

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

LOS PROCEDIMIENTOS DE DESAGREGACIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN Y SU APLICACIÓN AL ANÁLISIS DEL MODELO DE LA CIUDAD DISPERSA. EL CASO DE LAS AGLOMERACIONES URBANAS DE MADRID Y GRANADA

JOSÉ MIGUEL SANTOS PRECIADO¹, MARÍA VICTORIA AZCÁRATE LUXÁN¹, DAVID COCERO MATESANZ¹, FRANCISCO JAVIER GARCÍA LÁZARO² y CARMEN MUGURUZA CAÑAS¹

¹Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Educación a Distancia
C/ Paseo de la Senda del Rey nº 7, 28040 Madrid, España.

jsantos@geo.uned.es; mazcarate@geo.uned.es; dcocero@geo.uned.es; mmuguruza@geo.uned.es

² ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid.
Camino de la Arboleda s/n. Campus Sur UPM, Autovía de Valencia Km 7, 28031 Madrid. España.

franciscojavier.garcialazaro@upm.es

RESUMEN

El trabajo que presentamos pretende reflexionar sobre diversas metodologías existentes para la desagregación de datos censales, desde las zonas de adquisición de la información a las celdas de una cuadrícula raster. La definición de un procedimiento de cálculo específico ha sido utilizada para desagregar los datos de población de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada, durante los años 1981, 1991 y 2001. Dicha información demográfica georreferenciada nos ha servido de base para realizar un estudio comparativo de la evolución de la estructura residencial de ambas ciudades, respecto a los principales elementos estructuradores del territorio (centro de la metrópoli, centros secundarios, carreteras, nodos, etc.), con el objeto de medir la acomodación progresiva de su espacio geográfico al modelo urbano disperso.

Palabras clave: modelo urbano disperso; desagregación espacial; Sistemas de Información Geográfica.

PROCEDURES OF POPULATION SPATIAL DISAGGREGATION FOR ANALYZING THE SCATTERED URBAN MODEL. THE CASES OF MADRID AND GRANADA URBAN AGLOMERATIONS

ABSTRACT

This paper aims to reflect on several existing methods to disaggregate census data from collecting zones to cells of a raster grid. The definition of a specific calculation procedure has been

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

used to disaggregate population data corresponding to years 1981, 1991 and 2001 in Madrid and Granada conurbations. This geo-referenced demographic information has been our basis to carry out a comparative study of residential pattern evolution in both cities, relative to the main territory-structuring elements (metropolitan CBD, secondary centres, roads, nodes and the like), in search of quantifying the progressive evolving of their geographic space towards the scattered urban model.

Keywords: scattered urban model; spatial disaggregation; geographical information systems.

1. Introducción

En los últimos años, el modelo territorial de las grandes ciudades ha sufrido una evolución muy importante, pasando de un modelo urbano de áreas más compactas, de centros definidos y carácter autónomo, a un modelo de ciudad dispersa, motivado por los procesos de innovación tecnológica, por la universalización del acceso del automóvil y por el abaratamiento del coste del transporte. "Esta redefinición del modelo territorial está claramente relacionada con el paso de un modelo de producción económica fordista a un modelo de producción flexible, que ha dado lugar a una forma de ciudad depredadora del territorio. Una nueva ciudad que ha destruido la idea de centro, típica del modelo metropolitano monocéntrico, por un infinito urbanizado de espacios anónimos, con poca calidad urbana, lugares de conflicto y experimentación social, difuminando cada vez más los límites entre campo y ciudad" (León Rodríguez, 2008).

Pero no sólo el proceso ha afectado a las funciones de carácter más centralizado. También la vivienda está sufriendo un proceso de suburbanización creciente, que supera, ampliamente, los límites del modelo metropolitano clásico. Es evidente que una de las características que mejor definen el nuevo modelo de la ciudad dispersa es la localización y morfología de la función residencial. La localización periférica de la vivienda está teniendo lugar con claro predominio de las bajas densidades y la tipología unifamiliar. En el mundo anglosajón, esta oferta residencial extensiva puede considerarse natural a su propia cultura urbanística. Sin embargo, dicha realidad también se está imponiendo en muchas de las ciudades europeas, incluso en las mediterráneas, donde los tradicionales patrones de ubicación ofrecidos durante la etapa anterior representaban actuaciones urbanísticas multifamiliares de alta densidad de ocupación del suelo.

En el caso de nuestro país, hace tiempo que la situación ha comenzado a dejarse sentir en las principales aglomeraciones urbanas. El desplazamiento de población desde las áreas centrales a las periferias de las ciudades es un proceso que venía produciéndose, de manera ininterrumpida, desde los primeros albores de la conformación del modelo metropolitano, aunque con un patrón de crecimiento intensivo en la ocupación del suelo y concentrado en la distribución espacial de la población. Sin embargo, en el momento presente, el proceso ha tendido a modificar algunas de las pautas que lo distinguían; tanto es así, que la ciudad mediterránea tradicional, caracterizada por su compacidad, densidades relativamente altas y mezcla de usos y diversidad de actividades, ha terminado por dejar aparecer el modelo anglosajón de expansión urbana, con nuevas estructuras territoriales derivadas, donde son frecuentes las bajas densidades residenciales unifamiliares y la

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", GeoFocus (Artículos), nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

descentralización de algunas funciones terciarias, apoyadas por sistemas viales y dotadas de extensos espacios libres, en la línea del proceso de dispersión urbana y de la generación de "nuevas periferias".

Es, en este marco de desarrollo urbano de la ciudad actual, donde nos hemos planteado analizar, comparativamente, las pautas del nuevo desarrollo residencial en las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada. Tradicionalmente, la mayor parte de las investigaciones realizadas, en la perspectiva de medir el grado de dispersión de una ciudad, se apoyan en la utilización, como información básica, del mapa de los usos del suelo, en diferentes momentos en el tiempo. La información primaria procede, en general, de la identificación de una serie de categorías, a partir de imágenes derivadas de la fotografía aérea o de la Teledetección. En nuestro caso, proponemos un método de trabajo más novedoso, que plantea la posibilidad de incorporar la información demográfica contenida en las unidades administrativas censales, trasvasando el volumen de población de las mismas a las unidades espaciales de referencia empleadas por el modelo raster. Así, los datos de la población de un determinado territorio, disponibles en los censos de población de cada país, podrían ser transferidos, desde el formato vectorial, característico de los polígonos que definen cada unidad censal, al formato raster, sobre una retícula de celdas cuadradas.

2. Definición y características del procedimiento de desagregación espacial de la población seleccionado

Nos ha parecido interesante, antes de realizar la selección concreta de un método de desagregación espacial de la población, hacer un repaso previo de los principales procedimientos existentes, con el objetivo de compararlos y comprender los fundamentos básicos en que se sustentan. En una segunda fase de la investigación, concretaremos las principales características formales del método elegido.

2. 1. Revisión de algunos de los principales procedimientos de desagregación existentes

La generación de modelos superficiales continuos de población, a partir de unidades administrativas clásicas, implica la necesidad de trasvasar la información en ellas contenida a otras unidades, de tamaño más reducido, en las que el formato raster de celdas iguales y cuadradas es el más representativo. Se trataría, por tanto, de crear una capa raster en la que se almacenara, de forma continua, la población de la zona de estudio, de manera que cada píxel contuviera la población del área que representa. Se eludirían, así, los múltiples problemas que se presentan cuando se hacen estudios socio-económicos con variables relacionadas con la población a partir de datos agregados en unidades administrativas (Suárez Vega y otros, 2008). Lógicamente, suele trabajarse con celdas de tamaño bastante inferior que las unidades de agregación originales, por lo que se denominan "métodos de desagregación". Las líneas de investigación más destacadas son las que exponemos a continuación.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

A) El método de la interpolación picnofiláctica suavizada (Tobler)

Este método fue desarrollado por Waldo Tobler, en 1979, y su fundamento teórico se basa en la consideración de que las transiciones abruptas en los límites, que caracterizan la representación por coropletas, contradicen la "Primera Ley de la Geografía" sobre la manifestación continua de los fenómenos geográficos en el espacio. Ello implicaría que podría construirse una superficie continua, partiendo de la superficie escalonada (típica de la distribución espacial de la población en dicha representación cartográfica), forzando a desdibujar los límites, mediante algún procedimiento que aproximara el valor de estas áreas de separación al promedio de los valores iniciales de las zonas más cercanas.

El proceso de cálculo de la superficie continua conlleva dos características a considerar: el suavizado de la superficie, mediante algún procedimiento de cálculo que sustituya el valor inicial de cada celda por el valor medio de ella y sus vecinas (fácil de realizar con alguna de las herramientas disponibles en un SIG raster) y la condición "picnofiláctica" o de conservación del volumen de población en cada una de las zonas de partida. Este proceso debe realizarse de manera iterativa, alternándose las operaciones de suavizado con la introducción de correcciones que garanticen el cumplimiento de las condiciones anteriores, deteniendo el mismo al alcanzar la superficie resultante las características de una función suave, aquella que presenta una variación mínima entre las celdas en todas las direcciones (matemáticamente, se obtiene la misma, buscando una superficie que haga mínima la suma de los cuadrados de las derivadas parciales en todos los puntos).

La [figura 1](#) muestra la modificación progresiva de la superficie original de las coropletas, hasta alcanzar el estado final de la superficie suavizada. En un trabajo realizado hace ya tiempo, por algunos de los miembros que actualmente participamos en esta investigación, aplicamos este procedimiento de desagregación, adaptando el método de Tobler, mediante un algoritmo de cálculo específico (Santos Preciado y García Lázaro, 2003).

B) El método de difusión y agregación (Bracken y Martín)

Este procedimiento de cálculo pretende aprovechar al máximo la información que puede obtenerse, a partir de los censos y fuentes de datos demográficos, buscando modelar el patrón subyacente. Se trataría de sustituir las unidades superficiales de población por sus centroides, construyendo la rasterización de la población, a partir de la interpolación desde las celdas a dichos puntos, como si concentraran la población de forma puntual.

El modelo reconstruye la distribución de la población, de manera que sea independiente de los límites arbitrarios de las unidades censales (Bonilla y Rosero, 2008). Bajo las premisas de que la población de una zona puede concebirse como una propiedad de un punto localizado en el interior de la misma (el centroide) y que los datos caracterizan un área indefinida alrededor de ese punto, se

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

puede definir el procedimiento de reparto. Así, la carga de población de una zona se distribuye con una ponderación inversamente proporcional a la distancia, en un radio de proximidad determinado. A tal efecto, se centra una ventana móvil en cada uno de los centroides, y se aplica la ponderación referida a cada celda de la ventana, con objeto de calcular su cuota de prorrateo de la carga de población allí concentrada ([figura 2](#)). Las celdas situadas en la intersección de las ventanas de dos o más centroides recibirían la carga de población correspondiente a cada uno de ellos. Por su parte, las celdas localizadas fuera de las ventanas de los centroides no recibirían carga de población alguna.

En este procedimiento de desagregación demográfica, el tamaño de la ventana varía de modo inversamente proporcional a la densidad local de los centroides, por lo que se ha considerado a este procedimiento como una estimación kernel adaptativa. En efecto, el método es muy similar al correspondiente a la estimación kernel con tamaño de ventana variable. La expresión general para la estimación de la población que se asignará a cada celda de la cuadrícula es:

$$\hat{P}_i = \sum_{j=1}^c P_j W_{ij}$$

Donde \hat{P}_i representa la población estimada para la celda i ; P_j es la carga de población del centroide j ; c es el número total de centroides; y W_{ij} es la ponderación única del centroide j con respecto a la celda i . Las ponderaciones de cada centroide se ajustan de modo que la suma total de todas ellas sea igual a la unidad.

C) Desagregación probabilística con datos auxiliares (Spiekermann y Wegener)

Este método plantea la utilización de los usos del suelo, como elementos auxiliares para asignar a cada celda del territorio una probabilidad de acoger eventos de algún tipo y, más en concreto, la acogida de la información de una variable sociodemográfica. Para su aplicación, cada celda o píxel debe estar caracterizado por dos atributos: la categoría del uso del suelo que la ocupa y el identificador de la unidad de agregación a la que pertenece. Para cada fenómeno, este modelo asigna, en primer lugar, un peso, en forma de número entero, a cada una de las categorías de los usos del suelo, de acuerdo a la ponderación de dicho uso del suelo en la ubicación de la población, y con ello a todas las celdas asociadas con la categoría en cuestión. Si se divide el peso de cada celda por la suma total de los pesos de todas las celdas de la unidad de agregación a la que aquella pertenece, se obtiene la probabilidad de que la celda en cuestión sea el destino de un evento del fenómeno considerado ([figura 3](#)).

En el caso del procedimiento metodológico reseñado, los autores aplicaron, posteriormente, el método de Monte Carlo, con el objeto de repartir la carga total de eventos (población total, por ejemplo) a cada una de las celdas, de forma aleatoria, de acuerdo a la probabilidad de las mismas. En consecuencia, las zonas correspondientes a los usos del suelo no residenciales no recibirían

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

ninguna carga de población (probabilidad nula), mientras que en los usos residenciales la distribución se realizaría de manera más o menos proporcional a la probabilidad de acogida (de acuerdo con la generación de números aleatorios, ya que cada evento o carga unitaria de población sería destinada a la celda por sorteo). Finalmente, el procedimiento verifica, a través del identificador, la propiedad picnofiláctica, de manera que la suma de las cargas correspondientes a una unidad de agregación coincida con la población total de la misma.

2. 2. Definición del método de desagregación utilizado en el análisis

De acuerdo a las premisas establecidas, presentamos una metodología de desagregación espacial de una variable demográfica (como el volumen total de la población), que recogería la idea primitiva del modelo de Spiekermann y Wegener, modificando alguno de sus presupuestos básicos, de forma que el procedimiento de cálculo que realice la distribución del volumen de población lo haga, no de manera aleatoria, sino proporcional a la probabilidad. Esta probabilidad, cuyo método de obtención no se describe, por cierto, en el trabajo indicado, podría estar directamente relacionada con la densidad demográfica de cada una de las tramas residenciales. La metodología propuesta incluiría los siguientes pasos ([figura 4](#)):

1. Delimitar las áreas residenciales homogéneas, a partir de las categorías identificadas en las imágenes de partida.
2. Calcular los pesos demográficos correspondientes a cada una de las categorías residenciales allí representadas.
3. Asignar a cada celda el peso correspondiente a la ponderación demográfica de cada una de las tramas residenciales a las que pertenece (*Pesos*).
4. Realizar, para cada zona, la suma de los pesos correspondientes a la totalidad de las celdas que la integran, asignando dicho valor a cada una de las celdas (*Suma de los pesos por zona*).
5. Asignar a cada celda el valor de la población correspondiente a la zona a la que pertenece (*Población por zonas*).
6. Obtener el valor de población de cada celda de peso 1, dividiendo los valores de la población de cada zona y la suma total de los pesos de la misma (*Población de la celda de peso unitario en cada zona*).
7. Obtener la población en cada celda, como producto de su peso por la población correspondiente al peso unitario (*Distribución dasimétrica*).

2. 3. Resultados obtenidos mediante la aplicación del método de desagregación descrito a las fuentes de información disponibles.

Los sistemas de información geográfica (SIG) raster posibilitan el empleo de la retícula cuadrada como unidad de almacenamiento de la información, lo que permite la disponibilidad de un gran número de unidades espaciales de pequeño tamaño, a modo de un gran número de puntos de

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", GeoFocus (Artículos), nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

información. Además, seleccionando un nivel de resolución adecuado, un píxel de tamaño reducido posibilita una gran flexibilidad en la medición de las propiedades del espacio urbano, al proporcionar la posibilidad de reconstruir la singularidad de dicho espacio, respecto a la realidad, con mayor margen de maniobra y fiabilidad.

Como información digital de partida, con objeto de llevar a cabo la operación propuesta, se necesita disponer, para los tres momentos de tiempo citados, de la información digital de los usos del suelo, así como de la información demográfica de las unidades censales en formato vectorial. En nuestro caso, para la aglomeración urbana madrileña, hemos empleado la información relativa a la Comunidad de Madrid del CORINE Land Cover, nivel 51, relativa a los años 1990 y 2000, mientras que hemos completado la información anterior, con la correspondiente a un mapa de usos del suelo del año 1978, realizado por Coplaco (Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid), a partir de fotografía aérea, digitalizando la misma, con objeto de identificar fundamentalmente las categorías de uso de suelo urbano. Como información demográfica digital, que tuviera correspondencia con los usos del suelo, hemos utilizado la de los censos de población de 1981 (distritos urbanos); 1991 (secciones urbanas) y 2001 (sectores urbanos). Como puede observarse, no existe una correspondencia total entre las fechas de la ocupación del uso del suelo residencial y las de la distribución de la población.

En el caso de la aglomeración urbana de Granada, se han utilizado las imágenes obtenidas por fotografía aérea de los años 1977, 1990 y 1999, digitalizando la misma, y empleando como información demográfica digital la correspondiente a los distritos urbanos del municipio de Granada y municipios de la región del censo de 1981 y las secciones censales de los años 1991 y 2001. La fotografía aérea de 1977 formaba parte de un vuelo a escala 1:18.000, realizado por el Ministerio de Agricultura en dicha fecha, mientras que los correspondientes a 1990 y 1999 procedían del Mapa digital de Andalucía, comercializado por el ICA, a escala 1: 10.000.

Como entorno de trabajo, se adoptó la aplicación GeoMEDIA™ de Intergraph Corporation. Para ello, se construyó un espacio de trabajo propio de esta aplicación, con sistema de referencia definido por la proyección UTM, huso 30, Datum ED50, desde el que se estableció una conexión con el almacén de datos constituido por las coberturas de unidades censales antes citadas. Se construyó, también, un área de estudio para trabajo con raster, definida de acuerdo con la cuadrícula de los datos CORINE, a la que se incorporó la capa constituida por dichos datos.

El cálculo de los pesos de las diferentes tramas representadas en las imágenes de usos del suelo residenciales (tejido urbano continuo, estructura urbana laxa y urbanizaciones exentas) se obtuvo a partir de un estudio empírico, realizado con sectores urbanos de 2001, homogéneos desde el punto de vista de su tipología edificatoria. En este sentido, se extrajo la información correspondiente a 224 sectores urbanos, de cinco municipios diferentes, pertenecientes al área metropolitana madrileña y homogéneos desde la perspectiva de su trama urbana, cuyas tipologías conocidas podían ser interpretadas como: casco antiguo, manzana cerrada, edificación abierta y edificación unifamiliar. El resultado obtenido puede observarse en la [figura 5](#). Utilizando los valores medios de las distribuciones respectivas, se extrajeron los valores de las densidades medias,

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

identificando el tejido urbano continuo como el valor medio de las categorías de casco antiguo y manzana cerrada; la estructura urbana laxa con la edificación abierta; y las urbanizaciones exentas con la edificación unifamiliar. Los resultados obtenidos para los pesos fueron los representados en la tabla adjunta:

| categorias | pesos |
|------------------------|-------|
| Tejido urbano continuo | 5,5 |
| Estructura urbana laxa | 8 |
| Urbanizaciones exentas | 1 |

El resultado de la trasferencia demográfica del volumen de la población a las zonas ocupadas por la función residencial, puede observarse en la [figura 6](#), [figura 7](#) y [figura 8](#), correspondientes a los tres años de referencia, reclasificadas de acuerdo a los intervalos de densidad que se muestran (inferior a 50 hab./Ha; entre 50 y 100 hab./Ha; entre 100 y 200 hab./Ha; entre 200 y 300 hab./Ha y más de 300 hab./Ha).

3. Evolución de las estructuras urbanas de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada entre 1981 y 2001. Aparición de algunos rasgos del modelo de ciudad dispersa.

En la región urbana de Madrid, el centro de la ciudad está rodeado por dos coronas metropolitanas concéntricas, formadas en dos etapas sucesivas durante el proceso de conformación del modelo metropolitano más puro. El resto del espacio se articula a través de los ejes radiales de transporte por carretera que lo conectan con el espacio central, de forma que se está generando un tejido residencial extensivo, cada vez a mayor distancia del espacio central. Se trata, por tanto, de una ciudad compleja, diversa, discontinua, policéntrica y también en parte dispersa.

En el caso de Granada, la descentralización de su población no presenta unos rasgos tan definidos, debido a la conformación de un modelo metropolitano, caracterizado por una periferia urbana de menor entidad. De cualquier manera, se observa, igualmente, la suburbanización progresiva de parte del tejido residencial, organizado en torno a los ejes de comunicación por carretera y a los núcleos urbanos situados en la proximidad al centro de la metrópoli, que han experimentado un fuerte proceso de aglomeración, en muchos casos a través de fenómenos de conurbación entre diversos municipios. Así mismo, algunos municipios rurales, situados a mayor distancia, han llegado a convertirse en lugares de segunda residencia, generando un tejido extensivo de menor densidad edificatoria (Aguilera Benavente, 2008).

En ambos casos, este proceso de suburbanización-descentralización puede interpretarse, al menos teóricamente, a partir de dos modelos básicos alternativos, el disperso y el policéntrico, con sus propios factores explicativos. En el primero, el centro pierde población y empleo, empujado por el elevado precio del suelo, la caída en los costes de transporte y los problemas de congestión, dando como resultado un proceso de ocupación del suelo periférico, mediante asentamientos fragmentados y poco densos. En el segundo, la pérdida de economías de aglomeración en las áreas

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

centrales se ha visto compensada por la aparición de concentraciones periféricas o subcentros, ya sean formaciones espontáneas o reguladas (García López, 2008).

Una primera ojeada comparativa de la estructura de la distribución demográfica de la población, en los tres momentos señalados, permite observar dicha tendencia y la existencia de varios elementos clave que estructuran el territorio. En primer lugar, podríamos destacar el CBD de la ciudad central, como elemento organizador fundamental, circunstancia que se pone de manifiesto en la gradación decreciente de la densidad poblacional existente desde el centro de la metrópoli a la periferia. En segundo lugar, la formación de núcleos secundarios de poblamiento durante el proceso de formación metropolitana (bastante visible, en el caso de Madrid, en los municipios de la malla del sur, integrada, fundamentalmente, por los municipios de Getafe, Leganés, Alcorcón, Móstoles, Fuenlabrada, Parla y Pinto, y el corredor del Henares, integrado por los municipios de Coslada, San Fernando de Henares, Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares) ha transformado estos subcentros en nuevos núcleos organizadores del crecimiento urbano posterior. Además, las carreteras principales (en este caso, consideramos, de forma exclusiva, las autovías de salida de Madrid y Granada) se han convertido, durante estos años, en elementos vertebradores del desarrollo urbano de cada ciudad, al atraer, en su proximidad, por la importancia de la accesibilidad en la localización relativa de los usos del suelo, la implantación de las funciones urbanas más importantes (entre ellas la función residencial). Finalmente, puede observarse, en el caso de la región madrileña, una clara diferenciación sectorial en el desarrollo urbano de las zonas norte y oeste de la ciudad, estructuradas en torno a las autovías A1 y A6 (carreteras de Burgos y La Coruña), respecto a las zonas este y sur.

Vamos a considerar, por tanto, estos cuatro factores fundamentales en la organización del crecimiento urbano de Madrid y Granada, que pueden servir de base para cuantificar la evolución de la estructura de ambas aglomeraciones urbanas, medida, tanto por la localización relativa de la población como por la tipología de la vivienda: la distancia al centro principal, la distancia relativa a los subcentros metropolitanos, la proximidad a las principales vías de comunicación por carretera y el sector de la ciudad en el que el mismo tiene lugar.

3. 1. La medición de los factores básicos de la estructura residencial

Las medidas de accesibilidad espacial más utilizadas son las distancias que separan cada lugar de los principales centros de referencia: centro (CBD), subcentros y vías de transporte. La influencia de cada una de estas concentraciones vendría medida por su parámetro estimado, denominado gradiente de densidad, así como por su nivel de significación. Normalmente, se asume que la densidad de población (o su logaritmo) sigue una función exponencial con la distancia. Así, como se muestra en la [figura 9](#), se podría comparar, para dos o más momentos distintos en el tiempo, la variación de la densidad de población de acuerdo a la distancia al centro urbano principal de la ciudad. Esta medición podría extenderse a la realizada desde los subcentros, así como de las principales vías de comunicación por carretera de la ciudad.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

Para aplicar este procedimiento a la información digital elaborada, hemos utilizado determinados módulos disponibles en el SIG, que permiten la medición del volumen de población dentro de un buffer o área de proximidad a un elemento estructurante (punto, en el caso de un centro o subcentro urbano; y línea, en el caso de una carretera o vía de comunicación urbana) a una distancia dada, como suma de los volúmenes de población parciales existentes en cada uno de los píxeles comprendidos dentro de dicha zona de proximidad.

3. 1. 1. Gradiente de densidad desde el centro de cada metrópoli

La aparición de ciertos rasgos, tendentes a la dispersión en la aglomeración urbana de Madrid puede comprobarse, con facilidad, si comparamos la evolución de la superficie de suelo residencial ocupada entre los años 1981, 1991 y 2001. Proporcionalmente, a medida que ha pasado el tiempo, el incremento de suelo residencial ocupado ha crecido más a mayor distancia del centro de la metrópoli ([figura 10](#)). Esta tendencia se mantiene en el caso de Granada, aunque puede observarse que la descentralización del tejido residencial ha sido sensiblemente inferior en el último período 1991-2001, respecto al periodo anterior 1981-1991 ([figura 11](#)). Este hecho se encuentra relacionado con el fuerte impulso experimentado por la ocupación urbana asociada al fenómeno de la segunda residencia, por parte de las clases medias, y a una desaceleración del mismo en el periodo posterior (Matarán, 2005).

Esta transformación del suelo no urbano a residencial ha seguido la tendencia típica del modelo de ciudad dispersa. Estamos asistiendo, actualmente, a que la descentralización de determinadas actividades en el territorio se traduce en un incremento espectacular del consumo de suelo, una de las manifestaciones más claras del fenómeno del "sprawl", que conlleva un consumo exagerado de determinados recursos como el suelo y la energía, amén de los problemas de contaminación consecuentes. Por ello, no es de extrañar que la población, aunque se haya ido localizando en áreas cada vez más periféricas, no ha influido en variaciones espectaculares de la densidad de población. El crecimiento residencial no ha venido justificado, por tanto, por el crecimiento poblacional en las dos áreas de estudio, lo que muestra un uso cada vez más extensivo del territorio por parte de la ciudad, que consume cada vez más recurso de suelo, con el consiguiente incremento de la insostenibilidad metropolitana (Rueda, 2005). Esta tendencia se pone de manifiesto en la existencia de un gradiente de densidad poblacional claramente descendente con la distancia y en la escasa variación del mismo a través de los años, salvo en la primera corona metropolitana, como consecuencia de la pérdida de peso demográfico de los centros urbanos ([figura 12](#)).

3. 2. Gradiente de densidad desde los principales subcentros metropolitanos

Existen trabajos recientes, de naturaleza cuantitativa (García y Muñoz, 2005), donde el policentrismo se incluye como una de las dimensiones de la dispersión. Significa ello que el fenómeno de la dispersión en el territorio tiene lugar en fases, de manera, que al gradiente de

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

dispersión más puro del CBD de una ciudad, se sobrepone la estructura policéntrica, para originar nuevos gradientes a considerar con el anterior ([figura 13](#)).

En el caso de la aglomeración urbana madrileña, el modelo urbanístico, fruto de un largo periodo de maduración, se caracteriza por la existencia de un conjunto de núcleos urbanos secundarios, que surgieron en el momento de la consolidación del modelo metropolitano tradicional. Cada uno de estos subcentros, situados a una distancia de entre 20 y 40 kilómetros, respecto del municipio central, están formados por un elevado porcentaje del suelo urbano bajo la forma de casco antiguo y ensanche, al que se ha unido en los últimos tiempos un relativo porcentaje de viviendas unifamiliares y polígonos de vivienda.

El gradiente de densidad de población desde cada subcentro sigue una línea decreciente, como en el caso del CBD, cuya variación se halla fuertemente influenciada por la situación en el sector geográfico correspondiente. Así, en la [figura 14](#), mostramos la evolución de dicho gradiente para los municipios de Leganés y Pozuelo de Alarcón, situados, respectivamente, en los sectores sur y oeste de la Comunidad de Madrid.

La principal conclusión que puede extraerse de ambas imágenes es que la disminución de densidad poblacional en ambos municipios sigue patrones bastante diferenciados, según el territorio donde el desarrollo haya tenido lugar. Así, en el municipio de Leganés, que se caracteriza por su mayor índice de compacidad, el gradiente de densidad sigue un pronunciado descenso con la distancia, que refleja, sin embargo, un crecimiento periférico limitado, fruto de determinadas operaciones urbanísticas de baja densidad, que han tenido lugar a una distancia prudencial del centro. Por el contrario, Pozuelo de Alarcón destaca por el crecimiento del suelo urbano en todo el límite municipal, consecuencia de una dispersión pronunciada de las nuevas urbanizaciones residenciales.

A modo de ejemplo, para el año 2001, podemos comprobar como el gradiente de densidad demográfica se acomoda con mayor facilidad a una curva, en el caso del municipio de Leganés, como consecuencia de la concentración de la población en el centro del núcleo urbano y su descenso paulatino con la distancia, con un índice de correlación que supera el valor del 95%, que en el caso de Pozuelo de Alarcón, debido a los vaivenes de la densidad de población respecto a la distancia al centro, fruto de la ocupación residencial por la mayor parte de su territorio ([figura 15](#)).

La realidad de los centros metropolitanos del área metropolitana de Granada muestra como, en los municipios de Santa Fe y Albolote, el crecimiento de la densidad con la distancia ha evolucionado con un nivel de intensidad muy inferior, consecuencia de una manifestación muy limitada del modelo de ciudad dispersa. La [figura 16](#) recoge, a este respecto, la evolución de la densidad poblacional de los municipios de Santa Fe y Albolote entre 1981 y 2001.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", GeoFocus (Artículos), nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

3. 3. Gradiente de densidad desde las principales carreteras de la región

El factor de la movilidad es considerado por la mayoría de los autores como el factor clave de las transformaciones acaecidas en los espacios urbanos contemporáneos, de acuerdo al modelo disperso y fragmentado de la ciudad al que nos venimos refiriendo. El incremento de la movilidad, que hace posible un sistema de transporte en proceso de evolución constante, permite relacionar espacios internos de la ciudad, cada vez más alejados entre sí, estimulando la dispersión de las actividades en el espacio. De esta manera, la red se convierte en un factor básico estructurador del territorio.

Como consecuencia, las nuevas periferias de las ciudades occidentales ocupan cada vez zonas más extensas y albergan cada vez más población y actividad económica, produciendo estructuras funcionales de complejidad creciente. La población y las actividades se dispersan por el territorio y el crecimiento de las metrópolis, apoyado en la red viaria (difusión reticular), supera los límites de las áreas metropolitanas (periurbanización) (Dematteis, 1998).

Este hecho puede ser comprobado, en nuestro caso, si analizamos, en primer lugar, la incidencia de la evolución del sistema de transporte en la organización de la aglomeración urbana madrileña. La localización actual de la vivienda, respecto a las vías de transporte, puede explicarse por distintos factores. En primer lugar, la función residencial tiende a situarse en la proximidad de las carreteras, debido a la búsqueda de una mayor accesibilidad y relación con el resto del territorio, lo que produce un incremento de la densidad de la población en los márgenes más cercanos a éstas ([figura 17](#)). En este sentido, hemos tomado, exclusivamente, en consideración las vías radiales principales de la ciudad y las de circunvalación del interior (M30, M45, M50, etc.). Este principio se suma al más general de que una buena parte del nuevo tejido residencial se localiza en la periferia de la ciudad, por el reducido coste del precio de suelo suburbano.

Pero, además, debemos considerar que el principio de dispersión es responsable de que una buena parte del nuevo tejido residencial se extienda por todo el territorio, apoyado en vías de transporte secundarias, lo que explica la existencia de un valor superior de la densidad de población, con el paso de los años, en los buffers situados a mayor distancia (tabla de la [figura 17](#)). Este hecho se halla en consonancia con la distribución del nuevo suelo residencial respecto a dichos buffers, más alejado de las vías principales en el periodo 1991-2001 que en el 1981-1991 ([figura 18](#)).

En el caso de Granada, la edificación residencial de las áreas situadas en la proximidad de las carreteras más importantes (las vías principales cercanas a la ciudad: A92, A44, A338 y N432), a menos de 500 metros, es inferior a la localizada en el segundo buffer (entre 500 y 1000 metros). A más distancia, la distribución de densidades sigue una progresión descendente. Como en el caso de la estructura respecto al centro de la metrópoli, el crecimiento del porcentaje de suelo residencial fue mayor en el primer periodo 1981-1991, respecto al periodo 1991-2001, como puede deducirse de la variación de los porcentajes de superficie residencial de 1981, 1991 y 2001, respecto a la distancia a las carreteras ([figura 19](#)), debido a la mayor actividad edificatoria del "boom" inmobiliario de aquellos años.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

3. 4. Diferenciación del gradiente de densidad por sectores

En el caso de Madrid, la conformación metropolitana de los años sesenta y setenta del pasado siglo se caracterizó por la construcción masiva de viviendas en las áreas del este y suroeste de la periferia urbana, con bajas calidades de edificación y ausencia de equipamientos y servicios, que conformó una oferta residencial dirigida a las clases trabajadoras que inmigraron, masivamente, del entorno rural a la capital. Esta realidad, apenas se vio compensada por el crecimiento de otras periferias urbanas, sobre todo en el sector oeste.

Esta situación cambió, de manera radical, a partir de 1980, convirtiéndose el área oeste de la aglomeración madrileña en zona preferente de la nueva localización de la vivienda. Esta zona aparece formada por un conjunto de núcleos urbanos, estructurados a lo largo del eje viario de la carretera de La Coruña, que han experimentado un crecimiento espectacular de la población durante los últimos años (413% en sólo 20 años, de 1981 a 2001), como consecuencia del movimiento periférico de la población de mayor nivel de renta hacia áreas de hábitat suburbano, en residencias de tipo unifamiliar. Mientras, los municipios del sur y este ralentizaron su crecimiento urbano, apenas modificado por promociones de vivienda de una cierta calidad (Getafe Norte, Sector III, etc.), con un índice de dispersión mucho más reducido.

Estas circunstancias se ponen de manifiesto al analizar los resultados obtenidos si comparamos los sectores oeste y sur, quizás las dos áreas de crecimiento urbano más contrastadas. En el primero de los casos, la superficie ocupada por la función residencial es bastante superior a la que tiene lugar en los municipios de la malla sur de la comunidad madrileña ([figura 20](#)). Así, podemos observar, que la superficie ocupada en el oeste duplica la del sector sur. Esta realidad se pone de manifiesto si comparamos las densidades de población con la distancia ([figura 21](#)).

Esta situación no se refleja de igual forma en la realidad urbana de Granada, donde no ha existido una variación tan contrastada en su desarrollo urbano sectorial. En realidad, el crecimiento residencial ha tendido a ocupar el margen oeste de la ciudad y a rellenar algunos de los vacíos existentes en ciertas áreas. Así, aparecen crecimientos dispersos en los municipios más cercanos, especialmente en la zona sur del término municipal de Ogíjares, o en la zona norte, con la aparición de algunas zonas residenciales asociadas a núcleos consolidados o bien independientes de los mismos (Aguilera Benavente, 2008).

4. Conclusiones

Los resultados presentados muestran la existencia de ciertos rasgos descentralizadores de la función residencial en las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada, en consonancia con el modelo de la ciudad dispersa. En ambos casos, podría afirmarse que el nuevo crecimiento de la vivienda, acaecido entre 1981 y 2001, ha seguido determinadas pautas, pudiéndose distinguir una serie de factores explicativos de la localización preferente que han tenido como consecuencia la

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

organización del tejido residencial en torno a determinados elementos estructuradores del territorio (centro de la metrópoli, subcentros metropolitanos y vías de comunicación por carretera).

En el caso de Madrid, además del policentrismo de su sistema urbano, consolidado en la etapa anterior, junto al papel que desempeñan las vías de comunicación por carretera, verdaderos ejes vertebradores del desarrollo de la ciudad, habría que tener presente el fenómeno de la dispersión más pura, cuya realidad ha tenido lugar preferentemente en el sector oeste de la Comunidad de Madrid, circunstancia que no se ha visto reflejada en la realidad urbana de Granada.

En consecuencia, cualquier prospección a realizar sobre el modelo de crecimiento de ambas ciudades en el futuro debería tener muy presente los factores descritos, de manera que en la posible simulación del mismo se cuantificaran los patrones del desarrollo urbano de acuerdo a los valores empíricos obtenidos.

Agradecimientos

Los resultados de este trabajo proceden del proyecto de investigación "Principales mecanismos explicativos del desarrollo fragmentado y difuso de la ciudad actual. Aplicación al estudio detallado de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada" (SEJ 2007-66608-604-03), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Dicho proyecto comenzó a desarrollarse el año 2007 y concluye en el próximo año 2011.

Referencias bibliográficas

- Aguilera Benavente, F. (2008): *Análisis espacial para la ordenación eco-paisajística de la aglomeración urbana de Granada*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 304 pp.
- Bonilla, R. y Rosero, L. (2008): "Rasterización de los censos de población y vivienda de 1973, 1984 y 2000", en Rodríguez, A. y Saborío, M. (Eds.): *Lo rural es diverso: evidencia para el caso de Costa Rica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, pp. 135-151.
- Dematteis, G. (1998): "Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas", en *La ciudad dispersa: suburbanización y nuevas periferias*, F. J. Monclús (Ed.). Centro de Cultura Contemporánea. Barcelona, pp. 5-15.
- García, M. A. y Muñiz, I. (2005): *Descentralización del empleo: ¿compactación policéntrica o dispersión? El caso de la región*. Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona.
- García López, M. A. (2008): "Quince años de suburbanización en la Barcelona metropolitana, ¿se está dispersando la población?", *Investigaciones Económicas*, Universidad Autónoma de Barcelona, vol. XXXII, pp. 53-86.
- León Rodríguez, R. (2008): *Ciudades inseguras, blindaje urbano y simulacro urbanístico*. [Consulta: 15-04-2010]. Disponible en <http://www.insumisos.com/lecturasinsumisas/Ciudades%20inseguras%20y%20blindajes%20urbanos.pdf>

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): “Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

Martin, D. (1996): “An assessment of surface and zonal models of population”, *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 10, nº 8, pp. 973-989. Taylor & Francis, Londres.

Martin, D. y Bracken, I. (1991): “Techniques for modelling population-related raster databases”, *Environment and Planning A* 23, pp. 1065-1079.

Matarán, A. (2005): *La valoración ambiental-territorial de las agriculturas de la costa de Granada*. Universidad de Granada.

Rueda, S. (2005): *Ecología urbana*. Editorial Beta, Barcelona.

Santos Preciado, J. M. y García Lázaro, F. J. (2003): “El método dasimétrico-picnofiláctico: un procedimiento para la desagregación de datos censales”, *IX Conferencia Iberoamericana de SIG*, Universidad de Extremadura, CD-ROM, pp. 1-16.

Spiekermann, K. y Wegener, M. (2000): “Freedom from the tyranny of zones: Towards new GIS-based spatial models”, en Fotheringham, S. y Wegener, M. (Eds.): *Spatial Models and GIS*, pp. 45-61, Taylor and Francis, London.

Suárez Vega, R., Santos Peñate, D. R. y Dorta González, P. (2008): “Generación de un modelo superficial de la población de Gran Canaria”, en Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.): *Tecnologías de la información geográfica para el desarrollo territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria, pp. 183-193.

Tobler, W. R. (1979): “Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions”, *Journal of the American Statistical Association*, 74, pp. 519-530.

FIGURAS

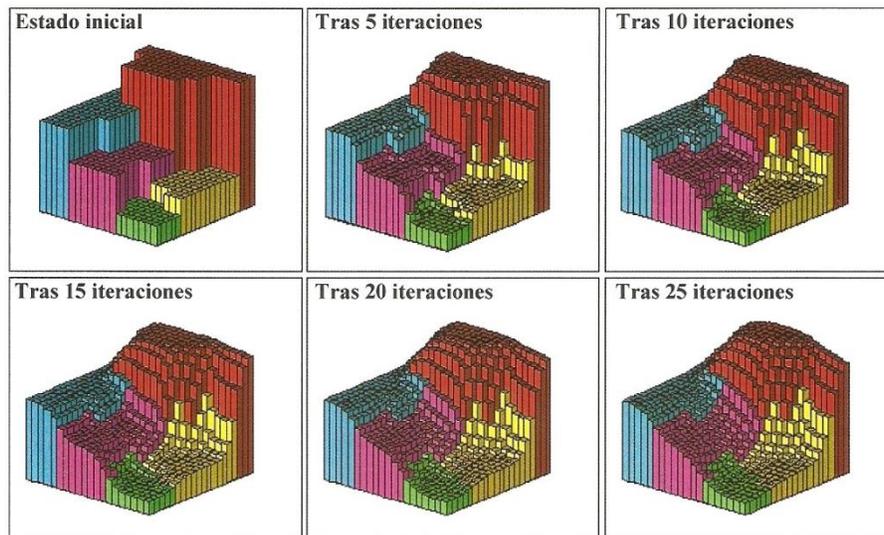


Figura 1. La interpolación picnofiláctica suavizada.

Obtenida de <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/gdp/pop/pycno.html>

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

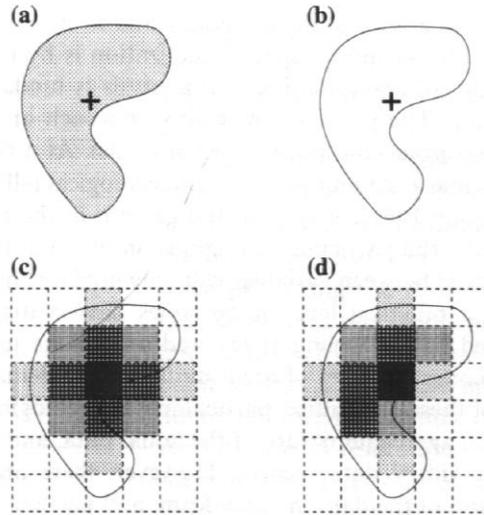


Figure 1. Cartographic representation methods for population counts in a zone: (a) Choropleth, (b) Centroid, (c) Unconstrained surface model, (d) Zone-constrained surface model.

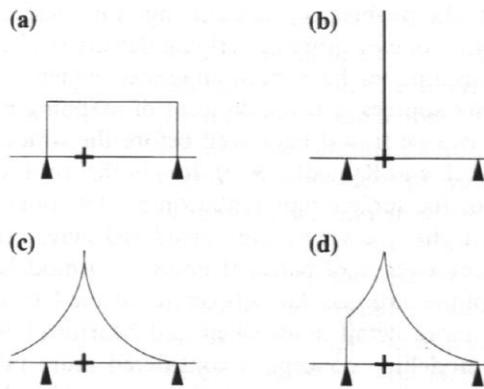


Figure 2. Implied population density functions for methods in figure 1: (a) Choropleth, (b) Centroid, (c) Unconstrained surface model, (d) Zone-constrained surface model.

Figura 2. Fundamento del método de difusión-agregación.

Fuente: Martín (1996).

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

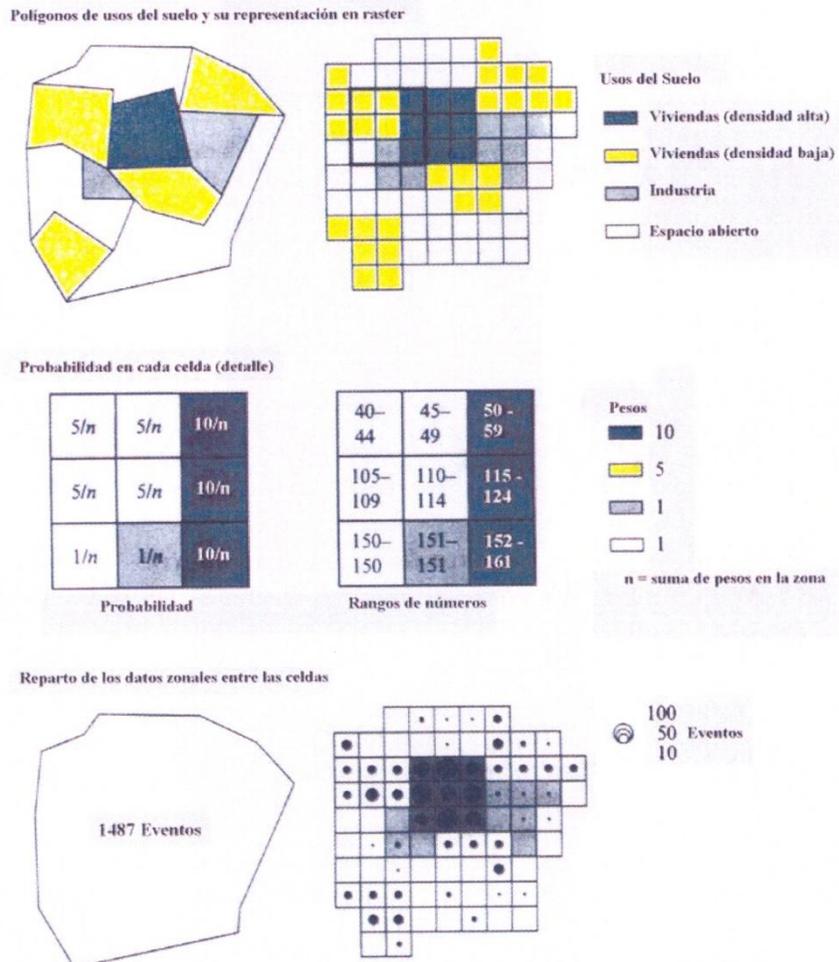


Figura 3. Método de desagregación de Spiekermann y Wegener.

Fuente: Spiekermann y Wegener (2000).

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

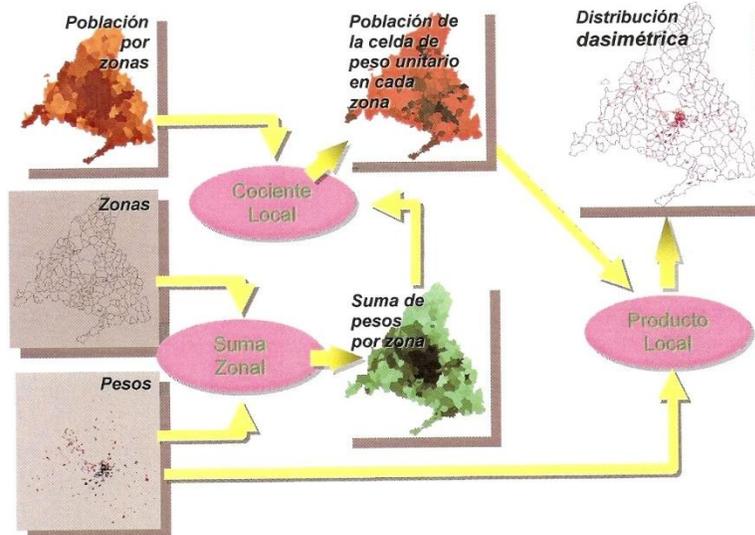


Figura 4. Fases de elaboración del modelo de desagregación espacial de la población.

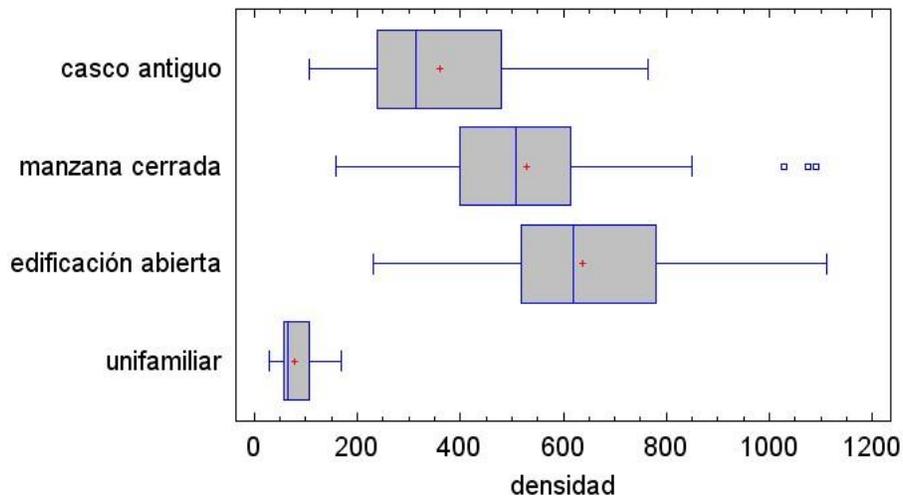


Figura 5. Distribución del valor de la densidad (hab./Ha) según tipología edificatoria.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

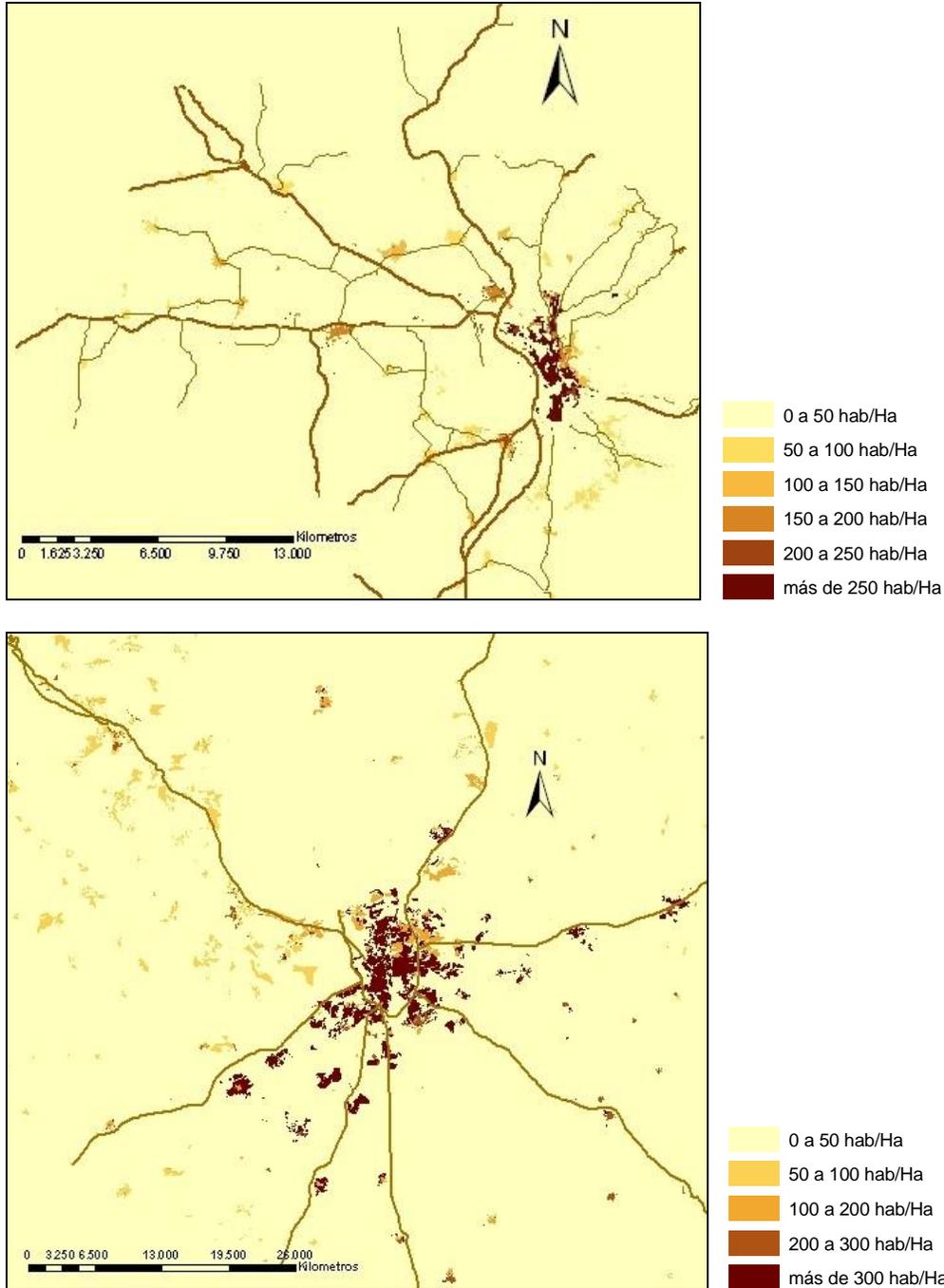


Figura 6. Distribución de la densidad de población en las aglomeraciones urbanas de Granada y Madrid (1981).

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

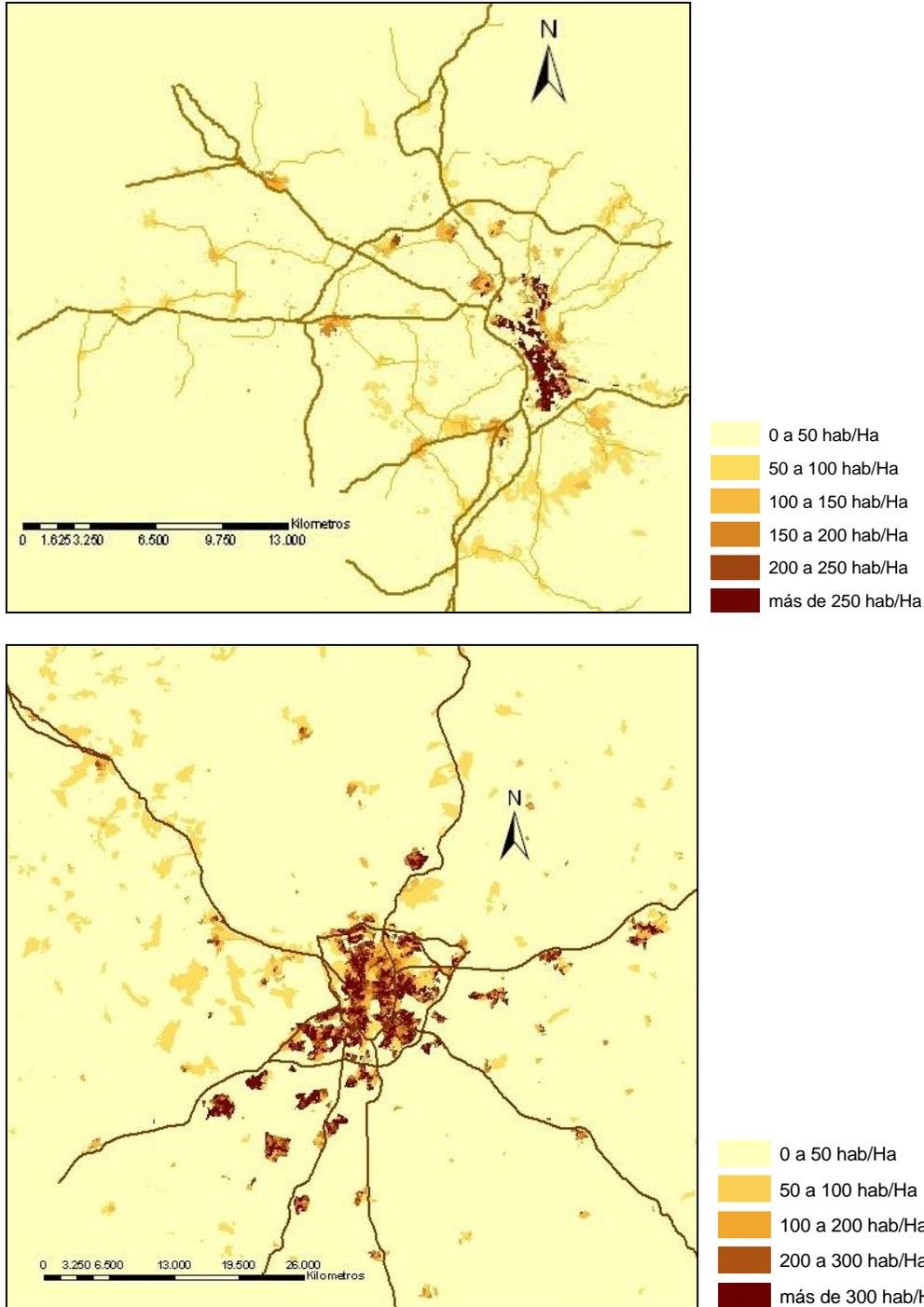


Figura 7. Distribución de la densidad de población en las aglomeraciones urbanas de Granada y Madrid (1991).

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

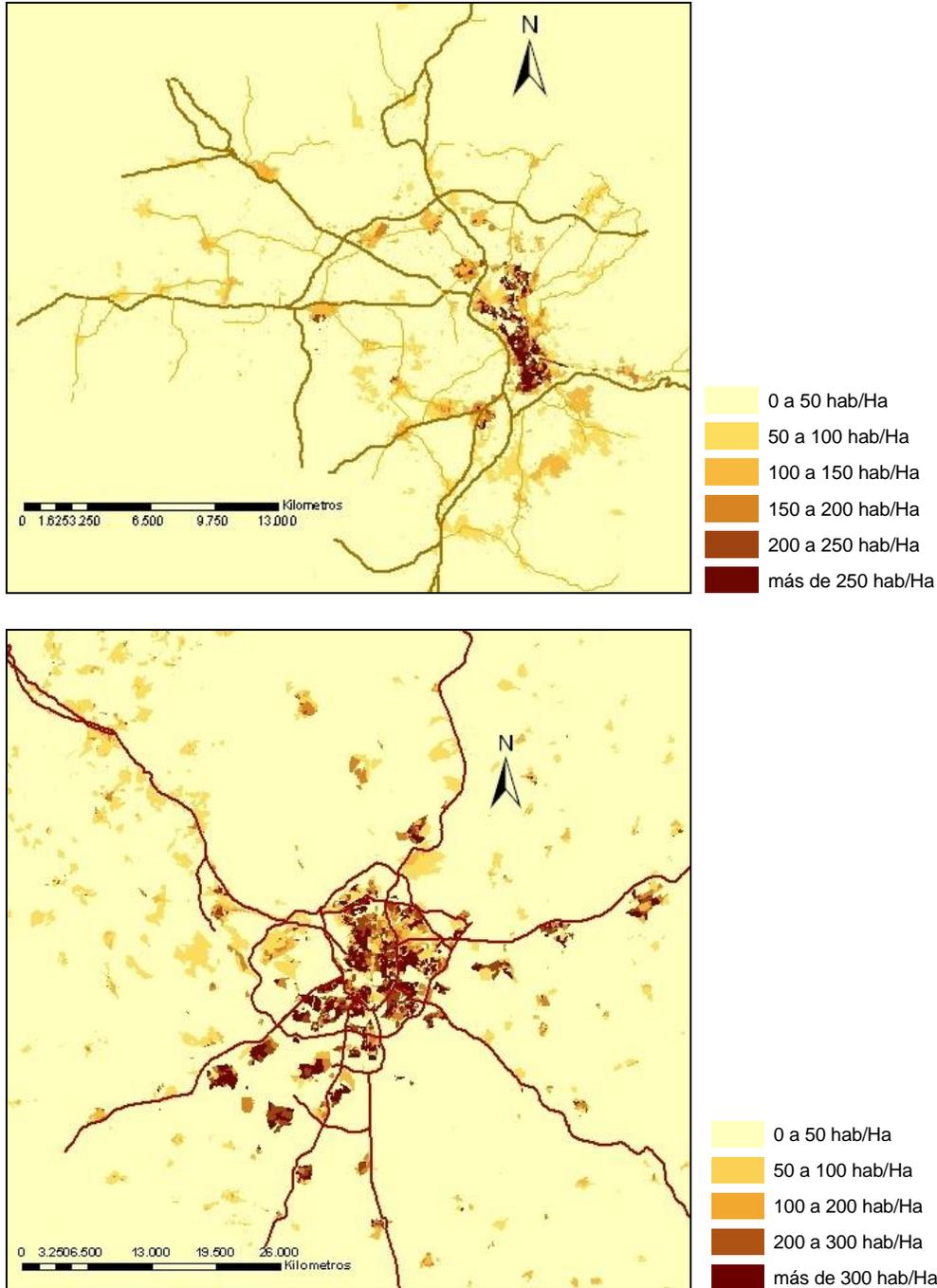


Figura 8. Distribución de la densidad de población en las aglomeraciones urbanas de Granada y Madrid (2001).

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

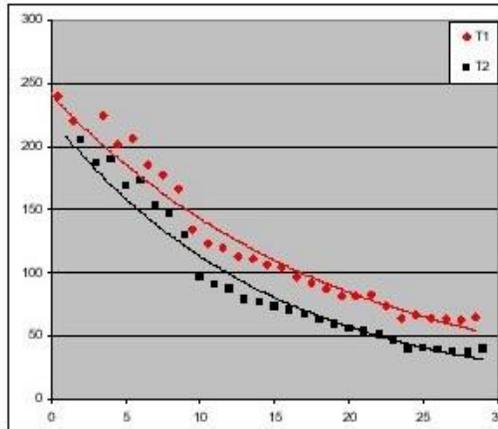


Figura 9. Variación del gradiente de la densidad de población, en dos momentos diferentes en el tiempo, de acuerdo a la distancia al centro urbano.

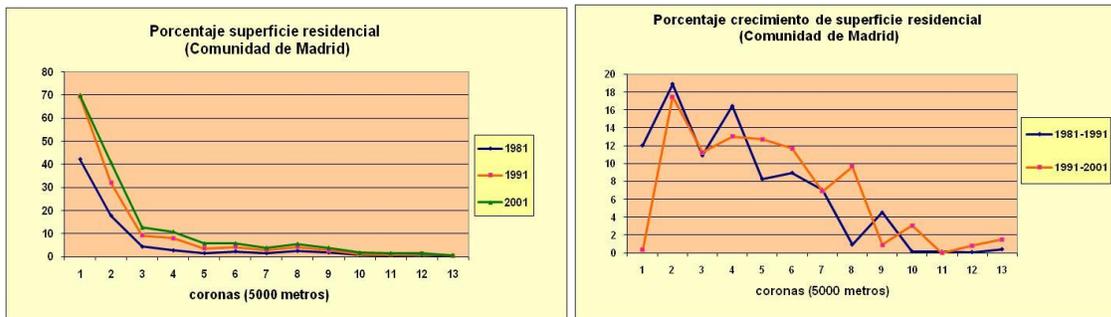


Figura 10. Evolución de la superficie de suelo residencial, en la aglomeración urbana madrileña.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

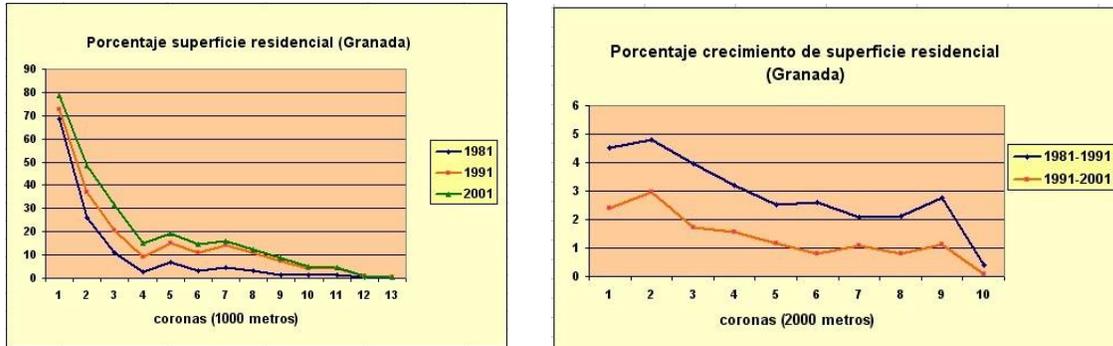


Figura 11. Evolución de la superficie de suelo residencial, en la aglomeración urbana de Granada.

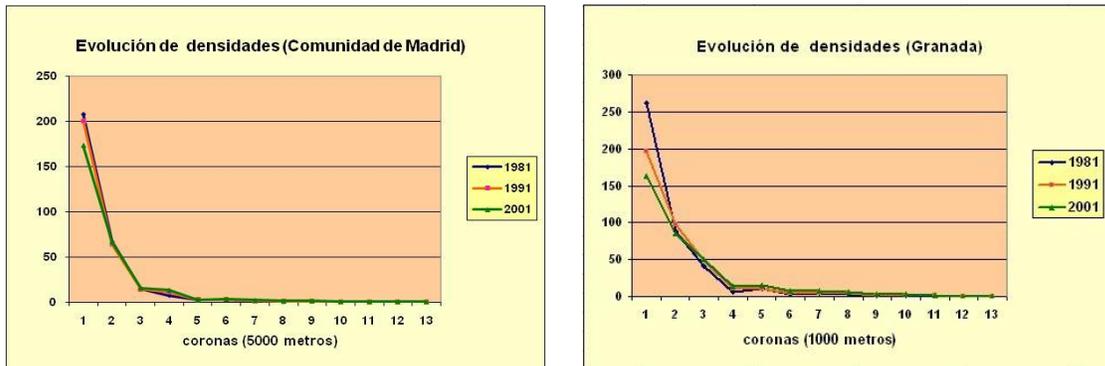


Figura 12. Evolución de la densidad de población (hab./Ha), en las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

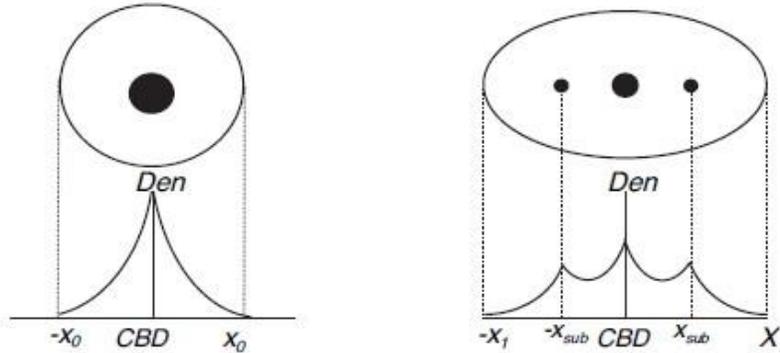


Figura 13. Gradiente de densidad puro, desde el CBD de la aglomeración urbana, y variación del mismo gradiente una vez superpuestos los subcentros.

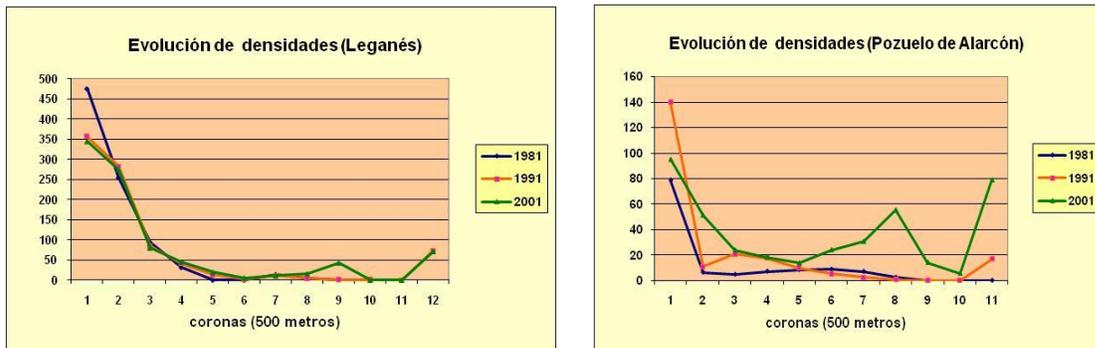


Figura 14. Evolución de la densidad de población (hab./Ha) de los municipios de Leganés y Pozuelo de Alarcón.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

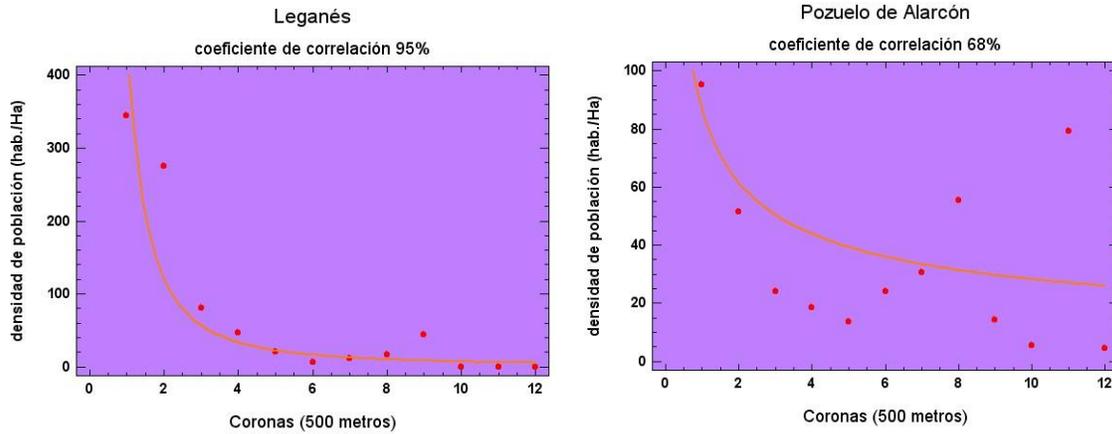


Figura 15. Acomodación a una curva de regresión del gradiente de densidad de población (hab./Ha) de los municipios de Leganés y Pozuelo de Alarcón.

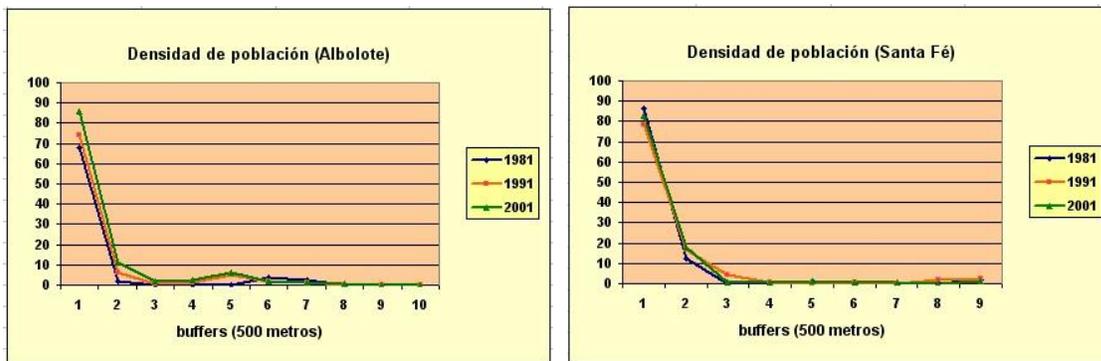


Figura 16. Evolución de la densidad de población (hab./Ha) de los municipios de Santa Fe y Albolote de la aglomeración urbana de Granada.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

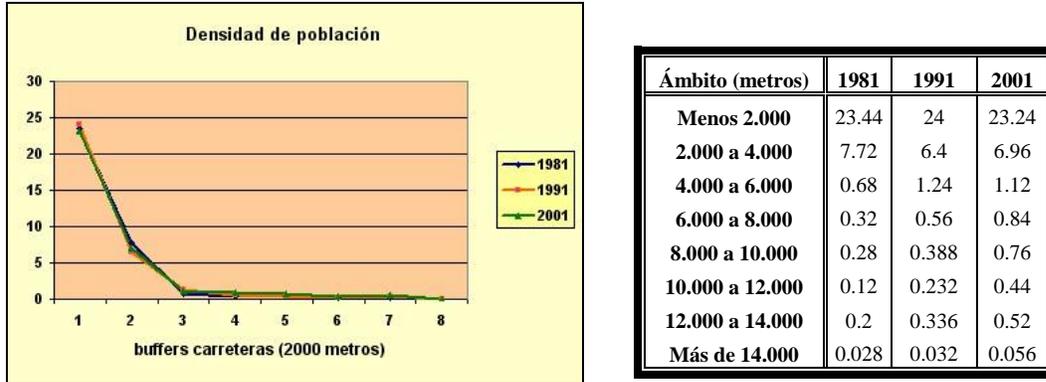


Figura 17. Evolución de la densidad de población (hab./Ha), respecto a la distancia a las principales vías de transporte por carretera de la Comunidad de Madrid.

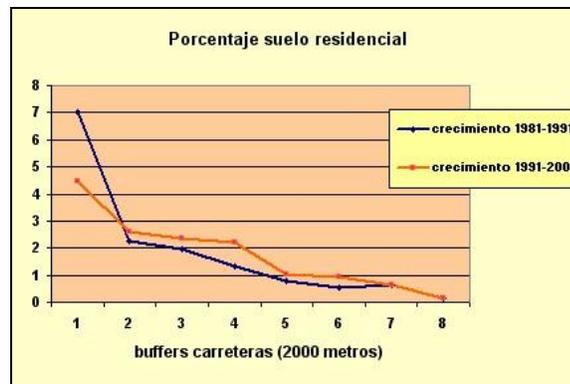


Figura 18. Evolución del porcentaje de crecimiento de suelo residencial en la aglomeración urbana de Madrid, respecto a la distancia a las principales vías de transporte por carretera, en los periodos 1981-1991 y 1991-2001.

Santos Preciado, J. M., Azcárate Luxán, M. V., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. J. y Muguruza Cañas, C. (2011): "Los procedimientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 91-117. ISSN: 1578-5157

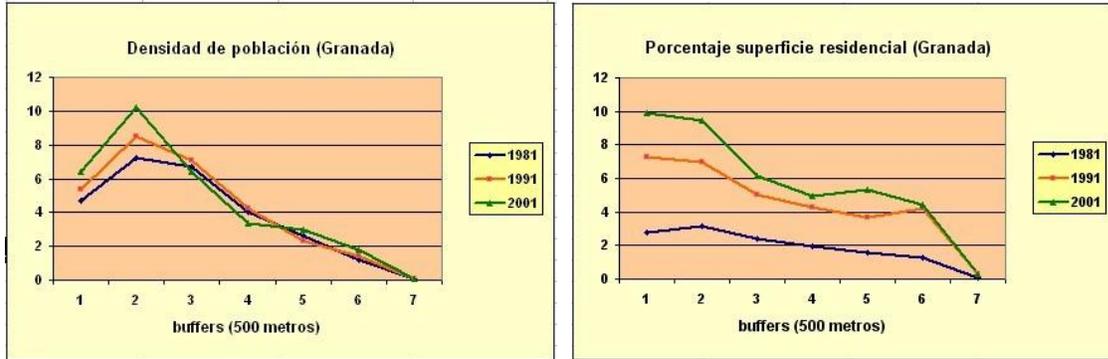


Figura 19. Evolución de la densidad de población (hab./Ha) y porcentaje de superficie residencial, respecto a la distancia a las principales vías de transporte por carretera de la aglomeración urbana de Granada.

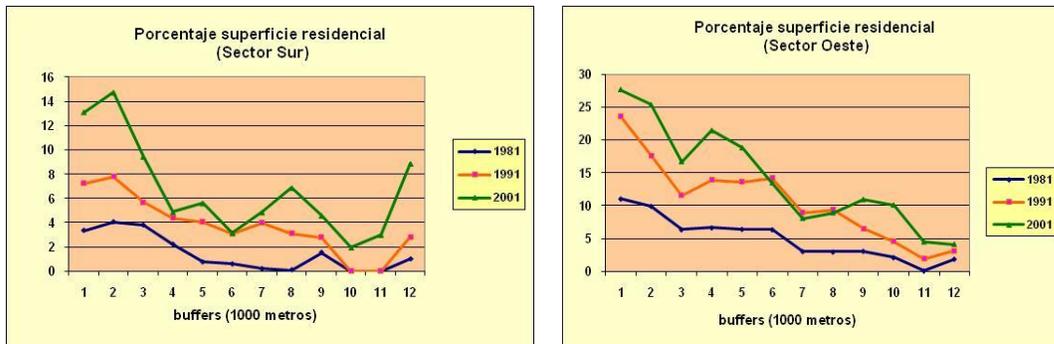


Figura 20. Evolución del porcentaje de la superficie de suelo residencial, por coronas de 1.000 metros, en los sectores sur y oeste de la aglomeración urbana madrileña.

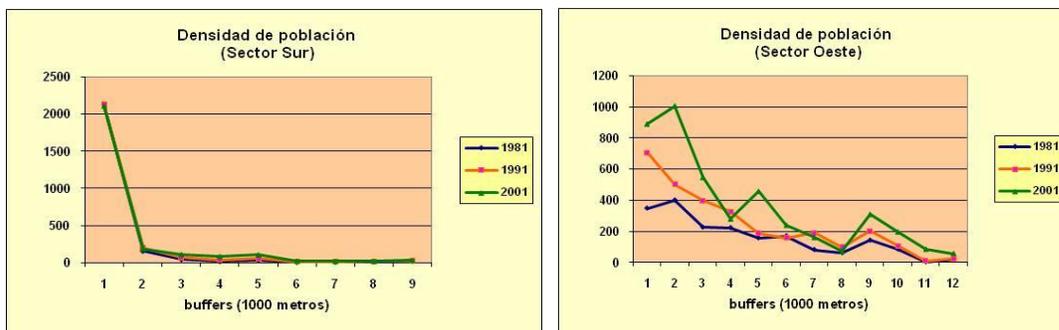


Figura 21. Evolución de la densidad de población (hab./Ha), por coronas de 1.000 metros, en los sectores sur y oeste de la aglomeración madrileña.