

Localización residencial y movilidad laboral: un análisis del *commuting* de trabajadores nacionales e inmigrantes en la Comunidad de Madrid¹

Carlos Llano Verduras

Facultad de Ciencias Económicas

Dpto. Análisis Económico: Teoría Económica e H.ª Económica

Universidad Autónoma de Madrid

28049 Cantoblanco, Madrid

carlos.llano@uam.es

www.uam.es/carlos.llano/

RESUMEN

Por *commuting* se entiende los desplazamientos de los habitantes de un área metropolitana desde su lugar de residencia hasta el de trabajo u ocio. La intensidad, dirección y estabilidad de los desplazamientos laborales aportan una valiosa información acerca de las fuerzas que impulsan el crecimiento de una ciudad, de la forma en la que las empresas y los hogares resuelven sus decisiones de localización, o de la predisposición de los individuos a migrar o soportar largos trayectos hasta el lugar de trabajo u ocio. En muchos modelos teóricos de economía urbana, la distancia y el tiempo de *commuting* son factores clave para determinar la localización óptima de las empresas y los hogares. También abundan los trabajos empíricos que analizan la

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.

intensidad y dirección de los flujos de *commuting* en función de factores tales como el tamaño de los hogares, su renta, raza o nacionalidad. Desgraciadamente la disponibilidad de este tipo de trabajos en España es relativamente escasa. En este trabajo, mediante el cálculo de la redundancia relativa, y la aplicación de técnicas de análisis matricial y multivariante se cuantifica la tendencia hacia la dispersión de la población, el empleo y los flujos de *commuting* de nacionales e inmigrantes en la Comunidad de Madrid durante el periodo 1996-2004, a la vez que se contrasta la estabilidad diferencial de los patrones de movilidad de ambos colectivos en las cuatro principales ramas productivas.

Palabras clave: *commuting*; inmigración; movilidad laboral; entropía; matrices de origen y destino; cambio estructural; input-output; crecimiento urbano;

ABSTRACT

The term *commuting* is used to design the trips made by individuals living in a metropolitan area from their residence to work. The intensity, direction and stability of *commuting* flows gives valuable information about the forces driving urban sprawl, the way in which companies and households decide where to locate or the predisposition of individuals to migrate or support long trips to work or enjoy leisure. In many models of urban economics, distance and *commuting* time are considered key factors for the determination the optimal location of companies and households. Empirically, the relation between *commuting* flows and factors such as the size of households, income, gender, race or nationality has been largely studied. Unfortunately the amount of these studies in Spain is quite scarce. In this article, through the calculation of entropy, the sprawl of population, economic activity and *commuting* flows of nationals and immigrants trough Madrid region along the period 1996-2004 is quantified. Then, by means of techniques of algebraically and multivariate analysis, and following an inter-temporal and inter-sectoral perspective, the stability of *commuting* flows of nationals and immigrants is analysed.

1. INTRODUCCIÓN

El término *commuting* se utiliza para designar los desplazamientos que realizan los habitantes de un área metropolitana desde su lugar de residencia hasta el lugar de trabajo u ocio. El análisis de los flujos de *commuting* se ha desarrollado desde múltiples enfoques. De todos ellos se concluye que la intensidad y dirección de los desplazamientos laborales aportan una valiosa información acerca de las fuerzas que impulsan el crecimiento de una ciudad, de la forma en la que las empresas y los hogares resuelven sus decisiones de localización, o de la predisposición de los individuos a migrar o soportar largos trayectos hasta el lugar de trabajo u ocio (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 1999a; Cushing et al, 2004).

Por el lado de las teorías de la localización y la nueva economía geográfica, la distancia y el tiempo de *commuting* son algunos de los factores más utilizados en la determinación de la localización óptima de las empresas y los hogares dentro de un área metropolitana con uno o más mercados de factores y productos (Cheshire et al, 2004). También dentro del ámbito de la economía regional y urbana, encontramos numerosos trabajos que han analizado empíricamente la intensidad y dirección de los flujos de *commuting* en función de diferentes categorizaciones de los trabajadores y las empresas empleadoras (Rouwendaal J., 1999; van Ommeren 2000; Cervero et al. 1997; Gordon et al, 1989).

Desde ambos enfoques se ha analizado la existencia de diferentes patrones de *commuting* ante la concurrencia de factores que condicionan las decisiones de localización de los hogares y las empresas. Por el lado empresarial se ha modelizado el comportamiento de unos sectores frente a otros en relación con su decisión de localizarse junto a los centros de negocios donde se localizan los mercados de factores u otras empresas proveedoras, clientes o competidoras. Algunos trabajos recientes (Duranton et al, 2004) han analizado los fundamentos microeconómicos de la aglomeración urbana, clasificándolos en torno a los tres conceptos de «sharing, matching, and learning mechanisms».

Igualmente, se ha estudiado la presencia de diferentes patrones de localización por parte de los trabajadores, dependiendo del tamaño de los hogares, del tipo de tenencia de la vivienda, de la situación laboral de cada uno de sus miembros, de su renta, su nivel formativo, su raza o nacionalidad (Crampton, 1999; Simpson, 1992).

En España, aunque el número y la calidad de los estudios en materia de movilidad laboral interregional es considerable (Antolín et al, 1997, Bentolila et al, 1991; Bover et al, 1998, 1999; De la Fuente, A. (1999); Rodenas 1994, Gil et al, 1993), los análisis del *commuting* en mercados laborales urbanos y su relación con el fenómeno de la inmigración son aun muy escasos.

En Llano (2006) se analizan los flujos de *commuting* dentro de la Comunidad de Madrid para el periodo 1996-2004 poniéndolos en relación con los patrones de localización empresarial y residencial y con las hipótesis básicas del modelo monocéntrico de desarrollo urbano. En dicho trabajo se identifican tendencias interesantes en la localización de los hogares y las empresas y su relación con la los flujos de commuting totales y la dinámica de crecimiento del área metropolitana. En este artículo, haciendo uso de nuevos planteamientos teóricos y fuentes estadísticas adicionales, se analiza el comportamiento diferencial en materia de *commuting* ente los trabajadores nacionales e inmigrantes dentro de la Comunidad durante este mismo periodo de tiempo.

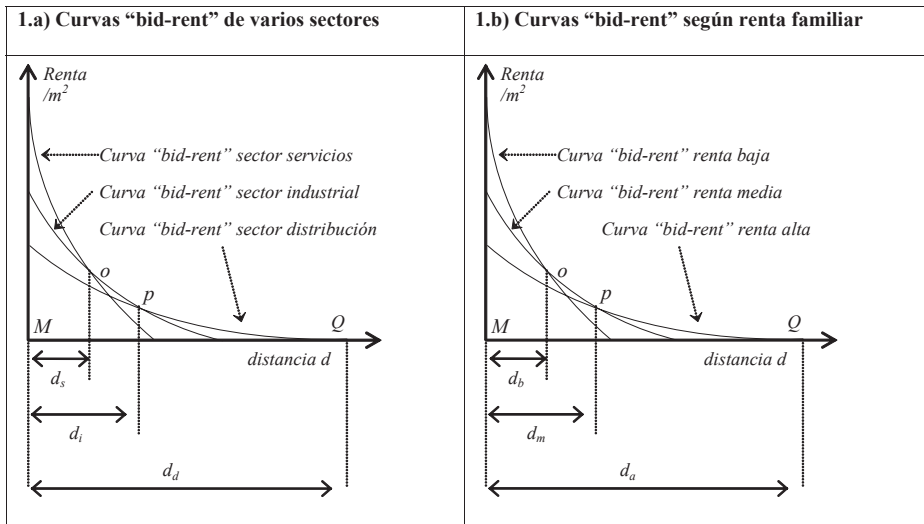
La estructura del artículo es como sigue: en el apartado 2 se describe el marco teórico que explica la presencia de patrones diferentes de movilidad entre los trabajadores nacionales e inmigrantes, como consecuencia del desarrollo de estrategias diferentes en la localización residencial y acceso al mercado de trabajo. En el apartado 3 se ofrece un breve análisis descriptivo de la localización de la población y el empleo nacional e inmigrante en la región. En el apartado 4, mediante el concepto de entropía y redundancia relativa, y la adaptación de técnicas de análisis matricial y multivariante a la comparación de matrices de flujos de origen-destino, se ofrece un análisis cuantitativo de los flujos laborales intermunicipales de la Comunidad diferenciando por nacionalidad y sector. Mediante estos análisis se cuantifica la tendencia hacia la dispersión de la población, el empleo y los flujos de *commuting* de nacionales e inmigrantes durante el periodo 1996-2004, a la vez que se contrasta la estabilidad diferencial de los patrones de movilidad de ambos colectivos en las cuatro principales ramas productivas.

2. *COMMUTING*, ESTRUCTURA URBANA Y NACIONALIDAD DE LOS TRABAJADORES

Como se ha apuntado más arriba, la intensidad y dirección de los flujos de *commuting* está íntimamente relacionada con las decisiones económicas de localización empresarial y residencial en torno a los diferentes centros de negocios de un área metropolitana determinada.

De entre las diferentes teorías existentes para explicar dichas decisiones de localización, posiblemente «*the bid-rent model*» sea una de las más conocidas. En este modelo desarrollado por varios autores (Alonso, 1964, Mills 1969, 1970; Muth 1969) a partir del modelo de Von Thunen, se describe la curva decreciente y convexa de pujas por alquileres que las empresas estarían dispuestas a hacer por ubicarse en diferentes puntos del espacio, teniendo en cuenta su proximidad a un único mercado de venta (M) y el coste de transporte de los productos hasta dicho mercado. 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 un mapa de curvas diferentes dependiendo de la función de producción de cada sector y la importancia relativa de los factores ligados a la tierra (Figura 1).

Gráfico 1. Curvas «bid-rent»



En paralelo, «*the bid-rent model*» se ha utilizado también para explicar la localización residencial (McCann, 2001): 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.

Centrándonos en la localización de los hogares (1b), el modelo «bid-rent» asume que estos consumen factores ligados o no a la tierra de forma óptima en cada punto del espacio, dados unos precios para cada uno de ellos. Se presupone que las cantidades y precios pagados por cada input asegura que la utilidad neta del individuo es nula. A partir de estas hipótesis, cada individuo (hogar) deberá maximizar su función de utilidad (1) sujeta a la restricción presupuestaria (2):

$$U = U(K(d), S(d)); \quad \text{Max}U = U(K(d), S(d)), \quad (1)$$

$$Y - iK(d) - r(d)S(d, r) - td \geq 0 \quad (2)$$

- K son los bienes de capital no-ligados a la tierra; es función de la distancia: $K = K(d)$;
- S es la superficie utilizada; es función de la distancia y la renta: $K = K(d; r)$;
- i = es el precio de los bienes no vinculados a la tierra, que se presume independiente a la distancia (d);
- r = es el precio por unidad de tierra (ie: /m²), que depende de la distancia $r = r(d)$;
- T = coste de transporte vinculado al desplazamiento hasta el CBD. T depende de la distancia siendo t =coste medio de transporte por Km hasta el CBD.

Después de igualar la utilidad neta a cero, derivarla respecto de la distancia y hacer algunas manipulaciones (McCann, 2001) se obtiene que

$$\frac{\partial r}{\partial d} = - \frac{\left(t + \frac{\partial t}{\partial d} d \right)}{\left(S(d) + \frac{\partial S}{\partial r} \right)} \quad (3)$$

Posteriormente, aplicando el teorema de la envolvente (Takayama, 1993), que presupone que todos los bienes son consumidos en la cantidad óptima (K^* , S^*), dada la restricción presupuestaria y los niveles de precios i , r , t , se demuestra que la anterior expresión y la pendiente de la curva «bid-rent» son negativas:

$$\frac{\partial r}{\partial d} = \frac{t}{S^*} \quad (4)$$

A partir de aquí, si se supone que el gasto total en transporte y tierra queda en función de la renta de los hogares (Y), se deduce que la pendiente de la curva «bid-rent» será más plana cuando la elasticidad renta de la demanda de tierra sea mayor que la elasticidad renta de la demanda de costes de transporte². A partir de este modelo, cabría preguntarse si el ratio entre dichas elasticidades es diferente para los nacionales e inmigrantes, y si el inmigrante presenta una mayor predisposición por situarse junto al CBD antes que disponer de mayor cantidad de tierra. Aunque la contrastación empírica de dichas elasticidades queda fuera de los objetivos de este artículo, las conclusiones de este modelo pueden ser de utilidad a la hora de interpretar los patrones de localización, trabajo y *commuting* de nacionales e inmigrantes dentro de un mercado laboral local.

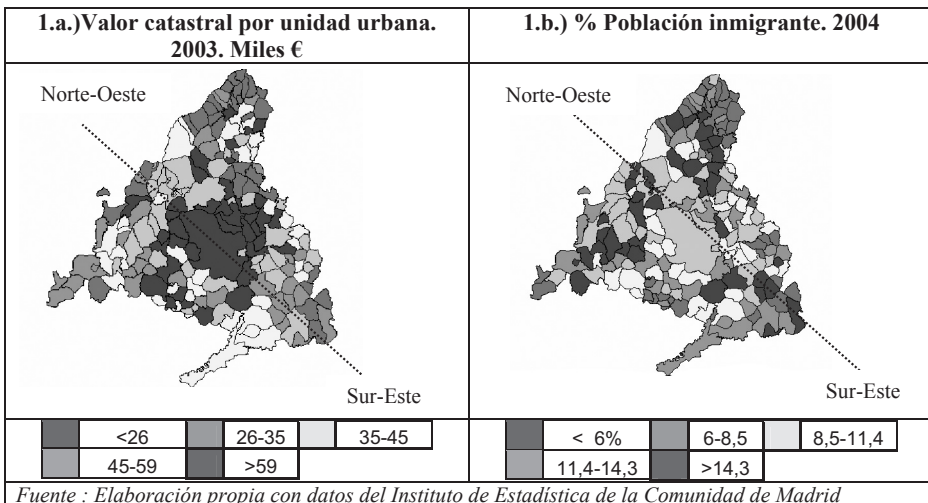
En línea con lo apuntado, la literatura sobre movilidad laboral aporta datos interesantes sobre las variables que influyen sobre la predisposición a cambiar de lugar de residencia ante cambios en el mercado laboral (Antolín et al, 1997, Bentolila et al, 1991; Bover et al, 1998, 1999; De la Fuente, A. 1999; Juarez 2000; Martí et al, 2004; Rodenas 1994). Por otro lado, dentro de la literatura sobre inmigración y mercado laboral, algunos trabajos han estudiado los factores que influyen en la localización de los inmigrantes tanto en la primera migración (Borjas, 2001; Zavodny, 1999) como en las subsiguientes dentro del país receptor (Aslund, 2005; Funkhouser, 2000). Entre dichos factores destaca principalmente la presencia de otros inmigrantes de igual nacionalidad, seguido del comportamiento del mercado laboral y la generosidad del estado del bienestar. Así mismo, dentro de la literatura de economía urbana, la mayor parte de los estudios que relacionan localización, *commuting* y nacionalidad, lo hacen centrándose en las diferencias por raza y la posible segregación social y laboral (Crampton, 1999; Simpson, 1992).

² Si relacionamos la expresión matemática del modelo con la representación gráfica de la Figura 3 se concluye que según el ejemplo propuesto los hogares con mayor renta serían los que presentarían una curva bid-rent más plana como consecuencia de una mayor preferencia por la superficie que por el coste de *commuting* al CBD

3. LOCALIZACIÓN RESIDENCIAL Y MOVILIDAD LABORAL DE NACIONALES E INMIGRANTE EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Entre 1996 y 2004 la población extranjera empadronada en la Comunidad de Madrid se ha incrementado un 639%, pasando de 95.141 personas a más de 703.343.

Mapa 1. Distribución de la población inmigrante y el valor catastral en la C. de Madrid



Desde el punto de vista territorial, la mayor parte de los inmigrantes residen en Madrid municipio (64%) donde llegan a representar un 13% de la población. A pesar de esta concentración, si se atiende al peso relativo que los inmigrantes representan dentro de la población de cada municipio (Mapa 1), la mayor concentración se produce en municipios relativamente alejados de Madrid.

Partiendo de las previsiones del *bid-rent model*, resulta interesante comparar la distribución territorial de la población inmigrante con el coste de la vivienda y la distancia que separa los municipios de residencia respecto de un supuesto CBD ubicado en Madrid. Al hacerlo se intuyen dos tendencias contrarias dentro del colectivo inmigrante: por un lado, a pesar del mayor coste medio catastral, la mayoría estarían optando por residir dentro de Madrid, aprovechando la existencia de barrios deteriorados y fórmulas diversas de vivienda compartida; por otro lado, existiría otro amplio grupo de inmigrantes que habrían optado por residir en municipios relativamente ale-

gados del Madrid. Sería en estos municipios donde el porcentaje de inmigrantes sobre la población empadronada superaría ya el 14%. Posiblemente, estas diferentes estrategias se deban no sólo a la diversidad de sensibilidades ante el coste de la vivienda y el *commuting*, sino que venga también condicionada por el municipio y sector de trabajo, la nacionalidad y el tipo de tenencia de vivienda (alquiler, subarriendo, propiedad,...).

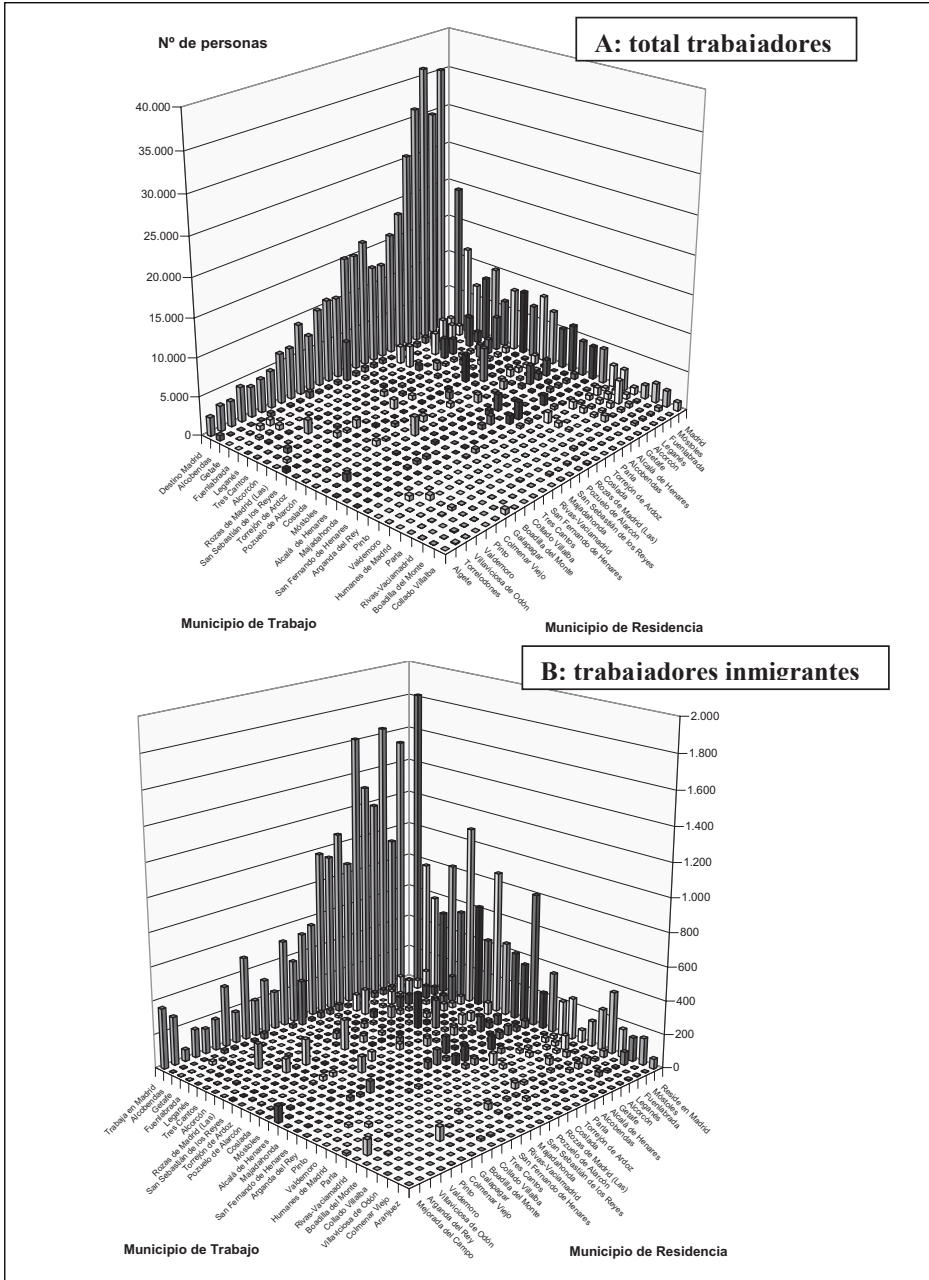
3.1. *La movilidad de los trabajadores nacionales e inmigrante en la Comunidad*

A continuación se analiza la información del Censo del 2001 sobre el municipio de residencia y trabajo de la población ocupada. Suponiendo que detrás de dichas relaciones hay movimientos de *commuting*, se pueden construir matrices origen-destino (OD) de flujos intermunicipales de personas que se desplazan por motivos laborales, y representarlas tal y como aparecen en el Gráfico 2. En este caso, se recoge la matriz OD de los principales flujos inter-municipales de *commuting* (excluidos los intra-municipales) reordenados según el ranking del total de trabajadores emitidos por cada municipio con destino al resto de municipios. De esta manera, se identifican los flujos de *commuting* más importantes para el total de trabajadores (Gráfico 2A) e inmigrantes (Gráfico 2B), poniendo en evidencia las diferencias en los patrones de localización y movilidad de ambos colectivos. Para facilitar la interpretación ambos gráficos tienen igual orden en los municipios:

Por un lado, el Gráfico 1A muestra como la mayor intensidad absoluta de flujos intermunicipales de *commuting* recibidos y emitidos por Madrid confirma la relativa validez del modelo monocéntrico de desarrollo urbano. Sin embargo, la identificación de algunos flujos intermunicipales de trabajadores donde no participa Madrid ni como origen ni como destino (Alcobendas-San Sebastián de los Reyes; Torrejón-S. Fernando de Henares; flujos entre los municipios del Sur-Sudoeste-Sudeste), anuncian la presencia de otros municipios secundarios que atraen importantes volúmenes de trabajadores.

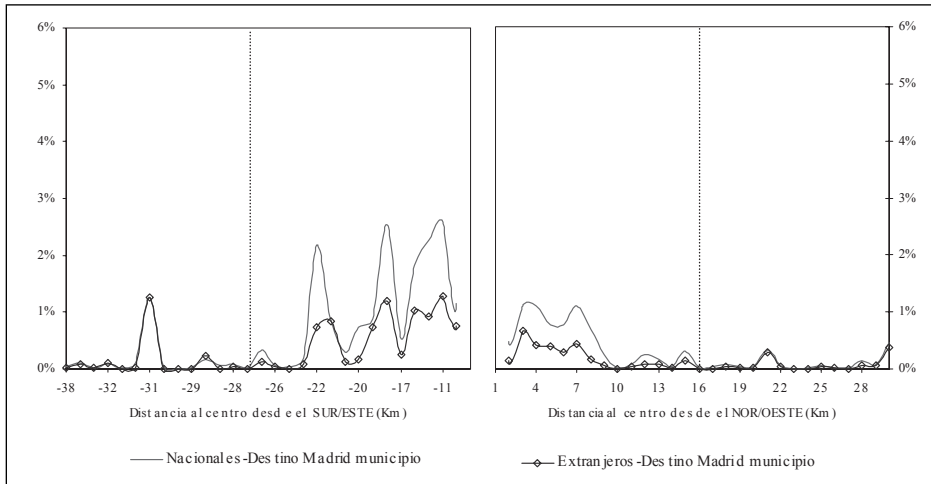
Al comparar los Gráficos 2A-B se aprecian ciertas diferencias en los patrones de movilidad de los inmigrantes frente al conjunto de trabajadores: llama la atención como el principal flujo intermunicipal de inmigrantes sale de Madrid dirección Alcobendas, mientras que los más importantes del total de la población salen siempre de los municipios del Sur (Getafe, Leganes, Alcorcón, Fuenlabrada...) con dirección a Madrid municipio (Gráfico 2A).

Gráfico 2. Flujos intermunicipales de trabajadores en la C. de Madrid. Censo 2001



Por último, el Gráfico 3 recoge el porcentaje de trabajadores nacionales e inmigrantes que residen en los municipios de la Comunidad y trabajan en Madrid municipio, ordenados según su proximidad en Km. Los municipios han sido agrupados en dos conjuntos proyectándolos sobre un eje hipotético Nor-Oeste/Sur-Este, lo que permite analizar en dos dimensiones la intensidad de *commuters* nacionales e inmigrantes que se desplazan a Madrid desde el Sur-Este o el Nor-Oeste³. Para facilitar el análisis el gráfico reduce el zoom, obviando el elevado porcentaje que para ambos colectivos representan los residentes de Madrid que trabajan en Madrid (70% para los nacionales y un 85% para los inmigrantes).

Gráfico 3. Intensidad de flujos de *commuting* a Madrid según la distancia del trayecto



Como se puede apreciar, mientras que la concentración de la intensidad de *commuting* de ambos colectivos es similar para el municipio de Madrid y los municipios más alejados (a más de 20 km del CBD), la intensidad relativa de los flujos de *commuting* de los nacionales es claramente superior en los municipios más próximos (franjas marcadas con línea discontinua). Este hecho podría estar relacionado con el mayor coste de vivienda en las zonas periféricas más próximas a Madrid, al tiempo

³ Para mantener la simetría, la distancia a Madrid para los municipios del Sur-Este aparece con signo menos.

que apunta hacia la presencia de dos estrategias diferentes de localización de los trabajadores inmigrantes, que posiblemente se encuentren muy condicionadas por el sector de empleo, la nacionalidad, la tenencia de vivienda y las circunstancias familiares. De este análisis cabría esperar que la curva *bid-rent* de los inmigrantes ubicados en Madrid fuera muy inclinada, mientras que la de aquellos que residen lejos de Madrid fuera incluso más plana que la de los nacionales.

4. CONCENTRACIÓN Y ESTABILIDAD DE LOS FLUJOS DE *COMMUTING* DE TRABAJADORES NACIONALES E INMIGRANTES EN LA COMUNIDAD DE MADRID ENTRE 1996-2004

A continuación mediante el uso del concepto estadístico de entropía y redundancia relativa, se analiza la evolución de la concentración de los flujos laborales intermunicipales de la Comunidad de Madrid para cada una de las cuatro principales ramas productivas a lo largo del periodo 1996-2004. Posteriormente, se analizará la estabilidad de los patrones de intercambio intermunicipal de mano de obra nacional y extranjera a lo largo del tiempo y entre sectores, utilizando técnicas de análisis matricial que han sido adaptadas a la estructura de las matrices de origen y destino.

4.1. *Base de Datos*

La base de datos utilizada integra tres fuentes alternativas con información sobre la movilidad laboral intermunicipal en la región. 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 de *commuting* por motivo laboral. Dado que las matrices de *commuting* vienen medidas en número de trabajadores intercambiados más que en términos de tiempo o coste, deberán ser interpretados como matrices de intercambio de factor trabajo más que de coste vinculado a los desplazamientos. Las tres fuentes utilizadas son:

- *Encuesta de Movilidad de la Comunidad de Madrid de 1996*. A partir de la encuesta del Consorcio de Transportes de la Comunidad de Madrid, se cons-

truye una única matriz OD de flujos de *commuting*, sin poder desglosar por sectores o nacionalidad⁴.

- De la información ofrecida por el Instituto Estadística de la Comunidad de Madrid a partir del *Censo de Población del INE del 2001*, se obtiene una colección de matrices OD que recoge los flujos intermunicipales de trabajadores nacionales e inmigrantes diferenciando entre los cuatro sectores principales y el total (5 sectores y 2 categorías de trabajadores según nacionalidad = 10 matrices OD de 179*179 municipios para 2001).
- 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 obtiene una extensa colección de matrices de flujos laborales intermunicipales para los años 2003 y 2004, controlando por las variables de nacionalidad y sector de ocupación (5 sectores 2 categorías de trabajadores según nacionalidad = 10 matrices de 179*179 municipios referidas a 2003 y otras 10 para 2004). La principal virtud de esta fuente consiste en disponer de un registro exhaustivo de todos los contratos realizados durante el año, lo que permite disponer de cerca de 2 millones de registros para cada uno de ellos. Como consecuencia las matrices derivadas de esta fuente recogería la elevada entrada de población inmigrante en el mercado laboral desde el Censo del 2001⁵.

⁴ Al cierre del análisis empírico de este trabajo no se había 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.

⁵ Junto a estas ventajas, los registros de contratos presentan ciertas limitaciones: 1) Sólo recogen los contratos celebrados a lo largo del año, sin incluir las prórrogas de contratos temporales, ni los contratos «vivos» de años anteriores; 2) la unidad de referencia es «el contrato celebrado», no el «individuo empleado». 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 contratos que permite trabajar con «personas contratadas» en vez de «contratos», evitando así el posible sesgo de la repetición de contratos a una misma persona. Como un individuo puede ser contratado varias veces a lo largo del año, el número de contratos puede superar a la población ocupada, incluso habiendo omitido las prórrogas y los contratos vivos de años anteriores. Aunque estas limitaciones sesgan los análisis centrados en la temporalidad laboral, su impacto sobre el estudio de la movilidad es más limitado, asegurando una correcta comparabilidad interanual con los datos de la Encuesta de Movilidad y el Censo.

4.2. *Análisis de la dispersión de los flujos laborales de nacionales e inmigrantes*

Partiendo de la foto estática aportada por los datos del Censo del 2001 en el apartado 3, introducimos una visión dinámica de los flujos de *commuting* intermunicipales a lo largo del periodo 1996-2004. Mediante la utilización de estadísticos diseñados para medir la concentración de una variable entre los individuos de una muestra, se analiza hasta qué punto la dinámica de las relaciones laborales intermunicipales de la Comunidad han tendido hacia la aglomeración en torno a un número decreciente de municipios o si por el contrario, han tendido hacia una mayor dispersión. Para ello se han utilizado dos estadísticos, la Entropía y la Redundancia relativa, que permiten cuantificar el grado de orden-desorden dentro de un sistema.

El análisis de la concentración de las relaciones de intercambio de trabajadores entre los municipios de la Comunidad de Madrid, exige definir los siguientes elementos:

- F^{nsa} : matriz cuadrada de orden N para los año «a» formada por los elementos f_{ij}^{nsa} , que recogen el número de trabajadores de nacionalidad «n» que residen en el municipio «i», que trabajan en el sector «s» del municipio «j».
- N es el número de municipios en la Comunidad y M el número total de posibles cruces entre los N municipios existentes entre los que se debe repartir toda la población ocupada. Nótese que en los elementos f_{ij}^{nsa} , $i=j$ 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}^{nsa} , $i \neq j$ situados fuera de la diagonal se encuentran los *commuters intermunicipales*.
- P^{nsa} : población de nacionalidad «n» que está ocupada en el sector «s» durante el año «a», esto es, la suma global por filas y por columnas de cada una de

las matrices de flujos de trabajadores
$$P^{nsa} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f_{ij}^{nsa}.$$

A partir de estos elementos se definen los coeficientes $p_{ij}^{nsa} = \frac{f_{ij}^{nsa}}{P^{nsa}}$ de «*intensidad bilateral absoluta de flujo laboral intermunicipal*» donde queda recogida la importancia relativa que un determinado intercambio bilateral entre dos municipios tie-

ne sobre el conjunto de población ocupada en ese año, sector y nacionalidad, siendo

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{nsa} = 1 = 100\%.$$

Para cada matriz F^{nsa} , la *entropía* de la distribución de los flujos intermunicipales de trabajadores se define de la siguiente manera:

$$H_M(f) = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{nsa} \log(p_{ij}^{nsa}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{nsa} \log\left(\frac{1}{p_{ij}^{nsa}}\right) \quad (5)$$

Las principales características de este estadístico serían:

- Que $H_M(f)$ será siempre positiva ya que el valor de $\log(p_{ij}^{nsa}) \leq 1$ debido a que $0 \leq p_{ij}^{nsa} \leq 1$, y a que $0 < H_M(f) \leq \log(M)$
- En el caso de que la concentración fuera mínima, esto es, cuando la población ocupada estuviera repartida de forma equitativa entre los 32.041 cruces de municipios, entonces:

$$p_{ij}^{nsa} = \frac{1}{M}, \forall i, j$$

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

- En el caso de que la concentración fuera máxima, esto es, cuando por toda la población ocupada estuviera residiendo y trabajando en un municipio (i.e: Madrid), y todos los restantes 32.040 cruces fueran nulos, entonces:

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

Partiendo de $H_N(f)$ se define «*redundancia absoluta*» como el coeficiente T de Theil

$$T = \log M - H_M(f) \quad (6)$$

y la «*redundancia relativa*» como

$$Y_r = \frac{\log N - H_M(f)}{\log M} = 1 - \frac{H_M(f)}{\log N} \quad (7)$$

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

Centrándonos en el análisis de la dispersión de los flujos laborales intermunicipales de la Comunidad de Madrid, los elementos anteriores tomarán los siguientes valores: 4 años «a» ($a=4$, 1996, 2001, 2003 y 2004); 179 municipios «i», j»; 5 sectores «s» (agricultura, industria, construcción, servicios y Total) y 2 grupos sociales (nacionales, inmigrantes). Como consecuencia, se obtienen 31 matrices OD de rango ($N^2=179*179$) y 32041 elementos cada una ($M=N^2 =179*179=32041$). A partir de ellas se calcula el valor de la entropía $H_M(f)$ y de la redundancia relativa (Tr) con el objeto de medir la dinámica general seguida por el mercado laboral de la Comunidad en su conjunto, e identificar posibles comportamientos dispares en el caso de los mercados sectoriales de nacionales e inmigrantes a lo largo del período.

Para interpretar correctamente el valor registrado por estos estadísticos en cada una de las 31 matrices OD, habrá que tener en cuenta las hipótesis apuntadas en el apartado 2 y 3 de este trabajo acerca de las diferentes estrategias de localización y empleo de los trabajadores nacionales e inmigrantes. Igualmente, se atenderá a lo señalado en Llano (2006) en relación a la progresiva pérdida de significatividad del modelo monocéntrico en el desarrollo territorial de Madrid, así como a la creciente dispersión de los flujos intermunicipales de *commuting* derivados de la diseminación de la población y la actividad económica fuera de un supuesto centro único de negocios (CBD) localizado en Madrid. En línea con este trabajo, se espera que dado que difícilmente los trabajadores «estén siguiendo a las empresas», la dispersión de la población y el empleo fuera del CBD esté incrementando la entropía en los flujos inter-municipales de trabajo, como consecuencia de un incremento de los flujos «inter» frente a los «intra-municipales» y de una creciente complejidad en la red de flujos intermunicipales de commuters por motivo laboral.

4.2.1. La redundancia relativa en las matrices OD de nacionales y extranjeros

La Tabla 1 recoge la evolución de la redundancia relativa de las matrices de *commuting* intermunicipal –total y por sectores- de la Comunidad de Madrid en el periodo 1996-2004. En este periodo, la redundancia relativa de las matrices OD para el total de la población se habría reducido en un 6% pasando de un 0,7 en 1996 a un 0,66 en 2004. Este hecho indica un reparto más disperso de los flujos bilaterales de trabajadores entre los distintos pares de municipios, como consecuencia de una mayor dispersión de la población ocupada y de la proliferación de nuevos «centros de actividad productiva» de la Comunidad (Llano, 2006).

Se verifica un nivel de concentración claramente superior de los trabajadores inmigrantes frente a los nacionales. El sesgo es observable en todos los sectores y años salvo en el de agricultura del 2004. Probablemente, este hecho está relacionado con la mayor tendencia de los inmigrantes a residir y trabajar en un número reducido de municipios para aprovechar las economías de aglomeración generadas por el mercado de la vivienda y la acumulación de capital humano⁶.

Desde el punto de vista sectorial, resulta llamativo la evolución inversa observada en los flujos laborales intermunicipales del sector agrícola. En este sector, la evolución de la entropía para los inmigrantes es estable, mientras que la tendencia en los nacionales apunta claramente hacia una mayor concentración de los flujos. Este hecho resulta coherente con la reducida importancia que el sector agrícola presenta dentro de la Comunidad 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 de origen nacional dentro de este sector.

⁶ Inicialmente los inmigrantes tienden a concentrarse en municipios con menores precios de vivienda junto a otros inmigrantes de su nacionalidad y categoría socio-económica (Borjas, 1999b). Esta aglomeración favorecería su capacidad de integración laboral y social al aprovechar las posibilidades que les ofrece el networking así como la experiencia acumulada por sus compatriotas acerca del acceso a prestaciones públicas. Igualmente, el acceso al mercado laboral a través del networking, unido a una cierta homogeneidad en su cualificación y experiencia laboral, facilita la concentración de los inmigrantes en un número reducido de actividades productivas localizadas en determinados municipios.

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

Sector	Nación	1996	2001	2003	2004	% var	Dispersión
Agricultura	Inm		0,59		0,58	-1%	▲
	Nac		0,54		0,59	9%	▼
Construcción	Inm		0,66	0,59	0,64	-4%	▲
	Nac		0,57	0,60	0,56	-2%	▲
Industria	Inm		0,62	0,61	0,59	-6%	▲
	Nac		0,56	0,60	0,54	-4%	▲
Servicios	Inm		0,74	0,64	0,72	-2%	▲
	Nac		0,67	0,60	0,64	-4%	▲
(Total)	Inm		0,71	0,69	0,69	-3%	▲
	Nac		0,64	0,61	0,62	-3%	▲
Total	Total	0,70	0,67	0,65	0,66	-6%	▲

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

Con vistas a contrastar la significatividad estadística de los diferentes niveles de redundancia relativa obtenidas para las matrices de flujos OD, se han estimado tres modelos ANOVA, utilizando alternativamente las variables de año, sector y nacionalidad como factor (Pardo, 2002; Brown, 1974). Según los resultados recogidos en la Tabla 2, tan solo cuando se utiliza la variable «sector» como factor se obtiene un nivel de significatividad suficiente como para rechazar la hipótesis nula de igualdad en la media de la redundancia obtenida para las 31 matrices analizadas.

Tabla 2. ANOVA de la Redundancia relativa utilizando tres factores alternativos

Variable dependiente	Factor		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Redundancia Relativa	Nacionalidad	Inter-grupos	,012	1	,012	5,227	,033
		Intra-grupos	,045	20	,002		
		Total	,057	21			
Redundancia relativa	Sector	Inter-grupos	,036	4	,009	5,786	,004
		Intra-grupos	,028	18	,002		
		Total	,065	22			
Redundancia relativa	Años	Inter-grupos	,008	3	,003	,922	,449
		Intra-grupos	,056	19	,003		
		Total	,065	22			

4.3. *Los patrones de movilidad laboral de nacionales e inmigrantes por sectores*

Una vez analizada la movilidad intermunicipal en clave de fuerzas de concentración o dispersión, se analizan los patrones de movilidad de cada colectivo, año y sector, comparando las estructuras de flujos que se recogen en las matrices OD. A partir de las metodologías desarrolladas por diferentes autores para la comparación de matrices (De Mesnard, 2000), se desarrollan tres índices derivados del *Índice de Similitud de Le Masne* (Pulido et al, 1993, Le Masne, 1988) para cuantificar la semejanza entre las diferentes matrices OD obtenidas.

Partiendo de una matriz cuadrada y de los coeficientes de «intensidad bilateral absoluta de flujo laboral intermunicipal» definidos en el apartado 4.2., se construye el siguiente índice:

1. (S_j): *Índice de Similitud de la Intensidad Bilateral Absoluta*

$$S_j (F^{n_1s_1a_1} - F^{n_2s_2a_2}) = 100 * \left(1 - 0,5 * \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left| p_{ij}^{n_1s_1a_1} - p_{ij}^{n_2s_2a_2} \right| \right); \quad (10)$$

siendo $p_{ij}^{nsa} = \frac{f_{ij}^{nsa}}{p^{nsa}}$ la «intensidad absoluta de flujo laboral inter- municipal»

donde queda recogida la importancia relativa que un determinado intercambio bilateral entre dos municipios tiene sobre el conjunto de población ocupada en ese año, sector y nacionalidad (elemento P^{nsa}).

El índice (S_j) tomará valor «100» cuando la similitud de las matrices OD sea máxima, y «0» cuando sea mínima. Para una mejor comprensión del índice hay que tener

en cuenta que al comparar dos matrices de coeficientes $p_{ij}^{nsa} = \frac{f_{ij}^{nsa}}{p^{nsa}}$, donde

$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij}^{nsa} = 1$, la diferencia máxima en términos absolutos entre todos los coe-

ficientes de ambas matrices será de 2 (no $2*N$ como en el caso de matrices con coeficientes de fila o columna). De ahí que para que el índice (S_j) se mueva entre 0 y 100, el sumatorio de las diferencias absolutas entre los coeficientes bilaterales deba ir multiplicado por 0,5.

Paralelamente, si se construyen dos conjuntos adicionales de coeficientes que

capturen el peso relativo del flujo bilateral respecto del total de las filas o columnas, se podrán definir dos índices de similitud adicionales del tipo:

2. S_{II} : *Índice de Similitud de la estructura de principales «municipios receptores»*:

$$S_{II} (F^{n_1s_1a_1} - F^{n_2s_2a_2}) = 100 * \left(1 - \frac{0,5}{N} * \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left| r_{ij}^{n_1s_1a_1} - r_{ij}^{n_2s_2a_2} \right| \right); \quad (11)$$

siendo $r_{ij}^{nsa} = \frac{f_{ij}^{nsa}}{\sum_{i=1}^N f_{ij}^{nsa}}$ el peso relativo que un determinado flujo sobre el total de flujos

con origen en dicho municipio, año, sector y nacionalidad (suma a lo largo de las filas de cada matriz OD).

3. S_{III} : *Índice de Similitud de la estructura de principales «municipios proveedores»*

$$S_{III} (F^{n_1s_1a_1} - F^{n_2s_2a_2}) = 100 * \left(1 - \frac{0,5}{N} * \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left| c_{ij}^{n_1s_1a_1} - c_{ij}^{n_2s_2a_2} \right| \right); \quad (12)$$

siendo $c_{ij}^{nsa} = \frac{f_{ij}^{nsa}}{\sum_{j=1}^M f_{ij}^{nsa}}$ el peso relativo que un determinado flujo f_{ij}^{nsa} sobre el total de

flujos con destino en el municipio «j» para ese año, sector y nacionalidad (suma a lo largo de las columnas de la matriz OD).

La interpretación de los índices de principales receptores (S_{II}) y proveedores (S_{III}) es equivalente al (S_I), ya que tomará valor «100» cuando la similitud de las matrices sea máxima, y «0» cuando sea mínima. Sin embargo, para que estos dos últimos índices se muevan entre $0 \leq S \leq 100$, los sumatorios de las diferencias absolutas entre los correspondientes coeficientes deberá ir multiplicada por el elemento $0,5/N$ y no $0,5$ como en el índice (S_I). Para entender este punto es importante tener en cuenta que la suma a lo largo de las columnas de las matrices de coeficientes, son igual a la unidad. De ahí se deriva que la diferencia máxima para cada columna entre los coeficientes técnicos de dos matrices diferentes sea de 2^7 , y para una matriz con N colum-

⁷ 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 ($a_{ij}^{R1} = 1$; $a_{ij}^{R2} = 1$), será de $a_{ij}^{R1} - a_{ij}^{R2} = 1 - 1 = 0$.

nas, de $2*N$. Para que el índice varíe entre 0 y 100, la diferencia máxima de $2*N$ deberá ir dividida por $0,5/N$, y multiplicada por 100.

4.3.1. Resultados del análisis temporal de los patrones de movilidad

La comparación de las matrices de flujos laborales intermunicipales totales mediante los *Índices de Similitud* S_I , S_{II} y S_{III} queda resumida en las tres siguientes tablas de doble entrada. Para comprenderlas mejor, debe tenerse en cuenta que la matriz de la fila, cuyo nombre viene dado por las variables [Sector-Nacionalidad-año], actúa como referencia en la comparación a lo largo de la fila.

El índice S_I recoge la semejanza entre las matrices donde se identifican los flujos laborales que tienen una mayor importancia absoluta para cada colectivo [Sector-Nacionalidad-año]. Al estar expresados en tantos por uno en relación al total de la

población ocupada de cada colectivo $p_{ij}^{nsa} = \frac{f_{ij}^{nsa}}{p^{nsa}}$, los coeficientes de las distintas matrices pueden ser comparados entre si, sin que se vean afectados por la desigualdad en niveles. Aplicado a las matrices totales (sin distinguir por sectores) se comprueba si existe estabilidad interanual en la intensidad del *commuting* intermunicipal, y si existe una mayor semejanza entre los patrones de movilidad de los nacionales y los extranjeros, y si esta semejanza aumenta o disminuye con el tiempo.

Tabla 3. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas Índice de similitud S_I de intensidad bilateral absoluta. Unidad: % de personas

(Sector Nacionalidad-año)	Total Total 96	(Total) Inm01	(Total) Nac01	(Total) Inm03	(Total) Nac03	(Total) Inm04	(Total) Nac04
TotalTotal 96	100	81,62	81,27	83,09	72,82	82,27	75,58
(Total)Inm01		100	81,36	84,11	70,84	84,77	74,05
(Total)Nac01			100	81,04	84,96	80,67	87,76
(Total)Inm03				100	77,12	94,58	79,57
(Total)Nac03					100	76,32	94,51
(Total)Inm04						100	79,42
(Total)Nac04							100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

Centrándonos en las matrices totales (Tabla 3), se observa un nivel de semejanza medio-alto que se mueve entre el 70-95%. La mayor semejanza se produce entre los patrones de movilidad de los Inmigrantes del 2003 y los Inmigrantes del 2004 (94,6%) por un lado, y entre los Nacionales del 2003 y los Nacionales del 2004 (94,6%). Por el contrario, los patrones más diferentes corresponden al cruce entre las matrices de Inmigrantes-01 y Nacionales-03 (70%). Estos casos extremos anuncian ya una tendencia generalizada a encontrar, para cada año, mayores índices de similitud entre las matrices de cada nacionalidad (Nac-Nac / Inm-Inm) que entre ambos colectivos (Nac-Inm). Como veremos en el apartado 4.3.3. este resultado, que se repite en todos los casos, resulta estadísticamente significativo, anunciando la existencia de diferencias en los patrones de movilidad de ambos grupos.

Tal y como muestra la Tabla 3, para algunos casos se observan tendencias divergentes que incrementan las diferencias. Así por ejemplo, cuando se toma la matriz total de 1996 como referencia, el índice de similitud con respecto a los patrones de los inmigrantes iría creciendo con el tiempo (2001-2004: 81,6-82,8) mientras que disminuye en relación a las matrices de los nacionales (2001-2004: 81,2-75,5). Según estos resultados, los flujos de *commuting* de los inmigrantes estarían pareciéndose cada vez más a los de los nacionales de hace una década (en 1996 el número de inmigrantes extranjeros en Madrid era muy reducido), mientras que los nacionales estarían cambiando sus patrones en sentido divergente. *¿Podría ser este resultado un reflejo de la sustitución en la localización de trabajadores nacionales por inmigrantes a lo largo de la década?* Lo más probable es que ambos fenómenos estén relacionados, aunque la complejidad del fenómeno requiere un análisis más detallado. De hecho los resultados cambian notablemente cuando se toman como numerario la estructura de movilidad de nacionales e inmigrantes de otros años y fuentes estadísticas: por ejemplo, para las matrices del Censo del 2001 las diferencias entre nacionales e inmigrantes parecen reducirse, mientras que cuando se comparan las estructuras del 2003 y 2004 las diferencias llegan a su mayor nivel.

El índice S_{II} (Tabla 4) detecta -para cada sector-año-nación y municipio de residencia- los «*principales -municipios receptores de factor trabajo*». En este caso, la semejanza y estabilidad de los coeficientes dependerá de si los municipios empleadores son los mismos para cada colectivo, y de si estos se han mantenido estables a lo largo de los años. Como se aprecia en la tabla anterior, el nivel de semejanza del índice S_{II} es inferior al del S_I . Su rango de oscilación está entre el 44% (Total-Inm-01/Total-Inm-04) y el 81% (Total-Nac-03/Total-Nac-04). Para ambas nacionalidades, las mayores semejanzas se obtienen al comparar las matrices del 03 y del 04. Aparte, se pueden resaltar los siguientes hechos:

Tabla 4. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas
Índice de similitud S_{ij} de principales munic. receptores. Unidad: % de personas

(Sector Nacionalidad-año)	Total Total 96	(Total) Inm01	(Total) Nac01	(Total) Inm03	(Total) Nac03	(Total) Inm04	(Total) Nac04
TotalTotal 96	100	60,24	60,59	55,89	53,87	54,33	54,19
(Total)Inm01		100	63,92	45,36	45,70	44,77	45,85
(Total)Nac01			100	56,70	66,26	57,17	66,36
(Total)Inm03				100	66,29	69,10	65,68
(Total)Nac03					100	65,61	81,17
(Total)Inm04						100	63,38
(Total)Nac04							100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

- Cuando se utiliza la estructura de flujos de 1996 como referencia, la semejanza disminuye a lo largo de los años para ambos colectivos. Con el 2001, la similitud de la estructura total del 96 con los inmigrantes es menor que con la de los nacionales (60,2% vs 60,5%), la relación se acentúa en el 2003 y se invierte levemente en el 2004 (53,7% vs 54,7%).
- Con la matriz de inmigrantes del 2001 como referencia, los índices de similitud son superiores con los nacionales que con los inmigrantes tanto para el 2003 como el 2004. Este hecho choca con la tendencia observada en los res-

Tabla 5. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas
Índice de similitud S_{ij} de principales munic. proveedores. Unidad: % de personas

(Sector Nacionalidad-año)	Total Total 96	(Total) Inm01	(Total) Nac01	(Total) Inm03	(Total) Nac03	(Total) Inm04	(Total) Nac04
TotalTotal 96	100	59,80	58,78	54,61	54,43	53,70	54,71
(Total)Inm01		100	71,39	46,34	53,93	43,84	52,94
(Total)Nac01			100	42,76	59,12	42,37	58,08
(Total)Inm03				100	57,07	65,12	56,82
(Total)Nac03					100	56,24	75,90
(Total)Inm04						100	58,52
(Total)Nac04							100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

tantes casos, que recogen un mayor parecido de las estructuras de cada nacionalidad a lo largo de los años.

Por último, mediante el índice S_{III} (Tabla 5) se recogen los principales municipios «proveedores de factor trabajo». Ahora, la semejanza y estabilidad de los coeficientes depende de si los trabajadores nacionales y extranjeros comparten los mismos municipios de residencia. En general, los valores de S_{III} son menores que los del S_I y el S_{II} , moviéndose entre el 75,9% (Total-Nac-03/Total-Nac-04) y el 42% (Total-Nac-01/Total-Inm-03). Aparte, como ya ocurriera con el S_{II} , con la matriz de 1996 como numerario, la semejanza disminuye a lo largo de los años para ambos colectivos. En este caso, mientras que la similitud con los inmigrantes es mayor que con los nacionales en el 2001 (59,8% vs 58,8%), la relación se invierte en el 2004 (53,7% vs 54,7%).

4.3.2. Resultados del análisis sectorial de los patrones de movilidad

En este apartado se ofrecen los índices S_I , obtenidos para las cuatro ramas productivas.

Tabla 6. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas Índice de similitud S_I de intensidad bilateral absoluta. Sector Agricultura

(Sector Nacionalidad-año)	Agr Inm01	Agr Nac01	Agr Inm03	Agr Nac03	Agr Inm04	Agr Nac04
AgrInm01	100	70,24	56,67	54,23	55,97	54,49
AgrNac01		100	55,50	57,85	56,90	57,09
AgrInm03			—	—	—	—
AgrNac03				—	—	—
AgrInm04					100	61,56
AgrNac04						100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

En el caso de Agricultura, es de destacar el menor nivel de similitud logrado entre las matrices de los diferentes años y colectivos en comparación con los obtenidos para el total de sectores. Ahora, el rango del índice S_I se mueve entre el 54% y el 70% frente al observado en aquel caso (70-95%). Como ya ocurriera con la comparación

de las matrices totales, se constata la mayor similitud en las comparaciones intra-grupo (Nac-Nac; Inm-Inm) que cruzadas.

Tabla 7. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas
Índice de similitud S_i de intensidad bilateral absoluta. Sector Industria

(Sector Nacionalidad-año)	Ind Inm01	Ind Nac01	Ind Inm03	Ind Nac03	Ind Inm04	Ind Nac04
IndInm01	100	75,92	57,88	56,44	74,34	65,53
IndNac01		100	58,48	62,77	73,71	81,12
IndInm03			100	63,59	58,10	53,69
IndNac03				100	58,09	59,02
IndInm04					100	71,41
IndNac04						100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

Los índices de similitud S_i , obtenidos para las matrices del sector Industrial son superiores a los obtenidos en el primer sector, aunque siguen por debajo de los obtenidos para el total. Ahora el rango de variación se mueve entre (75%-53%). Por otro lado, se comprueba nuevamente una mayor semejanza intra-grupo a lo largo de los años, confirmando la existencia de diferencias estructurales y estables en los flujos de *commuting* de nacionales e inmigrantes.

Tabla 8. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas
Índice de similitud S_i de intensidad bilateral absoluta. Sector Construcción

(Sector Nacionalidad-año)	Con Inm01	Con Nac01	Con Inm03	Con Nac03	Con Inm04	Con Nac04
ConInm01	100	75,54	66,37	58,19	78,81	67,11
ConNac01		100	70,17	70,77	70,81	80,15
ConInm03			100	57,43	67,41	66,94
ConNac03				100	59,17	66,24
ConInm04					100	71,39
ConNac04						100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

En el caso de la Construcción, el nivel de similitud aumenta moviéndose entre el 57% (ConInm03-ConNac03) y el 80% (ConNac01-ConNac04). Así mismo, a lo largo de los años se mantiene la mayor similitud entre las matrices de igual nacionalidad que entre las cruzadas.

Tabla 9. Comparación de las estructuras de flujos intermunicipales de personas
Índice de similitud S_i de intensidad bilateral absoluta. Sector Servicios

(Sector Nacionalidad-año)	Serv Inm01	Serv Nac01	Serv Inm03	Serv Nac03	Serv Inm04	Serv Nac04
ServInm01	100	81,28	68,94	55,50	86,36	73,20
ServNac01		100	77,40	67,69	82,07	87,36
ServInm03			100	59,55	77,17	79,12
ServNac03				100	55,94	64,63
ServInm04					100	79,62
ServNac04						100

Fuentes: Elaboración propia a partir del Censo2001; Contratos 2003-2004 y Encuesta de Movilidad de la CM 1996.

Por último, la similitud de las matrices de movilidad de los trabajadores del sector Servicios se aproxima a los niveles superiores obtenidos para el total. Ahora, el índice S_i se mueve entre el 55% y el 87% frente al 70-95% observado en aquel caso. Así mismo, se vuelve a observar una mayor similitud entre las matrices de igual nacionalidad que entre las cruzadas.

Para terminar, se llama la atención sobre dos hechos interesantes: por un lado, los índices S_i observados para la matriz total es muy superior a los de cada uno de los sectores, siendo los de servicios e industria donde el rango de variación del índice se asemeja más al obtenido en las matrices totales; en línea con este resultado, se aprecia una relación positiva entre el valor medio del índice S_i y la importancia relativa de cada sector. Ambos resultados indicarían que los índices de similitud se ven afectados no tanto por el nivel de personas que trabajan (y se mueven) en cada sector (este efecto queda superado por la utilización de matrices de coeficientes), sino por el número cruces intermunicipales nulos existentes en las matrices. De esta manera, los sectores donde hubiera una mayor dispersión en el número de municipios de residencia y trabajo (menor número de celdas nulas), tenderán a registrar índices de similitud superiores. Este hecho explicaría que sectores como el de servicios, que ocupan a un elevado número de personas y están presentes en todos los municipios de la Comunidad, den lugar a un menor número de cruces nulos, dando lugar a índices más

parecidos a los obtenidos con las matrices totales. Aunque en nuestro trabajo la presencia de cruces nulos es una información esencial, de cara a futuros trabajos se podrían combinar diferentes tipos de índices cuyo valor excluyera los flujos nulos o los de carácter intra-municipal (en la diagonal principal de cada matriz).

4.3.3. Análisis multivariante de los índices de similitud

Finalmente se contrasta la significatividad estadística de las diferencias observadas en los índices de de las 572 comparaciones realizadas a partir de las 31 matrices OD⁸. Más concretamente se ha contrastado la significatividad de los diferentes niveles de similitud observados entre los pares de matrices de un mismo colectivo (Nac-Nac) e (Inm-Inm) frente a los de los dos colectivos cruzados (Nac-Inm), independientemente del año y del sector.

Para cada uno de los índices de similitud, se ha realizado un análisis de varianzas (ANOVA con comparaciones múltiples post hoc), utilizando como factor una variable ABN que toma valor (0) cuando las matrices A y B comparadas corresponden a flujos de trabajadores nacionales, (1) cuando A y B corresponden a flujos de inmigrantes; y (2) cuando A y B corresponden a colectivos diferentes. Aunque en las Tablas 10, 11 y 12 se recogen los resultados obtenidos para cada uno de los índices, los ANOVA se han aplicado por separado para cada uno de ellos.

Tabla 10. ANOVAs aplicados a los tres índices utilizando la «nacionalidad» como factor

Variable dependiente	Factor		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
S _I	Nacionalidad	Inter-grupos	2011,899	2	1005,949	10,242	,000
		Intra-grupos	52938,445	539	98,216		
		Total	54950,343	541			
S _{II}	Nacionalidad	Inter-grupos	1188,929	2	594,465	5,869	,003
		Intra-grupos	54597,350	539	101,294		
		Total	55786,279	541			
S _{III}	Nacionalidad	Inter-grupos	1580,545	2	790,272	7,370	,001
		Intra-grupos	57797,350	539	107,231		
		Total	59377,895	541			

⁸ De entre las 572 posibles combinaciones se han eliminado las de flujos totales. Para el caso de 1996, se considera que los flujos de la única matriz disponible corresponde a trabajadores nacionales.

Los resultados obtenidos para cada uno de los tres índices apuntan hacia la presencia de diferencias significativas en la media de los tres subgrupos (Nac-Nac, Inm-Inm, Nac-Inm).

Tabla 11. Índice Levene obtenido en los ANOVAs aplicados a los tres índices

Variable dependiente: Índice de Similitud	Factor	Estadístico Levene	Grados de libertad 1	Grados de libertad 2	Sig.
S _I	Nacionalidad	6,854	2	539	,001
S _{II}	Nacionalidad	7,710	2	539	,000
S _{III}	Nacionalidad	4,152	2	539	,016

Tabla 12. Estadístico de Tamhane para los contrastes post-hoc del ANOVAs

Variable: Dependiente	Nacionalidad: NN=0; II=1; NI=2 (I)	Nacionalidad NN=0; II=1; NI=2 (J)	Diferencia entre Medias (I-J)	Error típico	Signific.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
S _I : Índice de similitud de intensidad bilateral abso- luta	0	1 2	1,4199 4,4049(*)	1,36488 1,00691	,656 ,000	-1,8624 1,9839	4,7021 6,8259
	1	0 2	-1,4199 2,9850(*)	1,36488 1,19184	,656 ,039	-4,7021 ,1130	1,8624 5,8571
	2	0 1	-4,4049(*) -2,9850(*)	1,00691 1,19184	,000 ,039	-6,8259 -5,8571	-1,9839 -,1130
S _{II} : Índice de similitud de principales receptores	0	1 2	,15061 3,03609(*)	1,45742 1,16568	,999 ,029	-3,3524 ,2285	3,6536 5,8436
	1	0 2	-,15061 2,88548(*)	1,45742 1,11820	,999 ,032	-3,6536 ,1905	3,3524 5,5805
	2	0 1	-3,0360(*) -2,8854(*)	1,16568 1,11820	,029 ,032	-5,8436 -5,5805	-,2285 -,1905
S _{III} : Índice de similitud de principales proveedores	0	1 2	,11692 3,4749(*)	1,42594 1,17384	1,000 ,010	-3,3105 ,6497	3,5443 6,3001
	1	0 2	-,11692 3,3579(*)	1,42594 1,12014	1,000 ,009	-3,5443 ,6607	3,3105 6,0553
	2	0 1	-3,4749(*) -3,3579(*)	1,17384 1,12014	,010 ,009	-6,3001 -6,0553	-,6497 -,6607

* La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

Para poder detectar las categorías del factor que están introduciendo las diferencias en media, se han realizado comparaciones múltiples post-hoc basadas en el estadístico de Tamhane (Pardo et al, 2002; Brown, 1974) por ser el más apropiado en los casos en los que hay diferencias significativas en las varianzas de las tres categorías contempladas en el factor (la Tabla 10 recoge los valores significativos obtenidos para el estadístico Levene).

Mediante el estadístico Tamhane se comparan por pares las medias obtenidas para las diferentes categorías del factor. Tal y como recoge la Tabla 12, las diferencias en medias detectadas por el ANOVA (Tabla 9) para cada uno de los tres índices de similitud vienen motivadas por las diferencias en los índices obtenidos al comparar matrices Nac-Inm (grupo 2) y los que se obtienen al comparar matrices de colectivos homogéneos (Nac-Nac; Inm-Inm). Sin embargo, no existen diferencias significativas en las medias de los índices obtenidas al comparar matrices de ambos colectivos (Nac-Nac) y (Inm-Inm). Este resultado confirmaría la existencia de patrones de movilidad significativamente diferentes en estructura y evolución dentro de los subgrupos de nacionales e inmigrantes.

5. CONCLUSIÓN

En este artículo se ha revisado la relación existente entre los flujos de *commuting*, la estructura urbana y la nacionalidad de los trabajadores. Partiendo de una breve revisión de la literatura que relaciona las teorías de localización empresarial y residencial con la movilidad laboral y los flujos de *commuting*, se ha estudiado la posible existencia de patrones diferentes de localización y *commuting* entre los trabajadores nacionales e inmigrantes dentro de la Comunidad de Madrid.

Para ello, junto al análisis descriptivo de la distribución territorial de la población, el empleo y los flujos de *commuting* de los trabajadores nacionales y extranjeros según los datos del Censo 2001 dentro de la Comunidad, se han planteado diferentes análisis cuantitativos de los flujos de *commuting* entre los diferentes municipios madrileños a lo largo del periodo 1996-2004.

Desde el punto de vista metodológico, la principal aportación radica en la adaptación y aplicación al análisis de los flujos de *commuting* de dos herramientas novedosas: por un lado se ha empleado un estadístico propio de los análisis de equidad para medir la expansión urbana y la dispersión creciente de los flujos de *commuting* de nacionales e inmigrantes; por otro, a partir del Índice de Similitud de Le Masné desarrollado para la comparación de matrices se han desarrollado tres tipos de índi-

ces capaces de cuantificar la semejanza de las estructuras de *commuting* desde tres ópticas complementarias

Otra aportación interesante se deriva de la combinación de tres fuentes estadísticas que aportan información sobre el origen y destino municipal de los flujos de *commuting*, para la obtención de una amplia colección de matrices de flujos intermunicipales de trabajo según año, nacionalidad y rama empleadora. Así mismo, resulta novedosa la deducción y utilización de matrices de *commuting* intermunicipales procedentes de los registros de contratos, ya que la cantidad de información que aportan permite romper la dependencia respecto de los censos y encuestas de movilidad.

En relación a los resultados, el cálculo de la redundancia relativa de las matrices de *commuting* ha permitido confirmar la tendencia hacia la dispersión de la población, el empleo y los flujos de *commuting* congruente con el desarrollo de un modelo multicéntrico de desarrollo urbano (Llano, 2006). Así mismo, a través de dicho estadístico se han identificado evoluciones diferentes entre los trabajadores nacionales e inmigrantes, al tiempo que se registraba una cierta ralentización del proceso de dispersión entre los años 2003 y 2004. Por otro lado, mediante la comparación por pares de las 31 matrices OD de flujos intermunicipales a través de los tres índices de similitud estimados, se han identificado patrones de movilidad diferentes entre los nacionales e inmigrantes, tanto para el conjunto de flujos como para los específicos de cada una de las cuatro ramas analizadas. Así mismo, la utilización de modelos ANOVA ha permitido analizar la significatividad estadística de las diferencias observadas tanto en el análisis de redundancia como de cálculo de los índices de similitud.

De cara a futuras investigaciones, será interesante analizar los datos de la nueva encuesta de movilidad 2004 y de los registros de contratos del 2005, con el objetivo de comprobar hasta qué punto la tendencia hacia la dispersión de los flujos de *commuting* se ve acelerado o ralentizado por fenómenos socio-económicos tales como la reubicación de los hogares cerca de los nuevos centros de trabajo fuera del CBD, la localización inicial de los nuevos inmigrantes o su relocalización subsiguiente una vez que se han asentado en la región y comienzan a afianzarse en el mercado laboral y de la vivienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, W. (1964). *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge, Ma: Harvard University Press.
- ANTOLÍN, P. y O. BOVER (1997), «Regional migration in Spain: The effect of personal characte-

- ristics and of unemployment, wage and house price differentials using pooled cross-sections», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59(2), 215-235.
- ASLUND, O. (2005): «Now and forever? Initial and subsequent location choices of immigrants», *Regional Science and Urban Economics*, 35, 141-165.
- BENTOLILA, S. y J. DOLADO (1991), «Mismatch and internal migration in Spain, 1962-1986», en: Fiorella Padoa-Schioppa (ed.), *Mismatch and Labour Mobility*, Cambridge: Cambridge University Press.
- BORJAS, G.J. (1999a), «*The Economic Analysis of Immigration*», en: Ashenfelter A.C and D. Card D (eds) *Handbook of Labor Economics*, Vol. 3. Elsevier, Amsterdam
- BORJAS, G.J. (1999b), «Does immigration and welfare magnet?», *Journal of Labour Economics*, 17(4), 607-637.
- BOVER, O. y M. ARELLANO (1998), Learning about migration decisions from the migrants, Working Paper 9908, Madrid: Banco de España,
- BOVER, O. y P. VELILLA (1999), «Migrations in Spain: Historical Background and Current Trends», Working Paper 9909, Madrid: Banco de España. Consejo Económico y Social (2000), «Informe sobre la movilidad geográfica», Madrid.
- BROWN, M. B. y A. B. FORSYTHE (1974), «Robust tests for the equality of variances», *Journal of the American Statistical Association*, 69, 264-267.
- CERVERO, R. y K.L. WU (1997), «Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay Area», *Environment and Planning A*, 29, 865-886.
- CHESIRE P.C. y E.S. MILLS (1999), *Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 3. Applied Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier.
- CRAMPTON, G.R. (1999): «Urban Labour Markets», en: Chesire P.C. y E.S. Mills (eds.) *Handbook of Regional and Urban Economics Vol. 3. Applied Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier.
- CUSHING, B. y J. POOT (2004), «Crossing Boundaries and Regional Science Advances», *Papers in Regional Science*, 83, 317-338.
- DE LA FUENTE, A. (1999), «La dinámica territorial de la población española: un panorama y algunos resultados provisionales», *Revista de Economía Aplicada*, 7(20), 53-108.
- DURANTON, G y D. PUGA (2004), «Micro-foundations of Urban Agglomeration Economies» en: J. Vernon Henderson, y J.F. Thisse (eds.) *Handbook of Regional and Urban Economics, Vol 4. Cities and Geography*. Amsterdam: Elsevier.
- FUJITA, M., P. KRUGMAN y A. VENABLES (1999), *The Spatial Economy*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- FUNKHOUSER, E. (2000), «Changes in the geographic concentration and location of residence of immigrants», *International Migration Review*, 34 (2), 489-510.
- GIL, L. y J. JIMENO (1993), «The determinants of labour mobility in Spain: who are the migrants?», Working Paper 9305. Madrid: FEDEA,
- GORDON, P., A. KUMAR y H.W. RICHARDSON (1989), «The Influence of Metropolitan Spatial Structure on Commuting Time», *Journal of Urban Economics*, 26, 138-151.

- JUÁREZ J.P. (2000), «Análisis of interregional labor migration in Spain using gross flows», *Journal of Regional Science*, 40(2), 377-399.
- LLANO, C. (2006), Crecimiento urbano y dinámica laboral: el caso de la Comunidad de Madrid (1996-2004). Economic Analysis Series, WP 9/2006, Universidad Autónoma de Madrid.
- MARTÍ M. y C. RÓDENAS C. (2004), «Migrantes y migraciones: de nuevo la divergencia en las Fuentes estadísticas» *Estadística Española*, 46(156), 293-321.
- MCCANN, P. (2001), *Urban and Regional Economics*. Oxford: Oxford University Press.
- MUTH, R. F. (1969), *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago Press.
- PARDO, A. y M.A. RUIZ DÍAZ (2002): «SPSS 11: Guía para el análisis de datos». Madrid: McGrawHill.
- PULIDO, A. y E. FONTELA (1993): *Análisis Input-Output : modelos, datos y aplicaciones*. Madrid: Pirámide.
- RÓDENAS, C. (1994), «Migraciones interregionales en España, 1960-1989», *Revista de Economía Aplicada*, 2(4), 5-36.
- ROUWENDAL, J. (1999), «Spatial job search and commuting distances», *Regional Science and Urban Economics*, 29, 491-517
- SIMPSON, W. (1992), *Urban Structure and the Labour Market: Worker Mobility, Commuting and Underemployment in Cities*. Oxford: Clarendon Press Oxford.
- TAKAYAMA, A. (1993), *Mathematical Economics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- VAN OMMEREN J.N, P. RIETVELD y P. NIJKAMP (2000), «Are job-to-job and residential mobility related?», *The Annals of Regional Science*, 24: 213-232.
- WHEATON, W.C. (1974) «A comparative static analysis of urban spatial structure», *Journal of Economic Theory*, 9(2):223-37.
- ZAVODNY, M. (1999), «Determinants of recent immigrants locational choices», *International Migration Review*, 33 (4), 1014-1030.