

UNA APROXIMACIÓN DIFUSA A LA DELIMITACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA METROPOLITANO ESPAÑOL A TRAVÉS DE LA MOVILIDAD RESIDENCIA-TRABAJO¹

José M^a FERIA
José Manuel CASADO
Eva BARRENA
Universidad Pablo de Olavide. Sevilla

1. Introducción

Una de las características fundamentales que definen y diferencian a nuestra sociedad de otras pasadas es la nueva naturaleza y escala de los fenómenos y procesos urbanos. Frente a la visión de una realidad físicamente autocontenida en unos límites bien definidos, que es la de la ciudad tradicional, los procesos espaciales y funcionales que han tenido lugar en las sociedades avanzadas han modificado sustancialmente la forma y función de las ciudades, dando lugar a realidades territoriales radicalmente diferentes, difuminando dichos límites y superando ampliamente las organizaciones administrativas a ellas asociadas.

La extensión masiva del proceso urbanizador, la separación física entre el lugar de residencia y el de otras actividades básicas como el trabajo o la compra, el incremento de la movilidad de bienes y personas, las redes locales de empresas, etc., dan lugar a unas nuevas realidades territoriales que hay que reconocer, identificar y delimitar apropiadamente. Y ello, en primer lugar, por evidentes razones de orden práctico en lo que se refiere, por ejemplo, a la organización del tráfico y los transportes públicos, las políticas fiscales locales espacialmente homogéneas, la planificación de los suelos para usos residenciales y productivos, la adecuada gestión de las políticas de empleo, o la recogida, explotación y análisis de la información estadística en ámbitos espacialmente relevantes (OCDE, 2002). Pero junto a estas razones hay también otras de naturaleza científica y académica igualmente importantes, porque si los análisis empíricos y teóricos no se hacen a la escala adecuada en la que se producen los procesos, se pueden producir, como desafortunadamente ocurre a menudo, graves errores de apreciación. Y esto es especialmente válido para los análisis de redes y sistemas urbanos no sólo en su concreta definición y

¹ Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos SEJ2007-67767-C04-01 y SEJ2007-67767-C04-02, financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación y FEDER dentro del Plan Nacional de I+D+i.

**X COLOQUIO Y
JORNADAS DE CAMPO
DE GEOGRAFÍA URBANA**
del 28 de Junio al 3 de Julio
Oviedo, Santander, Bilbao

ESPACIOS Y PAISAJES URBANOS:
REFLEXIONAR SOBRE SU PRESENTE PARA PROYECTAR SU FUTURO

Organizan:



delimitación, sino también en lo que se refiere a su configuración y dinámica. En ese sentido, y en la medida en que, como todos sabemos, la configuración actual de la ciudad en los países avanzados es fundamentalmente metropolitana, porque afecta a una mayoría del conjunto de la población y, por supuesto a los principales elementos de la jerarquía urbana, resulta imprescindible la tarea de definir y delimitar dicho sistema metropolitano.

Ello explica que en la mayoría de los dichos países y en un buen número de los restantes se haya hecho un esfuerzo, que se prolonga ya varias décadas en algunos de ellos, para delimitar con mayor precisión esta nueva realidad y, a partir de ello, recoger, presentar y posteriormente analizar y evaluar su dimensión, configuración y funcionamiento. En España, sin embargo, todavía no existen a efectos “oficiales” –ni estadísticos, ni, por supuesto, institucionales– delimitaciones y definiciones de esta naturaleza, con lo cual las referencias territoriales básicas siguen siendo las que aportan las estadísticas municipales y/o provinciales. Ante esta perspectiva, parece ineludible abordar la tarea de delimitar, con criterios rigurosos, sistemáticos y homogéneos, la realidad metropolitana en España. Como es sabido, probablemente la más identificable, coherente y potente de las líneas de trabajo en torno a la cuestión es la que utiliza a la movilidad residencia-trabajo como elemento clave a la hora de instrumentalizar el procedimiento de delimitación (HORNER, 2004). Desde que se utilizó por primera vez en Estados Unidos en el Censo de 1950 para la definición de las Standard Metropolitan Areas (BERRY et alia, 1970), esta variable ha venido constituyendo hasta nuestros días el referente básico para los procesos de delimitación de las nuevas realidades urbano-espaciales. Su disponibilidad a través de la información censal, su condición material (como desplazamiento físico) frente a otro tipo de interrelaciones no sometidas a las constricciones de la distancia, su carácter de proceso recurrente y su factor de vinculación entre los mercados de trabajo y vivienda justifican su relevancia y virtualidad como variable de referencia para definir y delimitar los sistemas metropolitanos (FERIA, 2004).

Con el Censo de 2001 se dispuso por primera vez para toda España de información sobre movilidad residencia-trabajo, lo que está permitiendo abordar definiciones de los sistemas metropolitanos para el conjunto del país de acuerdo a dicha variable. En ese sentido, el objetivo general de este trabajo es profundizar en el alcance y configuración del sistema metropolitano español, tal como este puede ser definido a través de la movilidad residencia-trabajo. Ello se concretará a través de dos tareas específicas claramente diferenciadas. La primera es presentar y evaluar los resultados de los dos procedimientos convencionales de delimitación de este tipo de ámbitos llevados a cabo por los autores de este trabajo, lo que nos permitirá

tener una primera aproximación a las complejas condiciones y características del sistema metropolitano español. La segunda es explorar, a través de un caso regional, el de Andalucía, las posibilidades que ofrece la lógica difusa para profundizar en dicha complejidad, en la medida en que dicha lógica permite modelizar el estado de flujos, apertura e indeterminación que caracteriza a los sistemas metropolitanos tal como estos se materializan a través de la variable residencia-trabajo.

2. La configuración de los sistemas urbanos a partir de los datos de movilidad residencia-trabajo: áreas metropolitanas y mercados locales de trabajo en España

La necesidad de entender correctamente la escala y dimensión de las redes y sistemas urbanos ha llevado, como se ha dicho, a intentar delimitar con criterios rigurosos y coherentes esta nueva realidad. Utilizando la variable residencia-trabajo, hay dos metodologías alternativas, que destacan por su nivel de utilización tanto para análisis de carácter académico en diferentes países y momentos del tiempo como por parte de las administraciones como unidad de referencia estadística y de políticas públicas: las áreas metropolitanas y los mercados locales de trabajo (MLT).

Tal y como se ha señalado en el apartado anterior, en su acepción básica las áreas metropolitanas deben ser entendidas como áreas polinucleares que conforman mercados unitarios de residencia y trabajo y son, a la vez, reflejo del aumento de escala del espacio de vida colectivo y de las diversas estrategias espaciales de los individuos que con ellas relacionados (FERIA, 2008). La complejidad y la diversidad de las relaciones que se establecen entre los agentes en los entornos metropolitanos harían necesario, probablemente, el tratamiento de múltiples variables que permitieran considerar cada una de estas facetas. Sin embargo, la relevancia que la movilidad cotidiana por motivos laborales tiene sobre el conjunto de interacciones que se producen entre las unidades territoriales de base, su carácter de síntesis de las relaciones en el ámbito laboral, de residencia y de transporte, y la calidad de la información disponible han provocado que este tipo de movilidad haya ocupado siempre un papel central en las diferentes metodologías utilizadas para la identificación de áreas metropolitanas.

Los mercados locales de trabajo, por su parte, están definidos por límites dentro de los cuales un conjunto determinado de trabajadores ofrecen su trabajo y un conjunto de empleadores lo demandan. Dado que es imposible conocer el esquema de preferencias de ambos tipos de agentes frente a cualquiera de las alternativas disponibles, desde hace décadas (SMART, 1974) se ha adoptado un enfoque pragmático que se basa en la consideración de las pautas de movilidad de los ocupados



como el resultado de la combinación vivienda/trabajo que maximiza sus preferencias en un momento dado, dado el conjunto de condicionantes a los que se enfrenta el individuo, lo que justifica su utilización como base para la delimitación de las áreas funcionales relevantes para análisis de tipo laboral.

A pesar de estar basadas de manera sustancial en un mismo conjunto de datos, la propia naturaleza de los fenómenos para cuyo análisis han sido diseñadas ha dado lugar a que los dos conjuntos de áreas funcionales que comparamos aquí constituyan visiones alternativas. En primer lugar, los mercados locales de trabajo son un tipo de regionalización que cubre de manera exhaustiva el territorio (todas las unidades de base son asignadas a un mercado local de trabajo, independientemente de su grado de urbanización), mientras que las áreas metropolitanas se centran en ámbitos urbanos con gran concentración de población. En segundo lugar, mientras que los mercados locales de trabajo adoptan un enfoque que se ha denominado “bottom-up”, mientras que las áreas metropolitanas son un claro ejemplo de enfoque “top-down”. La distinción entre ambos tipos de enfoque es patente cuando se analizan los procedimientos formales empleados para la delimitación de ambos tipos de áreas:

Así, en primer lugar, para los MLT² se consideran las relaciones entre todos los municipios o unidades de base, que van siendo agregados entre sí en función de la intensidad de sus flujos recíprocos residencia-trabajo hasta que cada agrupación (MLT) alcanza un nivel determinado de autonomía en cuanto a este tipo de movilidad. Dicha autonomía se mide en dos vertientes: (a) la proporción de ocupados residentes en el mercado que trabaja dentro de sus límites y (b) la proporción de puestos de trabajo localizados en el mercado que son ocupados por residentes en él. A este requisito suele añadirse otro referido al tamaño mínimo que deben tener los mercados en términos de ocupados residentes, lo que es especialmente útil dados los usos que suelen tener en materia estadística y de políticas públicas (CASADO Y COOMBES, 2005).

En el caso de las áreas metropolitanas las diferentes metodologías³ que se han utilizado comparten la consideración inicial de un conjunto de municipios u otro tipo de área de base como focos de una posible área metropolitana. A continuación se procede asignando otros

² Adoptamos aquí el enfoque más extendido (COOMBES et al., 1986; ONS y COOMBES, 1998; COOMBES y BOND, 2008), basado en los procedimientos empleados para la delimitación de las denominadas *Travel-to-Work Areas* británicas, el conjunto de mercados locales de trabajo que tiene una más larga tradición en el ámbito europeo.

³ Destaca aquí la tradición estadounidense, que se remonta al Censo de 1950 (OMB, 1998)



municipios a las áreas potenciales en función de la relevancia que dichas áreas tienen como destino de sus desplazamientos residencia-trabajo o como origen de la mano de obra ocupada en el municipio considerado. Así, cuando los flujos superan una determinada proporción sobre el total se considera que el municipio está integrado en el área metropolitana⁴. El proceso suele incluir una fase de consolidación de áreas vinculadas entre sí (se permiten, por tanto, la existencia de áreas metropolitanas policéntricas), la existencia de una o varias iteraciones (en cada una de las cuales el área delimitada en la fase anterior se considera como un único núcleo potencial y se evalúan las relaciones entre otros municipios y dicho *núcleo ampliado*), y concluye con una fase final de evaluación del tamaño de las regiones delimitadas: sólo las zonas que superan un cierto umbral de población son consideradas como áreas metropolitanas.

Como puede comprobarse, pese a sus diferencias, ambos tipos de regionalización tienen en común, en primer lugar, el hecho de que los resultados obtenidos dependen sustancialmente de los valores concretos que se asignan a los umbrales utilizados y, en segundo lugar, el uso de una lógica booleana, basada en la asignación de cada una de las unidades de base (de un grupo de ellas, en el caso de las áreas metropolitanas) a una única área funcional, ya sea un mercado local de trabajo o un área metropolitana. En el siguiente apartado se flexibiliza esta restricción.

La Figura 1 recoge la aplicación de los dos procedimientos esbozados al caso español. En primer lugar, las áreas metropolitanas se han obtenido (FERIA, 2008) tras establecer un tamaño mínimo de 100.000 habitantes para los núcleos de áreas metropolitanas potenciales (añadiendo a este grupo las capitales provinciales que no alcanzan este valor y restando municipios que forman parte de coronas de áreas metropolitanas); por su parte, el umbral establecido para la adscripción de municipios en función de los flujos cotidianos de trabajadores es del 20% cuando dicho flujo supera los 100 ocupados, y del 15% cuando es de al menos 1.000 trabajadores (los valores mínimos en términos absolutos sólo se consideran al evaluar los flujos desde los municipios hacia el centro). Los municipios se han asignado a las áreas metropolitanas potenciales mediante dos iteraciones. El tamaño mínimo que permite que un área sea considerada como metropolitana se ha establecido en 100.000 (siempre que la corona cuente con al menos 50.000 habitantes). Finalmente, se ha aplicado una fase final para garantizar la coherencia espacial de las delimitaciones (para, por ejemplo, incluir municipios que no resultan metropolitanos tras la aplicación del algoritmo pero que se encuentran completamente

⁴ Este umbral no tiene por qué ser idéntico para los flujos en uno u otro sentido.

X COLOQUIO Y JORNADAS DE CAMPO DE GEOGRAFIA URBANA

del 28 de Junio al 3 de Julio
Oviedo, Santander, Bilbao

ESPACIOS Y PAISAJES URBANOS:
REFLEXIONAR SOBRE SU PRESENTE PARA PROYECTAR SU FUTURO

Organizan:



En segundo lugar, y centrándonos en los elementos superiores de la jerarquía urbana, existe una notable correspondencia entre las delimitaciones de áreas metropolitanas y sus correlatos MLT, aunque de forma general cuando el sistema territorial de referencia es de mayor potencia, las primeras tienden a ser más extensas que los segundos, mientras que en el caso contrario, como sucede, por ejemplo, en el atomizado mapa municipal y de asentamientos de la submeseta norte (Valladolid, Salamanca, León, etc.), los MLT superan claramente la extensión de la influencia metropolitana, cuestión que básicamente puede explicarse porque el procedimiento de delimitación de estos últimos exige la completa regionalización del territorio, lo cual impele a la absorción de los pequeños municipios por parte del MLT de la ciudad principal, independientemente de que los vínculos sean todavía muy débiles. Esto en todo caso, puede ser un elemento anticipador para políticas públicas, ya que probablemente, con el paso del tiempo, estos municipios acaben integrándose también como área metropolitana.

Sin embargo, en tercer lugar, sí aparecen ya áreas metropolitanas segmentadas en un número variable de mercados locales de trabajo relativamente independientes en su interior como puede comprobarse en las áreas metropolitanas de Bilbao y Barcelona. Ello nos está mostrando la complejidad interna de determinados sistemas metropolitanos, que actúan como verdaderas regiones metropolitanas con diferentes mercados locales de trabajo y, en su caso, de vivienda, en su seno (FERIA, 2010). Desde el punto de vista de las políticas públicas esta información puede ser relevante para la planificación de los distintos niveles de servicios y equipamientos y la promoción de la actividad; por ejemplo, si en el área metropolitana de Barcelona están integrados los mercados locales de trabajo de Barcelona, Sabadell y Granollers, una opción puede ser desarrollar suficientemente las conexiones entre dichos mercados para favorecer el aprovechamiento de determinadas economías de escala o aglomeración, por un lado, pero también puede ser relevante potenciar los núcleos de los tres mercados como centros de determinados tipos de empleo de manera que mejore desde el punto de vista de la sostenibilidad, al hacer innecesarios los desplazamientos largos para grupos amplios de trabajadores.

3. Bases conceptuales y formalización del modelo mediante operadores difusos.

Como es sabido y ha podido comprobarse, lo que nos ofrecen estos procedimientos de definición es la delimitación de unos espacios discretos, cerrados excluyentes y autocontenidos. Esta categorización se asocia con una concepción aritmomórfica del espacio y puede modelarse mediante la teoría convencional de conjuntos (GALE y ATKINSON, 1979). Así, existe un conjunto de n áreas metropolitanas mutuamente exclusivas, de tal manera que esta concepción de la

**X COLOQUIO Y
JORNADAS DE CAMPO
DE GEOGRAFÍA URBANA**
del 28 de Junio al 3 de Julio
Oviedo, Santander, Bilbao

ESPACIOS Y PAISAJES URBANOS:
REFLEXIONAR SOBRE SU PRESENTE PARA PROYECTAR SU FUTURO

Organizan:



regionalización está asociada a la versión Boolean de los conjuntos, en el que el grado de pertenencia a cada sistema de regionalización (“membership”) sólo puede ser 1 ó 0; es decir se pertenece o no se pertenece al conjunto.

Ahora bien, si esta categorización –territorialización– es extremadamente útil para clasificar y ordenar el espacio, no lo es tanto para entender su funcionamiento y organización, ya que la mayoría de los procesos espaciales, y especialmente los metropolitanos, no se sujetan a dicha lógica booleana. La movilidad es posiblemente el elemento que mejor puede sustentar esta última afirmación, ya que por su propia naturaleza implica desplazarse de un lugar a otro. En el momento en que dicho desplazamiento suponga el cruce de una frontera o un límite administrativo, nos encontramos con que ya no es posible atribuir ese objeto a un solo elemento de referencia espacial (¿Dónde colocamos a una persona que vive en A y trabaja en B? y ¿Cómo valoramos la incorporación de A y B dentro de un conjunto superior C, que engloba a ambas, aunque jueguen papeles y tengan pesos muy diferentes?).

Este acercamiento a una visión no-aritmomórfica del espacio, que implica un estado de flujos, indeterminación y variable dependiente, puede tener su modelización a través de la teoría de conjuntos difusos (ZADEH, 1965), donde las reglas de composición (intersección, unión, igualdad) nos ofrece una geometría de tolerancia, en el que lo relevante es la condición de integración, medida en grado de pertenencia. Frente a 0 ó 1 del Boolean, aquí nos encontramos con una función que puede desarrollarse a lo largo de todo ese intervalo; es decir entre 0 y 1.

Con ello obtenemos, primero, un valor relativo del grado de pertenencia de cualquier objeto a una unidad espacial superior (no sólo a un centro potencial o receptor de primer flujo), lo cual sirve para modular y evaluar las condiciones de integración del mismo, pero sobre todo podemos tener una visión del grado de “fuzziness” de cada uno de esos objetos o, lo que es lo mismo, de las regiones y fronteras que se establecen en el territorio. Se trata en definitiva de llevar hasta sus últimas consecuencias la idea de estado de flujos y de indeterminación de la organización metropolitana, en la que es posible tanto la incorporación de objetos a diferentes sistemas con diversos grados de pertenencias, como la definición de tantos sistemas como variables utilizemos.

La literatura sobre la cuestión no es todavía muy amplia y, sobre todo, es relativamente reciente. El artículo de PLANE (1998) sobre regiones migratorias aplicando conjuntos difusos es probablemente uno de los pioneros utilizando la variable movilidad –en este caso migratoria–. Más recientemente, Feng (2008) ha aplicado la teoría de conjuntos difusos a la movilidad residencia-trabajo para la definición de mercados locales de trabajo. En nuestro caso, hemos explorado

recientemente algunos aspectos vinculados a la modelización “difusa” del espacio a partir tanto de la movilidad residencia-trabajo como de la residencial (OLIVEIRA, BARRENA Y FERIA, 2010).

Concretando ya lo que se refiere a la formalización del modelo, la explicación del método utilizado incluye primero la notación matemática empleada para su descripción, a continuación se explica cómo obtener los valores relativos de movilidad, el operador de comparación difuso y finalmente, la combinación de estos factores para la consecución del grado de vinculación de un municipio con un centro potencial.

La *notación* que se emplea para la descripción matemática del método es la siguiente:

Datos de entrada:

- $M = \{ M_1, M_2, \dots M_n \}$ es el conjunto de municipios,
- $T = [T_{ij}]$, con $1 \leq i, j \leq n$, es la matriz de flujos de trabajadores, donde T_{ij} es el total de residentes en M_i empleados en M_j ,
- $R = [R_1, R_2, \dots R_n]$ los ocupados residentes por municipio, con $R_i = \sum_{j=1..n} T_{ij}$,
- $E = [E_1, E_2, \dots E_n]$ los empleos ocupados por municipio, con $E_i = \sum_{j=1..n} T_{ji}$,

Datos de salida:

$G = [G_1, G_2, \dots G_n]$ el vector de grados de pertenencia de cada municipio M_i al área metropolitana, con $G_i \in [0,1]$.

El método de obtención de valores de pertenencia mediante operadores difusos se fundamenta en la relación de movilidad residencia-trabajo que cada municipio tiene con un centro potencial. Se considera tanto los valores relativos como los valores absolutos que incluyen. Así, los valores relativos a los que nos referimos se calculan de la siguiente forma:

Para cada municipio M_i se tiene en cuenta la proporción $p1(i,j)$ de ocupados residentes en M_i con empleo en un centro potencial M_j entre el número total de residentes ocupados de M_i , así como la proporción $p2(i,j)$ de empleos de M_j ocupados por residentes del centro potencial entre el número total de empleos de M_j . Así:

$$p1(i,j) = T(i,j) / R(i)$$

$$p2(i,j) = T(j,i) / E(j)$$

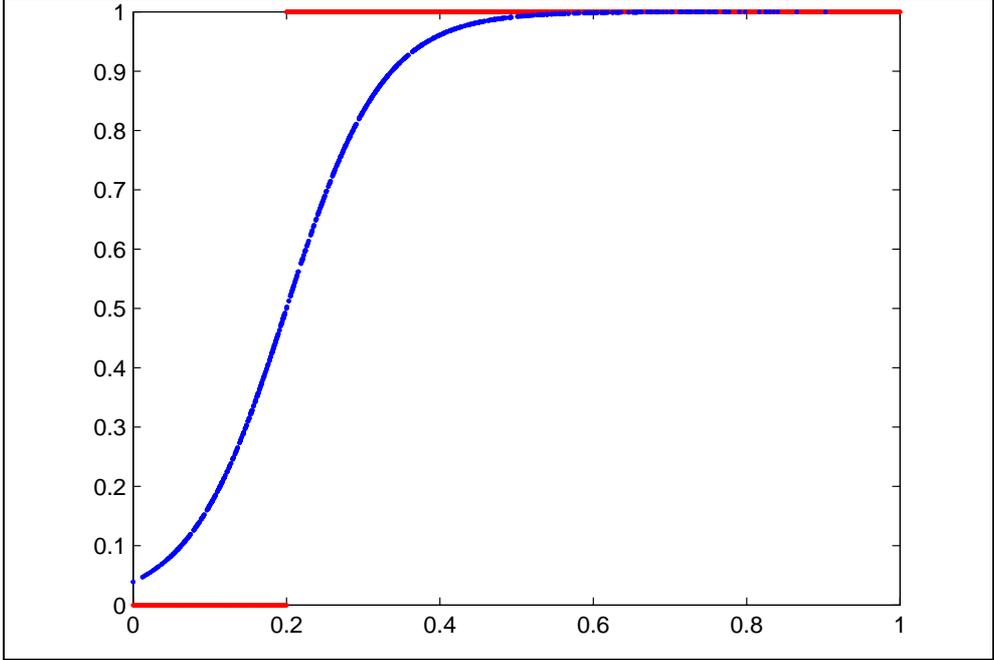
Operador de comparación difuso

Para la obtención de un indicador numérico del grado de vinculación o pertenencia de cada municipio al conjunto del sistema se han tenido en cuenta las proporciones citadas y un operador difuso FG (MLYNSKI, 2003). Este operador tiene la finalidad de cuantificar cuánto excede cada valor de un determinado umbral.

La Figura 2 ilustra la diferencia entre los dos métodos planteados: Las líneas el rojas representan la distribución booleana: si un valor está

por debajo del umbral se considera que el municipio no pertenece a una unidad (se le asigna valor cero) y si está por encima del umbral si pertenece (se le asigna valor uno) y la línea azul ilustra cómo actúa el operador difuso, cuantificando la distancia del valor al umbral, asignando valores de superación del umbral entre cero y uno. En este caso concreto, se cuantifica cuánto excede la proporción del 20%.

Figura 2. Operadores de comparación difuso (azul) y booleano (rojo)



Fuente: elaboración propia.

Descripción del operador difuso FG (“fuzzy greater”)

Para dos valores reales x, z , el operador $FG: \mathbb{R}^2 \times (0, +\infty) \rightarrow [0,1]$ actúa de la siguiente forma:

$$FG(x, z, m) = \frac{\tanh((x - z) \cdot m) + 1}{2}$$

Siendo “tanh” la función tangente hiperbólica (que puede sustituirse por cualquier otra función sigmoide) y m el parámetro que determina el grado de precisión del operador.

Aplicación de los operadores difusos a la proporcionalidad y a los valores absolutos: combinación ponderada.

Sea $b=20\%$ el umbral elegido en el método booleano para seleccionar los municipios pertenecientes al área metropolitana de acuerdo a los porcentajes arriba citados y $b_2=100$ el umbral elegido para discriminar municipios de acuerdo a los valores absolutos, se consideran los siguientes valores ponderados atendiendo al grado de vinculación con un centro potencial M_j que se obtendría teniendo en cuenta los valores relativos y absolutos de entrada a un municipio M_i , los de salida y la combinación de ambas:

$$SFCentrada(i,j)=w_1FG(p2(i,j),b,m)+w_2FG(T(j,i), b2, m2)$$

$$SFCsalida(i,j)=w_1FG(p1(i,j),b,m)+w_2FG(T(i,j), b2, m2)$$

$$G_i := SFCambas(i,j)=(SFCentrada(i,j)+SFCsalida(i,j))/2$$

donde w_1 es el peso asociado a la movilidad y w_2 el peso asociado al tamaño, cumpliendo que $w_1, w_2 \in [0,1]$ y que $w_1 + w_2 = 1$.

En nuestro caso, $w_1=0.8$ y $w_2=0.2$.

Así $G = [G_1, G_2, \dots, G_n]$ el vector de grados de pertenencia de cada municipio M_i al área metropolitana, con $G_i \in [0,1]$.

Método utilizado para obtener un indicador numérico del grado de vinculación o pertenencia de cada municipio al conjunto del sistema (método global)

Es análogo al método basado en un centro potencial pero con las siguientes observaciones:

Para cada municipio M_i se tiene en cuenta la proporción $p1final(i)$ de ocupados residentes en el municipio M_i con empleo fuera de dicho municipio y la proporción $p2final(i)$ de empleos ocupados en M_i por no residentes en el municipio con el número total de empleos de M_i . Así:

$$p1final(i)=(R(i)-T(i,i))/R(i)$$

$$p2final(i)=(E(i)-T(i,i))/E(i)$$

Los valores absolutos difieren de los del caso anterior en que ahora se consideran todas las salidas/entradas al municipio y no sólo las relacionadas con el centro potencial. De esta forma, los grados de vinculación de cada municipio se calculan de la siguiente forma:

$$entrada(i)=w_1FG(p2final(i),b,m)+w_2FG(E(i), b2, m2);$$

$$salida(i)=w_1FG(p1final(i),b,m)+w_2FG(R(i), b2, m2);$$

$$G_i := ambas(i)=(entrada(i)+salida(i))/2;$$

donde w_1 es el peso asociado a la movilidad y w_2 el peso asociado al tamaño, cumpliendo que $w_1, w_2 \in [0,1]$ y que $w_1 + w_2 = 1$.

En nuestro caso, $w_1=0.8$ y $w_2=0.2$

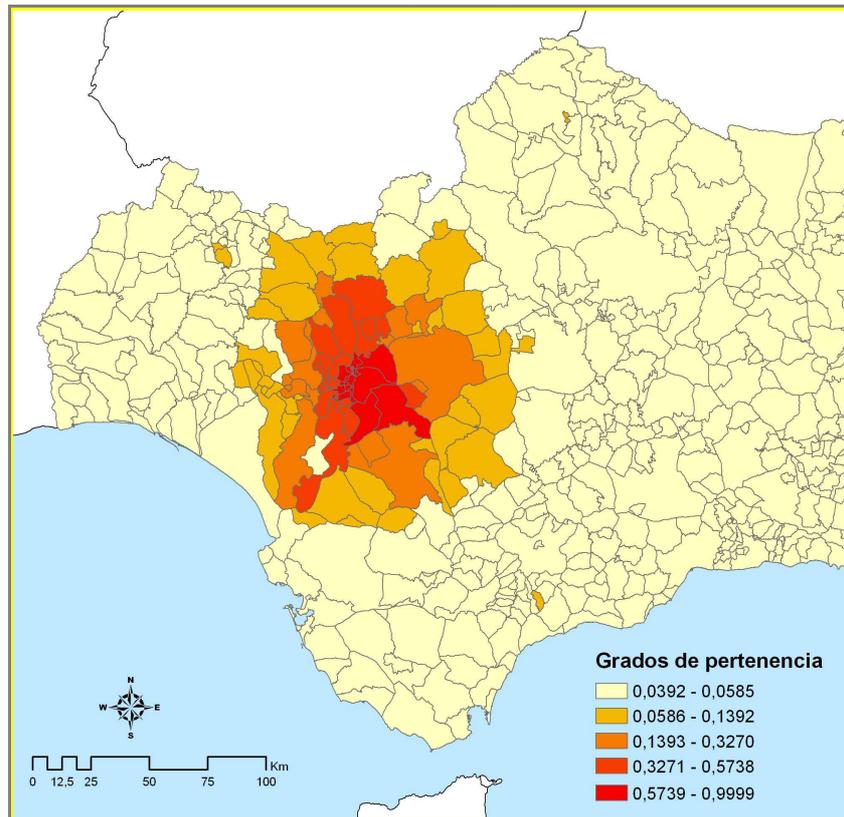
Así $G = [G_1, G_2, \dots, G_n]$ el vector de grados de pertenencia de cada municipio M_i al área metropolitana, con $G_i \in [0,1]$.

4. La aplicación del método al caso andaluz

A efectos experimentales, y para facilitar la tarea de cálculo y evaluación de resultados, se ha elegido un ámbito más restringido que el conjunto estatal, en este caso la región andaluza, que constituye un caso idóneo para cumplir tal objetivo, ya que no es sólo la Comunidad Autónoma más poblada de España (con casi ocho millones de habitantes), sino que es también la que posee un sistema urbano más amplio y complejo, incluyendo hasta un total de 10 áreas metropolitanas (Sevilla, Málaga, Bahía de Cádiz-Jerez, Granada, Córdoba, Huelva, Almería, Bahía de Algeciras, Marbella y Jaén), las tres primeras de las cuales se encuentran entre las diez mayores de España. Es en consecuencia un excelente campo de estudio piloto para explorar

las posibilidades que ofrece la aplicación de operadores difusos a la hora de expresar la configuración de los sistemas metropolitanos.

Figura 3. Representación cartográfica de los valores de pertenencia municipales por movilidad residencia-trabajo con centro potencial en Sevilla



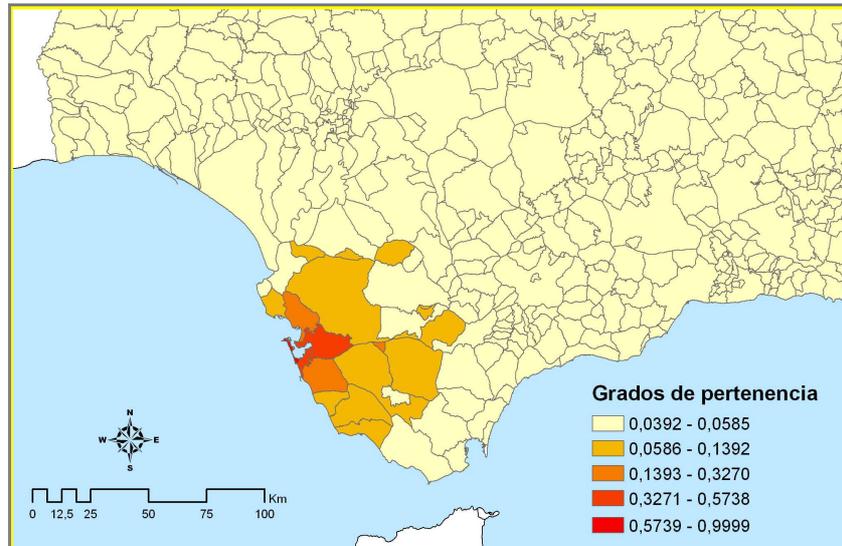
Fuente: elaboración propia a partir de datos procedentes del Censo de Población de 2001 (INE).

En las figuras que se acompañan se muestran dos casos significativos para comprobar las condiciones de difusión del espacio. El primero corresponde al área metropolitana de Sevilla, la mayor de la región y cuarta de España, con una estructura convencional de un fuerte centro y una amplia corona y que en la regionalización discreta incluía un total de cuarenta y nueve municipios y cerca de millón y medio de habitantes. El segundo es el caso del área metropolitana de Bahía de Cádiz-Jerez, con una estructura reticular constituida por un conjunto de grandes núcleos de población, cinco de ellos con más de cincuenta mil habitantes.

La representación cartográfica de los valores de pertenencia en las dos áreas metropolitanas nos ofrece dos hechos relevantes. El primero es que se constata que la el proceso de “difusión” del espacio sigue una pauta extraordinariamente nítida, constituida por círculos concéntricos a partir de un núcleo principal. En el caso de Sevilla, este núcleo principal lo constituyen la propia ciudad central, los dos grandes

municipios de Los Alcores (Dos Hermanas y Alcalá de Guadaíra), uno al Norte (La Rinconada) y un conjunto de pequeños núcleos del Aljarafe, al Oeste. En el caso de Cádiz, el núcleo es más reducido y lo forman Cádiz, San Fernando y Puerto Real.

Figura 4. Representación cartográfica de los valores de pertenencia municipales por movilidad residencia-trabajo con centro potencial en Cádiz



Fuente: Fuente: elaboración propia a partir de datos procedentes del Censo de Población de 2001 (INE)

A partir de ambos núcleos, se desarrollan, como se ha dicho, un conjunto de coronas concéntricas de valores progresivamente decrecientes que muestran como el proceso de incorporación metropolitana se va difuminando de una forma bastante sistemática conforme aumenta la distancia al centro potencial definido. Pero en todo caso, lo que se constata es que, en ambos ejemplo, los valores de pertenencia obtenidos mediante operadores difusos nos muestran que la extensión de la influencia metropolitana es mayor que la que se desprende de los procedimientos convencionales de regionalización discreta.

Pero a la vez que se comprueban pautas similares en la configuración espacial de la pertenencia metropolitana, aparecen también de forma manifiesta valores muy diferentes de la intensidad de dicha pertenencia entre un área metropolitana y otra; siendo mucho mayores en el caso de Sevilla que en el de Bahía de Cádiz-Jerez. Ello se explica por un doble hecho. En primer lugar, porque los municipios que constituyen esta última área tienen un mayor tamaño relativo y esto supone también una mayor propensión a la autonomía funcional. Pero en segundo lugar, y de manera principal, porque el método está basado en la vinculación a un centro potencial, que en el caso del área metropolitana de Sevilla es obvio, pero no así en el de Bahía de Cádiz-Jerez, ya que esta última área metropolitana desarrolla una estructura



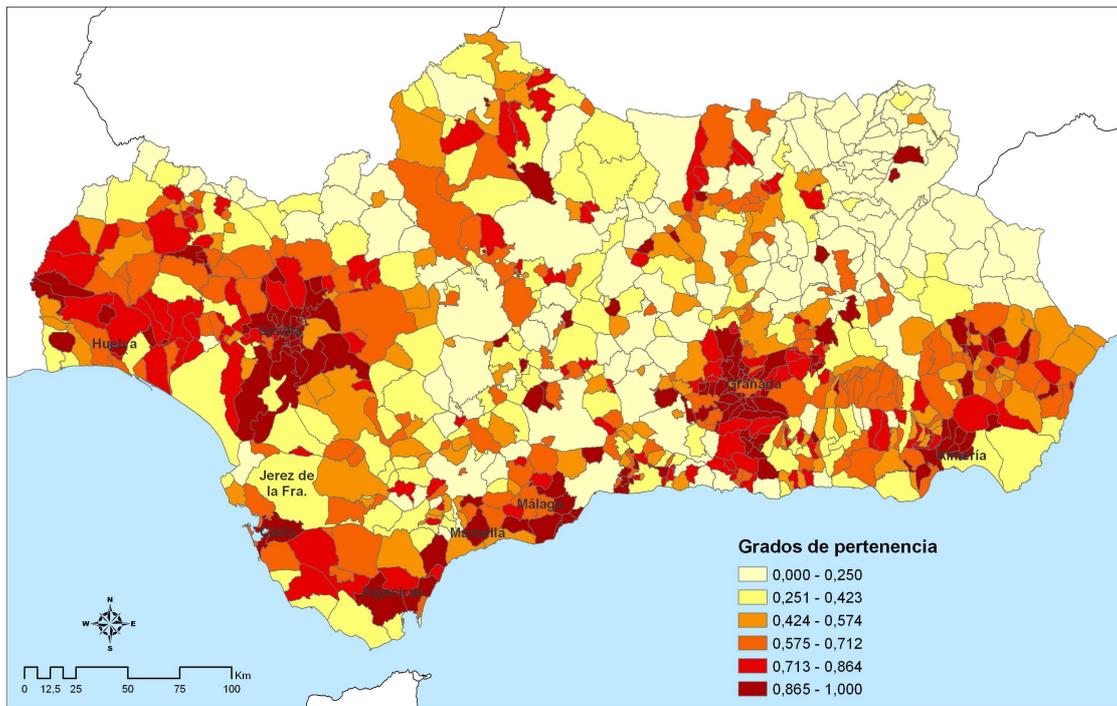
en red que favorece la dispersión de los vínculos funcionales, - concretamente, los de movilidad residencia-trabajo- entre los diferentes componentes del sistema de asentamientos.

La capacidad descriptiva, por tanto, de la aplicación de operadores difusos es muy relevante en la medida en que ilustra tanto las la intensidad de los niveles de integración metropolitana como las características de su distribución espacial. Pero las potencialidades del método permiten no sólo una aproximación a las configuraciones de las áreas metropolitanas consideradas individualmente -y partiendo de un centro potencial- sino también una aproximación global que valore el nivel de integración de la totalidad de los elementos del sistema con respecto al conjunto, independientemente de su adscripción o no a un área metropolitana y de su relación con el centro de la misma. Se obtiene así un valor de pertenencia de cada municipio con respecto a todo el sistema, que será más elevado cuanto más alta sea su apertura; es decir, con la variable utilizada, cuanto proporcionalmente más trabajadores residentes en el municipio trabajen fuera de él y cuanto más empleos localizados en dicho municipio estén cubiertos por trabajadores residentes en otros municipios.

La cartografía de los valores de pertenencia municipales para toda Andalucía (Fig. 5) muestra de manera nítida la configuración de un territorio y un sistema urbano complejo, pero en el que es patente la naturaleza “difusa” de su organización espacial. Esta es especialmente visibles, como es lógicamente comprensible, en las áreas metropolitanas, cuyos municipios presentan los valores más altos de pertenencia al conjunto, excepto, significativamente, las ciudades centrales, con unos valores notablemente inferiores a los de los municipios de su entorno. Ello se comprueba especialmente en las áreas metropolitanas de Sevilla y Granada, pero también, con alguna menor extensión territorial, en las áreas metropolitanas litorales de Huelva, Bahía de Cádiz-Jerez, Bahía de Algeciras, Marbella, Málaga y Almería.

Fuera de estos espacios metropolitanos, los niveles de apertura son en general menores -es decir, tienen valores de pertenencia más bajos-, producto de sistemas urbanos de gran fortaleza en términos históricos, pero vinculados mayoritariamente a economías de base primaria, lo cual no facilita la interrelación funcional (FERIA, 1992). Aparecen, sin embargo, excepciones aparentemente paradójicas en la base inferior del sistema urbano, en algunos sistemas territoriales de montaña, tanto en la Penibética como en Sierra Morena (Alpujarra, Marquesado del Zenete, Andévalo, Pedroches), en los que la conjunción de una débil base económica, de un lado, y una fragmentada organización territorial, de otro, favorece el desarrollo de la movilidad residencia-trabajo y, en consecuencia, sus niveles de apertura.

Figura 5. Representación cartográfica de los valores de pertenencia municipales por movilidad residencia-trabajo en el conjunto de Andalucía



Fuente: elaboración propia a partir de datos procedentes del Censo de Población de 2001 (INE)

5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo es doble. En primer lugar, se analizan las relaciones que pueden establecerse entre dos aproximaciones alternativas a la configuración de base del sistema urbano español: las áreas metropolitanas y los mercados locales de trabajo (MLT). A pesar de que ambos tipos de áreas funcionales se construyen a partir de la explotación de la misma variable, la movilidad cotidiana por motivos laborales, existen al menos dos tipos de diferencias significativas entre ellas: por un lado, frente a la cobertura exhaustiva del territorio que caracteriza a los MLT, las áreas metropolitanas se ocupan del territorio de carácter más genuinamente urbano; por otro, frente al enfoque “bottom-up” que caracteriza a la metodología de definición de los MLT (las unidades de base se combinan entre sí hasta dar lugar a los mercados), las áreas metropolitanas se delimitan siguiendo una estrategia “top-down” más acorde con su naturaleza (tras identificar las unidades territoriales de base que actúan como centros potenciales del área metropolitana ésta se construye mediante la adscripción del resto de zonas que superan un cierto grado de relación). La aplicación de ambas metodologías al caso español ha puesto de manifiesto la naturaleza heterogénea de las áreas metropolitanas analizadas. Tres

**X COLOQUIO Y
JORNADAS DE CAMPO
DE GEOGRAFÍA URBANA**
del 28 de Junio al 3 de Julio
Oviedo, Santander, Bilbao

ESPACIOS Y PAISAJES URBANOS:
REFLEXIONAR SOBRE SU PRESENTE PARA PROYECTAR SU FUTURO

Organizan:



son, lógicamente, los tipos posibles: correspondencia entre área metropolitana y MLT; áreas metropolitanas integradas por varios MLT (total o parcialmente asignados al área) y, por último, áreas metropolitanas de tamaño menor al MLT en el que están insertas. Los resultados alcanzados permiten afirmar que de forma general las áreas metropolitanas tienden a ser más extensas que sus correspondientes MLT, bien por extenderse más en sus orlas periféricas (Madrid o Sevilla) bien con estar organizadas internamente por varios MLT (Bilbao, Barcelona). Sólo en determinadas áreas de menor nivel jerárquico y con una estructura de asentamientos y municipal más débil y fragmentado, los MLT alcanzan mayor extensión.

En segundo lugar, en el trabajo se exploran las posibilidades de un análisis basado en la lógica difusa. Se parte para ello del hecho de que las metodologías utilizadas comúnmente para la identificación de ambos tipos de áreas responden a una lógica *booleana*, que se sigue de la necesidad administrativa (y a menudo también científica) según la cual la relación entre cada una de las unidades de base y el área funcional correspondiente sólo admite dos posibilidades: *pertenencia/no pertenencia*. Es posible expresar este sistema de relaciones como un caso particular de un método que permitiera establecer el grado con el que cada una de las áreas de base pertenece al área funcional. Tras una explicación formal de este enfoque, nuestro trabajo se centra en el análisis de un caso concreto, el andaluz, en el que coexisten tipos metropolitanos diversos que van desde la estructura fuertemente centralizada del área metropolitana de Sevilla a la más reticular de Bahía de Cádiz-Jerez. El análisis efectuado permite constatar, primero, el diferente nivel de integración de los componentes del sistema metropolitano y, en segundo lugar, hasta qué punto la vinculación de los diversos municipios con el área metropolitana excede a la recogida en las fronteras booleanas, discretas, de la delimitación tradicional. Estos resultados permiten establecer qué municipios o sistemas de municipios se encuentran más *cercanos* en términos funcionales al área metropolitana y, por tanto, podrían con el tiempo integrarse en ella (si las vinculaciones funcionales continúan evolucionando al mismo ritmo o son impulsadas deliberadamente a través, por ejemplo, de las infraestructuras de comunicaciones o de localización de la actividad residencial o económica) o, desde otro punto de vista, ofrecen un margen de maniobra para la planificación, de manera que podrían tomarse medidas para fortalecer su propia autonomía funcional favoreciendo por tanto su pervivencia como espacios relativamente separados o vinculados funcionalmente a otras zonas. Por último, la aplicación de los operadores difusos al conjunto del sistema urbano permite constatar la diversidad y complejidad de su organización; mostrando la fortaleza de las áreas metropolitanas como los ámbitos de mayor apertura y, en consecuencia, integración funcional, pero



indicando a su vez que en sistemas territoriales de asentamientos débiles y fragmentados también se producen procesos de organización difusa del sistema urbano.

Bibliografía

BERRY B.; GOHEEN, P. Y GOLDSTEIN, D. (1970): "Problems and Perspectives of defining the metropolis". En Berry, B. y Horton, F. (eds.) *Geographic Perspectives on Urban Systems*, págs. 250-276, Englewood Cliffs, Prentice Hall.

CASADO, J.M.; MARTÍNEZ, L. Y FLÓREZ, F. (2010): "Los mercados locales de trabajo españoles. Una aplicación del nuevo procedimiento británico", en Albertos, J.M. y Feria, J.M (ed.) *La ciudad real en España: procesos urbanos y metropolitanos en la primera década del siglo XXI*, Madrid, Thomson-Civitas, en prensa.

CASADO-DÍAZ, J.M. Y COOMBES, M.G. (2005): "The Delineation of 21st Century Local Labour Market Areas (LLMAs)". *Proceedings of the 8th Nectar Conference*, Las Palmas de Gran Canaria. Coombes, M. y Bond, S. (2008): *Travel-to-Work Areas: the 2007 review*. Londres, Office for National Statistics.

COOMBES, M. Y BOND, S. (2008): *Travel-to-Work Areas: the 2007 review*, Londres, Office for National Statistics.

COOMBES, M.G.; GREEN, A.E. Y OPENSHAW, S. (1986): "An efficient algorithm to generate official statistical reporting areas: the case of the 1984 Travel-to-Work Areas revision in Britain". *Journal of the Operational Research Society*, 37; pp. 943-953.

FENG, Z. (2008): "Fuzziness of Travel-to-Work Areas". *Regional Studies*, vol. 43, n°. 5, pp. 707-720.

FERIA, J.M. (1992): *El sistema urbano andaluz. Aglomeraciones urbanas, áreas de centralidad y ámbitos desarticulados*. Sevilla, Instituto de Desarrollo Regional.

FERIA, J.M. - (2004): "Problemas de definición de las áreas metropolitanas en España". *Boletín de la AGE* 38; 85-99.

FERIA, J.M. (2008): "Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas en España a partir de la variable residencia-trabajo". *Investigaciones Geográficas*, 46; pp. 49-68.

FERIA, J. M. (2010): "La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: Una perspectiva de la movilidad residencia-trabajo. Rev. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales* (en prensa)

GALE, S. Y ATKINSON, M. (1979): "On the set theoretic foundations of the regionalization problem". In S. Gale and G. Olsson (eds.) *Philosophy in Geography*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 65-107.

**X COLOQUIO Y
JORNADAS DE CAMPO
DE GEOGRAFIA URBANA**
del 28 de Junio al 3 de Julio
Oviedo, Santander, Bilbao

ESPACIOS Y PAISAJES URBANOS:
REFLEXIONAR SOBRE SU PRESENTE PARA PROYECTAR SU FUTURO

Organizan:



HORNER, M.W., (2004): "Spatial Dimensions of Urban Commuting: A Review of Major Issues and Their Implications for Future Geographic Research". *The Professional Geographer*, 56.2, pp.160-173.

MLYNSKI, M.E. (2003) "Eine neue Methode des unscharfen Schliessens für Expertensysteme". PhD thesis, Universidad de Aachen

OCDE (2002): *Redefining Territories. The Functional Regions*, Paris, OECD Publications.

OFFICE OF THE MANAGEMENT AND BUDGET (1998): "Alternatives approaches to Defining Metropolitan and Nonmetropolitan Areas". *Federal Register*, Vol. 63, n° 244; págs. 70526-70561

OLIVEIRA, G. BARRENA, E. Y FERIA, J.M. (2010): "Modelización y representación cartográfica de la organización espacial de la movilidad residencia trabajo a través de la teoría de los conjuntos difusos: Aplicación a Andalucía". *Rev. Geofocus* (en prensa)

ONS y COOMBES, M.G. (1998): *1991-based Travel-to-Work Areas*, Londres, Office for National Statistics.

PLANE, D. (1998): "Fuzzy set migration regions". *Geographical and Environmental Modelling* 2, 141-162

SMART, M.W. (1974): "Labour Market Areas: Uses and Definitions". *Progress in Planning*, vol. 2, n° 4, pp. 238-353.

ZADEH, L.A. (1965): "Fuzzy sets". *Information and Control* 8, 338-353.