1$, y se interpreta en sentido inverso a la entropía: ahora, $Tr = 1$ cuando la concentración es máxima y $Tr = 0$ cuando es mínima.

4.2.1. La redundancia relativa de las matrices OD de flujos de commuting

Para el análisis de la concentración de los flujos laborales intermunicipales de la Comunidad de Madrid, los elementos anteriores tomarán los siguientes valores: Tres años (a = 3, 1996, 2001 y 2004); 179 municipios «i», «j»; 5 sector «s» (agricultura, industria, construcción, servicios y Total); 11 matrices OD, cada una de las cuales tendrá rango ($N^2 = 179 \times 179$) con 32.041 posibles cruces ($M = N^2 = 179 \times 179 = 32.041$); 1 matriz de flujos totales para 1996; 10 matrices para los flujos de 5 sectores (s) en los dos restantes años (a).

Para cada una de las 11 matrices de flujos de trabajadores disponibles se ha calculado el valor de la **redundancia relativa** (Tr). Mediante la comparación del valor obtenido por este estadístico en las matrices OD de los tres años disponibles, se espera capturar el aumento de los cruces intermunicipales de *commuting* que cabe esperar en un contexto de dispersión de la población y de la actividad económica fuera de un supuesto CBD localizado en Madrid. Asimismo, al disponer de matrices OD de *commuting* para los cuatro sectores principales en el año 2001 y 2004, se podrá comprobar si existen diferentes tendencias sectoriales en relación a la concentración o dispersión de los flujos intermunicipales de trabajadores.

De cara a la interpretación del estadístico utilizado a la luz del modelo multicéntrico, y sin entrar en el debate sobre la recursividad entre las decisiones de localización de los hogares y las empresas (van Ommeren *et al.*, 2000), cabe esperar que la

dispersión de los flujos de *commuting* se pudiera ver afectados por la correlación existente entre las decisiones de re-localización de los establecimientos productivos y los trabajadores:

- Así, si los hogares estuvieran «siguiendo a las empresas», la tendencia a la localización empresarial fuera del CBD, y la consecuente multiplicación de los núcleos generadores de empleo fuera del centro urbano, podría ser compatible con un aumento de la redundancia relativa y una mayor concentración de los flujos de *commuting* en torno a los nuevos focos de empleo y población. En este caso, cabría esperar un aumento en los flujos intra-municipales (diagonal principal de las matrices) frente a los inter-municipales de *commuters* (fuera de la diagonal). Siguiendo este razonamiento, también cabría esperar un incremento de los flujos inter-municipales que llegan a los nuevos CBD's generadores de empleo (cruces a lo largo de las columnas de la matriz OD que corresponden a dicho municipio). Ambos comportamientos coincidiría con el patrón observado en algunos puntos del **gráfico 3**, donde la población y la actividad económica tendrían a localizarse en núcleos secundarios ubicados a la misma distancia del CBD.
- Por el contrario, si el fenómeno de la dispersión de la población y del empleo fuera del CBD fueran fenómenos semejantes pero relativamente independientes⁸, cabría esperar un incremento de la entropía en los flujos inter-municipales de trabajo y quizá a una concentración desacompañada de la población y la actividad económica en términos de distancia del CBD (**gráfico 3**): si los municipios donde se localizan los nuevos establecimientos no coincidieran con los que alojan a los nuevos hogares, y la escasa estabilidad laboral dificultara que las decisiones de residencia se vincularan con las de re-localización empresarial, sería fácil esperar que la dispersión de la población y las empresas fuera del CBD multiplicaran el número de municipios que intercambian empleo. Como es lógico, este patrón de comportamiento llevaría a un incremento de los flujos «inter» frente a los «intra-municipales» y a un aumento de la entropía, que recogería la creciente complejidad en la red de flujos intermunicipales de *commuters* por motivo laboral.

Aunque la verificación de estas dos tendencias escapa a las posibilidades de este trabajo, habrá que tenerlas en cuenta de cara a la interpretación de los resultados y a un análisis más detallado en próximas investigaciones

4.2.2. Resultados del cálculo de la redundancia relativa en las matrices OD

Según los resultados recogidos en la **tabla 2** la redundancia relativa de las matrices de *commuting* intermunicipal de la Comunidad de Madrid se habría reducido entre

⁸ Aunque tanto para el caso de los hogares como en el de las empresas la tendencia a la deslocalización fuera del CBD coincide en el tiempo y puede ser explicado por variables similares (precio del suelo, aprovechamiento de economías de aglomeración generadas por infraestructuras comunes, proximidad a grandes mercados de factores o bienes y servicios,...) la importancia relativa de unos y otros factores para cada caso pueden ser diferentes.

1996 y 2004. Este hecho indicaría un reparto más disperso de los flujos bilaterales de trabajadores entre los distintos pares de municipios. Este resultado, obtenido como consecuencia del incremento del número de municipios que generan trabajo y ofrecen empleo, es una evidencia más acerca de la creciente validez del modelo multicéntrico para explicar el desarrollo territorial del área metropolitana de Madrid, como consecuencia de la creciente dispersión de la actividad empresarial y de la población. Dicha tendencia resulta coherente con los resultados de las últimas investigaciones sobre el desarrollo económico de Madrid en torno a los principales corredores de comunicación (Cuadrado-Roura *et al.*, 2000; Rubalcaba, 1998), así como con la evolución observada en otras áreas metropolitanas como Londres, París, Toronto, Tokio o Chicago (Hewings *et al.*, 1998; Cavailhès *et al.*, 2004; Goffette-Nagot, 2000; Duranton, 2000; Overman *et al.*, 2001; Ellison *et al.*, 1997).

Tabla 2. Concentración de los flujos laborales inter-municipales de personas
Redundancia relativa: $0 \leq Tr \leq 1$ (mín. concentración si $Tr = 0$)

Sector	1996	2001	2004	Dispersión 2004-2001
Agricultura		0,57	0,59	4% ▼
Construcción		0,62	0,60	-3% ▲
Industria		0,59	0,56	-5% ▲
Servicios		0,70	0,68	-3% ▲
(Total)	0,70	0,67	0,66	-3% ▲
Tasas de crecimiento				
	2001-96	2004-01	2004-96	Dispersión 2004-96
(Total)	-4%	-3%	-6%	▲

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2001; Contratos, 2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

Desde el punto de vista sectorial, se verifica cómo la redundancia relativa disminuye en todos los sectores –salvo en la agricultura–, mostrando una clara tendencia hacia una creciente dispersión de los flujos laborales y la actividad económica. Llama la atención la evolución inversa observada en los flujos laborales intermunicipales del sector agrícola, donde el aumento de la redundancia relativa apunta hacia una mayor concentración de los flujos laborales. Este hecho resulta coherente con la reducida importancia que el sector agrícola presenta en la región y con la intuición de que según se expande el área metropolitana y la terciarización de la actividad, cada vez será menor el número de municipios que ocupen o intercambien ocupados en este sector.

4.3. Análisis de los patrones de commuting por sectores entre 1996-2004

Una vez analizada la dinámica laboral en clave de fuerzas de concentración o dispersión, se analizan los patrones de movilidad intermunicipal de cada año y sector, com-

parando las estructuras de flujos que se recogen en las matrices de origen y destino. Siguiendo las técnicas propuestas para el análisis del cambio de estructura en el marco input-output y de análisis de matrices de comercio (De Menard, 2004), se ha optado por el **Índice de Similitud de Le Masne** (Pulido *et al.*, 1993, Le Masne, 1988) como indicador adecuado para cuantificar la semejanza estadística entre una amplia colección de matrices.

Originariamente este índice fue desarrollado para comparar la estructura de coeficientes técnicos y de localización del modelo Input-output de demanda (Leontief) y oferta (Gosh) (Pulido *et al.*, 1993; Llano C., 2004). Partiendo de una tabla input-output con I=N sectores, el modelo de Leontief queda definido como un sistema de ecuaciones lineales que relaciona los vectores de Output (X), y Demanda Final (F) a través de una matriz (A) de coeficientes técnicos estimados a partir de los requerimientos intersectoriales de consumos intermedios.

$$X = XA + F \quad [3]$$

La matriz A estaría constituida por los coeficientes técnicos $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$ que recogen para cada sector «j» la cantidad de inputs intermedios producidos por el sector «i» que son requeridos por el sector «j» (x_{ij}) para producir una unidad de su producto x_j .

Disponiendo de dos matrices de coeficientes técnicos A^{R1} y A^{R2} donde quedan recogidas las estructuras de intercambios intersectoriales de dos economía diferentes (o una misma economía en dos periodos diferentes), el **Índice de Similitud de Le Masne** se define como:

$$S^{R1-R2} = 100 \times \left(1 - \frac{0,5}{M} \times \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^N |a_i^{R1} - a_i^{R2}| \right) \quad [4]$$

Este índice varía entre $0 \leq S \leq 100$: tomará valor «100» cuando la similitud de las matrices de coeficientes técnicos sea máxima, y «0» cuando las diferencias sean mínimas. Para una mejor comprensión del índice hay que tener en cuenta que: 1) La formulación propuesta prevé que las sumas a lo largo de las columnas de las matrices de coeficientes técnicos A^{R1} y A^{R2} sean igual a la unidad. En el marco del modelo input-output esto sólo es posible si los coeficientes técnicos a_{ij} incluyen a los inputs primarios y no solo a los consumos intermedios. Por el contrario, esta exigencia es conatural a las matrices OD y más concretamente a las matrices de coeficientes que de ellas se deducen; 2) Partiendo de esta aclaración, es fácil comprobar que la diferencia máxima para cada columna entre los coeficientes técnicos (en el modelo de Leontief están definidos siempre en el sentido de las columnas: $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$) de dos matrices diferentes es de 2^9 . Así, para una matriz con N columnas, la diferencia máxima será de

⁹ Si la suma de los coeficientes de cada columna es igual a 1, la diferencia máxima en valor absoluto entre dos matrices que tengan todos los coeficientes nulos menos uno y estén ubicados en diferente situación ($a_{1j}^{R1} = 1$; $a_{4j}^{R2} = 1$), será de $a_{1j}^{R1} - a_{4j}^{R2} = 1 + 1 = 2$.

$2 \times N$. Para que el índice varíe entre 0 y 100, será necesario que la diferencia máxima de $2 \times N$ sea dividida por $0,5/N$, y multiplicada por 100.

Partiendo del precedente de Le Masne para la comparación de matrices de coeficientes técnicos (a_{ij}), se pueden construir índices de similitud para cuantificar la semejanza entre dos matrices cualesquiera, siempre que sean cuadradas, de igual rango y la suma de los coeficientes para cada fila (o para cada columna) sea igual a la unidad.

En nuestro caso se han comparado entre si las 11 matrices de flujos laborales disponibles. Para cada una de estas combinaciones se ha calculado un **Índice de Similitud de la intensidad bilateral absoluta** (S_I):

$$S_I(F^{s_1a_1} - F^{s_2a_2}) = 100 \times \left(1 - 0,5 \times \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left| p_{ij}^{s_1a_1} - p_{ij}^{s_2a_2} \right| \right) \quad [5]$$

siendo $p_{ij}^{sa} = \frac{f_{ij}^{sa}}{P^{sa}}$ la «intensidad absoluta de flujo laboral intermunicipal» donde

queda recogida la importancia relativa que un determinado intercambio bilateral entre dos municipios tiene sobre el conjunto de población ocupada en ese año y sector. Nótese que dado que en este índice se comparan dos matrices de coeficientes

$p_{ij}^{sa} = \frac{f_{ij}^{sa}}{P^{sa}}$, donde $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{sa}$, la diferencia máxima en términos absolutos entre todos

los coeficientes de ambas matrices será de 2 (no $2 \times N$ como en el caso de matrices con coeficientes de fila o columna). De ahí que para que el índice (S_I) se mueva entre 0 y 100, el elemento $0,5/N$ del índice de Le Masne es sustituido por 0,5. A continuación se analizan los resultados obtenidos mediante la comparación *bis a bis* de las 11 matrices.

4.3.1. Resultados de la comparación de los patrones de commuting

La comparación de las matrices de flujos laborales intermunicipales totales queda resumida en las siguientes tablas de doble entrada, donde se recoge el **Índice de Similitud** S_I para los flujos totales y para cada uno de los cuatro sectores. La estructura de coeficientes de la matriz OD que aparece en la fila es comparada con cada una de las matrices OD de las columnas, obteniendo un índice de similitud más o menos próximo a 100. El índice S_I recoge la semejanza entre las matrices de intensidades absolutas de flujos laborales para cada [Sector-año]. Al estar expresados en tantos por uno

en relación al total de la población ocupada de cada sector-año $p_{ij}^{sa} = \frac{f_{ij}^{sa}}{P^{sa}}$, los coefi-

cientes de las distintas matrices pueden ser comparados entre sí, sin que se vean afectados por diferencias de nivel. De esta manera se soslayan las principales diferencias entre los datos de los registros de contratos y las otras dos fuentes utilizadas (ver apartado 4.1).

66 Llano, C.

Tabla 3. Estructuras de flujos inter-municipales de personas
Índice de similitud sobre coef ($f_{ij}/\sum f_{ij}$). Unidad: % de personas

Año-Sector	96 Total	01 Total	04 Total
96 Total	100	82,14	77,97
01 Total		100	88,81
04 Total			100

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2001; Contratos 2004 y Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid, 1996.

El análisis comienza aplicando este índice S_1 a las matrices totales (sin distinguir por sectores), con el objeto de comprobar si existe estabilidad interanual en la intensidad del *commuting* intermunicipal. Según refleja la **tabla 3**, entre 1996 y 2004 los patrones medios de movilidad intermunicipal muestran un nivel de semejanza elevado que oscila entre el 77-88%. La mayor semejanza se produce entre los patrones de movilidad del 2001 y 2004 (88,81%), mientras que la menor se registra entre las matrices de 1996 y 2004 (77,97%). La mayor semejanza de las matrices más próximas en el tiempo resulta coherente con la tendencia observada hacia la dispersión de la población, la actividad económica y los flujos de *commuting*.

Centrándonos en los **flujos agrícolas**, se obtienen índices de similitud bastante reducidos, que oscilan entre el 57% y el 60%. Ahora el mayor índice de similitud se recoge entre las matriz total del 96 y la de agricultura de 2001 (60,08%) mientras que el más reducido corresponde a la comparación entre la matriz Total de 1996 y la de flujos agrícolas de 2004 (57%).

Tabla 4. Estructuras de flujos inter-municipales de personas
Índice de similitud sobre coef ($f_{ij}/\sum f_{ij}$). Sector: Agricultura

Año-Sector	96 Total	01 Agr	04 Agr
96 Total	100	60,08	57,53
01 Total		100	59,80
04 Total			100

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2001; Contratos 2004 y Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid, 1996.

Tabla 5. Estructuras de flujos inter-municipales de personas
Índice de similitud sobre coef ($f_{ij}/\sum f_{ij}$). Sector: Industria

Año-Sector	96 Total	01 Ind	04 Ind
96 Total	100	67,61	60,08
01 Total		100	81,97
04 Total			100

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2001; Contratos 2004 y Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid, 1996.

Para los flujos laborales del **sector industrial**, el índice de similitud S_I es superior al del primer sector e inferior al del total, oscilando entre el 81% registrado entre 2001-2004 y el 60% del cruce entre Total 96-Industria 04. Nuevamente, las estructuras de *commuting* más diferentes se corresponden con las matrices de años más alejados 1996-2004.

Tabla 6. Estructuras de flujos inter-municipales de personas
Índice de similitud sobre coef ($f_{ij}/\sum f_{ij}$). Sector: Construcción

Año-Sector	96 Total	01 Ind	04 Ind
96 Total	100	73,38	68,53
01 Total		100	82,26
04 Total			100

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2001; Contratos 2004 y Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid, 1996.

Los resultados para las matrices de *commuting* de trabajadores de la construcción es similar a los de la industria: el nivel de similitud se mueve entre el 82% registrado al comparar 2001 y 2004, y el 68% obtenido al comparar la matriz total de 1996 y la de construcción del 2004.

Tabla 7. Estructuras de flujos inter-municipales de personas
Índice de similitud sobre coef ($f_{ij}/\sum f_{ij}$). Sector: Servicios

Año-Sector	96 Total	01 Ind	04 Ind
96 Total	100	84,10	79,57
01 Total		100	88,52
04 Total			100

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2001; Contratos 2004 y Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid, 1996.

La similitud de las matrices de movilidad de los trabajadores del sector Servicios se aproxima a los niveles obtenidos para las matrices de flujos totales (**tabla 4**). Ahora, el índice S_I se mueve entre el 88% registrado al comparar Servicios 04-Servicios 01, frente al 79% obtenido en el cruce del Total 96-Servicios 04. Nuevamente, la comparación del 96 con el 2004 pone en evidencia la presencia de una menor semejanza entre las matrices de dichos años.

5. Conclusión

En este artículo se ha revisado la relación existente entre la estructura urbana y el mercado laboral. Partiendo de una breve revisión de la literatura que relaciona el desarrollo urbano y las teorías de localización empresarial y residencial, se ha tratado de comprobar la validez del modelo teórico monocéntrico para explicar el desarrollo

reciente del área metropolitana de Madrid. Para ello, junto al análisis descriptivo de la dinámica de localización de las empresas y los hogares dentro de la Comunidad, se han analizado en detalle los flujos de *commuting* entre los diferentes municipios madrileños a lo largo del periodo 1996-2004. Dicha aproximación se apoya sobre la hipótesis de que la intensidad, dirección y estabilidad temporal de los flujos de *commuting* depende de las decisiones de localización empresarial y residencial que impulsan la expansión territorial de las ciudades.

Desde el punto de vista metodológico, la principal aportación de este trabajo radica en la adaptación al análisis del desarrollo urbano y los flujos de *commuting* de dos herramientas tomadas del análisis de equidad y de cambio estructural en el marco input-output. Otra aportación interesante, radica en la combinación de tres fuentes estadísticas con información sobre el municipio de residencia y de trabajo de los trabajadores para la obtención de una amplia colección de matrices intermunicipales de *commuting* según años y ramas empleadoras. Especialmente novedosa resulta la utilización de los registros de contratos, que permite superar la dependencia respecto de los censos y encuestas de movilidad (publicadas cada 5 ó 10 años), abriendo la puerta a una mayor amplitud de análisis. En relación a los resultados, tanto mediante el cálculo de la redundancia relativa de las matrices de *commuting* como a través de la comparación por pares de dichas matrices para obtener el índice de similitud de Le Masné, se ha obtenido una nueva evidencia cuantitativa de la creciente dispersión de los flujos laborales intermunicipales a lo largo del periodo contemplado, así como de los cambios progresivos en los patrones de *commuting* del conjunto de la economía y de los principales sectores. Esta evidencia resulta coherente con lo observado en otras áreas metropolitanas del mundo y con los datos disponibles acerca de la creciente dispersión de las familias y los establecimientos productivos fuera de un supuesto CBD ubicado en el municipio de Madrid. De esta manera, se ha obtenido un nuevo dato que confirma la creciente complejidad de las relaciones económicas y laborales dentro de la Comunidad de Madrid, y la progresiva pérdida de validez del modelo monocéntrico para explicar su expansión en los últimos años.

De cara a futuras investigaciones, será interesante analizar los datos de la nueva encuesta de movilidad 2004 y contratos del 2005, con el objetivo de comprobar la complementariedad de las diferentes fuentes estadísticas aquí utilizadas, así como para valorar hasta qué punto la tendencia hacia la dispersión de los flujos de *commuting* se ve acelerada o ralentizada por fenómenos socio-económicos recientes tales como la reubicación de los hogares cerca de los nuevos centros de trabajo fuera del CBD, o la incorporación de un elevado número de trabajadores inmigrantes con patrones de localización, trabajo y *commuting* diferentes a los de los nacionales.

Bibliografía

- Alonso, W. (1964): *Location and Land Use; Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge, ma: Harvard University Press.
- Anas, A., Arnott, R. y Small, K. (1998): «Urban spatial structure». *Journal of Economic Literature*, 36 (3):1426-1464.

- Antolín, P. y Bover O. (1997): «Regional migration in Spain: The effect of personal characteristics and of unemployment, wage and house price differentials using pooled cross-sections», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59.
- Bentolila, S. y Dolado, J. (1991): «Mismatch and internal migration in Spain, 1962-1986», en Fiorella Padoa-Schioppa (ed.), *Mismatch and Labour Mobility*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Borjas, GJ (1999): The economic analysis of immigration. In: Ashenfelter AC, Card D (eds) *Handbook of labour economics*, Vol. 3. Elsevier, Amsterdam
- Bover, O. y P. Velilla (1999): «Migrations in Spain: Historical background and current trends», Banco de España, Working paper 9909. Consejo Económico y Social (2000), *Informe sobre la movilidad geográfica*, Madrid.
- Brañas-Garza, Rodero y Presley, (2002): «The north-south divide and house price islands: the case of Córdoba (Spain)». *European Journal of Housing Policy* 2(1), 2002, 45-63.
- Brueckner, J. K. (1987). «The structure of urban equilibria: A unified treatment of the Muth-Mills model». En Edwin S. Mills (ed.) *Handbook of Regional and Urban Economics*, volume 2. Amsterdam: NorthHolland, 821-845.
- Burchfield, M., Overman, H.; Puga, D. y Turner, M. (2005): «Causes of sprawl: A portrait from space». *Quarterly Journal of Economics* 121(2), May 2006.
- Cabrer, B. (2003): «Flujos demográficos regionales: un análisis input-output». *Estadística Española*. Vol. 45, Núm. 154, pp. 407 a 429.
- Cavallières, J., Peeters, D., Sékeris E. y Thisse, J. F. (2004): The periurban city: why to live between the suburbs and the countryside». *Regional Science and Urban Economics* 34, 2004, 681-703.
- Cervero, R. y Wu, K-L. (1998): «Sub-centring and commuting: evidence from the San Francisco Bay area, 1980-90». *Urban Studies*, 35, 7:1059-1076.
- Cervero, R. y Wu, K.L. (1997): Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning A* 29:865-886.
- Cheshire, P. C. y Duranton, G. (2004): «Recent developments in urban and regional economics». *The international library of critical writings in economics*. Cheltenham, UK
- Clark, W.A.V. y Kupers-Linde, M. (1994): «Commuting in restructuring urban regions». *Urban Studies*, 31 (3):465-484.
- Cuadrado Roura, J. R. y Sierra, F. M. (2000): «Dynamique urbaine et innovation dans l'aire métropolitaine de Madrid. Analyse de trois sous-systèmes spécifiques», en: O. Crevoisier y R. Camagni: 'Les milieux urbains: innovation, systèmes de production et Ancreage'; EDES-GREMI, *Neuchâtel*, pp. 319-348.
- Cushing, B. y Poot, J. (2004): Crossing boundaries and Regional science advances. *Papers in Regional Science*. 83:317-338.
- de Mesnard, L. (2004): «Biproportional Methods of Structural Change Analysis: a Typological Survey». *Economic Systems Research*, vol. 16, No 2, June 2004.
- Duranton, G. y Puga, D. (2004): Microfoundations of urban agglomeration economies. En: Vernon Henderson and Jacques-François Thisse (eds.) *Handbook of Regional and Urban Economics*, volume 4. Amsterdam: NorthHolland, 2063-2117.
- Duranton, G. (2000): «Urbanization, Urban structure, an Growth» en Huriot, JM; Thisse, JF (2000): «Economics of Cities: Theoretical perspectives». Edited by Jean Marie Huriot y Jacques-François Thisse.
- Fujita, M. y Krugman, P. R. (1995): When is the economy monocentric? Von Thünen and Chamberlin unified. *Regional Science and Urban Economics*, 25(4):508-528.
- Fujita, M., Krugman, P. y Venables, A. (1999): «The Spatial Economy». The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. London, England.
- Giuliano, G. y Small, K. A. (1999): «The determinants of growth of employment subcenters». *Journal of Transport Geography*, 7 (3):189-201.
- Goffette-Nagot, F. (2000): «Urban Spread Beyond the City Edge» en Huriot, JM; Thisse, J. F. (2000): *Economics of Cities: Theoretical perspectives*. Edited by Jean Marie Huriot and Jacques-François Thisse.
- Gordon, P., Kumar, A. y Richardson, H. W. (1989). The influence of metropolitan spatial structure on commuting time. *Journal of Urban Economics*, 26:138-151.

70 Llano, C.

- Henderson, V. y Thisse, J. F. (eds.) (2004): *Handbook of Regional and Urban Economics*, volume 4. Amsterdam: NorthHolland.
- Hewings, G.J. D., Sonis, M., Guo, J., Israilevich, Schindler, G. (1998): «The hollowing out process in the Chicago economy, 1975-2015.» *Geographical Analysis*, 30: 217-233 (1998).
- Huriot, J. M. y Thisse, J. F. (2000): *Economics of Cities: Theoretical perspectives*. Edited by Jean Marie Huriot and Jacques-François Thisse.
- Le Masne, P. (1988): *Le système productif française face a ses voisins européens*. Toisième Colloque de Compabilité Nationale, París.
- Llano, C. (2004): «Economía Espacial y Sectorial: el Comercio Interregional en el marco Input-Output». Instituto de Estudios Fiscales. Colección *Investigaciones*, n.º 1/2004.
- Llano, C. (2006): «Localización residencial y movilidad laboral: un análisis del commuting de trabajadores nacionales e inmigrantes en la Comunidad de Madrid». *Cuadernos de Economía*, vol. 29, n.º 81, octubre-diciembre 2006, pp. 69-100.
- Lowe, J. C. (1998): «Patterns of spatial dispersion in metropolitan commuting». *Urban Geography*, 19 (3):232-253.
- McCann (2001): *Urban and regional Economics*. Oxford University Press.
- Mills, E. S. (2002): *Handbook Of Regional And Urban Economics Volume 2. Urban Economics*. Edited by E.S. Mills, Princeton University, Princeton, NJ, EE.UU.
- Mills, Edwin S. (1967): «An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area». *American Economic Review Papers and Proceedings*, 57(2):197-210.
- Muth, R. F. (1969): *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago Press.
- Nijkamp, P. y Mills, E.S. (2000): *Handbook Of Regional And Urban Economics. Volume 1. Regional Economics*. Edited by P. Nijkamp, Free University, Amsterdam, The Netherlands.
- Pulido A., Fontela E. (1993): «Análisis Input-Output : modelos, datos y aplicaciones». Ed. Pirámide.
- Rouwendal, J. (1999): «Spatial job search and commuting distances». *Regional Science and Urban Economics*, 29 (1999):491-517.
- Rubalcaba, L. (1998): *Crecimiento y geografía de los Servicios a Empresas en el contexto de la nueva sociedad servindustrial: el caso de la Comunidad de Madrid*. Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.
- Shen (1995): *Gravity Models of Spatial Interaction Behaviour*. Ed. Springer.
- Simpson, W. (1992): *Urban Structure and the Labour Market: worker mobility, commuting and underemployment in cities*. Clarendon Press Oxford.
- van Ommeren J. N., Rietveld, P. y Nijkamp, P. (2000): «Are job-to-job and residential mobility related?» TI Discussion Paper, Free University, Amsterdam 95-10. 1995. *The Annals of Regional Science*, n.º 24: 213-232.
- Wheaton, W. C. (1974): A comparative static analysis of urban spatial structure. *Journal of Economic Theory*, 9(2):223-37.