

Cocero Matesanz, D., Azcárate Luxan, M.V., García Lázaro, F.J., Muguruza Cañas, C. y Santos Preciado, J.M. (2010): Análisis de la evolución de la estructura espacial del uso del suelo residencial en el área metropolitana madrileña. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 777-787. ISBN: 978-84-472-1294-1

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL USO DEL SUELO RESIDENCIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA MADRILEÑA

David Cocero Matesanz¹, M^a Victoria Azcárate Luxan¹, Francisco Javier García Lázaro², Carmen Muguruza Cañas¹ y José Miguel Santos Preciado¹

(1) Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Paseo de la Senda del Rey 7. 28040 Madrid. (dcocero@geo.uned.es; mazcarate@geo.uned.es; mmuguruza@geo.uned.es; jsantos@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. (franciscojavier.garcialazaro@upm.es).

RESUMEN

El trabajo que presentamos pretende mostrar la selección, aplicación e interpretación de un conjunto de índices de la Ecología del Paisaje, ciencia estrechamente vinculada con la Geografía desde su nacimiento, con el fin de establecer una serie de indicadores útiles para la monitorización y seguimiento de los cambios en los patrones de distribución espacial del uso del suelo residencial que han tenido lugar en el área metropolitana madrileña durante los últimos años.

Para ello, se ha llevado a cabo una definición y selección de los índices a emplear, además de discutir su aplicabilidad en los entornos metropolitanos. De todo el conjunto disponible, han sido escogidos un grupo de ellos, para la valoración de la fragmentación, forma/compacidad y aislamiento/dispersión del uso del suelo a estudiar.

Para poder obtener los resultados de cada índice, ha sido necesaria la cartografía digital de la distribución espacial de los usos del suelo residencial en la CAM, en tres momentos temporales diferentes, además de contar con un software para el cálculo de las métricas de análisis de la ecología del paisaje (FRAGSTATS), que opera a partir de capas categóricas en formato raster, analizando los patrones espaciales para cuantificar la estructura del paisaje.

Palabras Clave: área metropolitana, modelo urbano disperso, estructura espacial, ecología del paisaje, FRAGSTATS.

ABSTRACT

This project will try to explain how to choose, apply and understand several Landscape Ecology indicators. Landscape Ecology is a science which is close to the Geography and it establishes appropriate indicators for the close following of changes in the patterns of spatial distribution of the use of residential ground, which has taken place in Madrid metropolitan area in the last decade.

For this purpose, indicators have been defined and selected, as their application on metropolis has been discussed. Of all of the indicators available, a group of them has been chosen, so they could measure the fragmentation, shape/compactness, isolation/dispersion of the land use.

To be able to obtain the results of each indicator, digital cartography of the spatial distribution of the land uses in CAM in three different moments has been applied together with software capable of analysing and calculating metrics in the landscape ecology (FRAGSTATS) which operates on categorical layers in a raster format, analyzing spatial patterns so the landscapes structure can be quantified.

Key Words: *Metropolitan area, disperse urban model, spatial structure, landscape ecology, FRAGSTATS.*

INTRODUCCIÓN

El origen de la ecología del paisaje presenta una estrecha relación con la geografía, pues esta disciplina científica fue definida por un geógrafo, Carl Troll, que, a finales de la década de 1930, empleó por vez primera la expresión "landscape ecology". Hoy en día, podemos afirmar que la ecología del paisaje es un enfoque científico de carácter multidisciplinar, con una aportación fundamental de la geografía y la ecología. Esta contribución se ha plasmado en la adopción de varios principios y conceptos propios de la ecología para el estudio del paisaje a partir de un análisis predominantemente geográfico, que destaca la variabilidad espacial, escalar y temporal que requiere este tipo de estudios (Vila et al., 2006).

El elemento clave para poder interpretar el paisaje es el concepto de mosaico, dentro del cual se pueden diferenciar tres grandes tipos de elementos: los fragmentos (teselas o manchas), los corredores y la matriz. Los fragmentos son las diferentes unidades morfológicas que se pueden distinguir en el territorio; los corredores son las conexiones existentes entre unas manchas y otras; y la matriz es la suma de fragmentos y corredores.

La distinción entre estos tres elementos abre un extenso abanico de posibilidades de valoración cuantitativa, cuyo fin es analizar la situación en un momento concreto, así como la estimación de los cambios a lo largo del tiempo y su incidencia paisajística, ecológica, etc. (Vila et al., 2006).

Podemos agrupar los resultados de la aplicación de los métodos cuantitativos en ecología del paisaje en los denominados «índices de paisaje», que aportan interesantes datos numéricos sobre la composición y la configuración de los paisajes, la superficie y la forma de sus elementos o la proporción de cada cubierta del suelo. Por otro lado, nos van a permitir comparar diferentes configuraciones paisajísticas, la misma zona en distintos momentos temporales o definir escenarios futuros (Gustafson, 1998).

Estos métodos cuantitativos en ecología del paisaje pueden ser aplicados a un triple nivel (McGarigal y Marks, 1995; Botequilha et al., 2006): a) fragmento (manchas), en el que los cálculos se aplican a cada fragmento de manera individual; b) clase (usos), donde los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase (por ejemplo, a aquellos que representan el mismo tipo de uso del suelo), y c) paisaje, donde los cálculos se aplican a todos los fragmentos y clases a la vez.

A su vez, estos mismos autores, diferencian entre cinco grandes tipos de índices de paisaje: a) índices de área, superficie, densidad y variabilidad; b) índices de forma; c) índices de ecotono y hábitat interior; d) índices de distancia, vecindad y conectividad, y e) índices de diversidad del paisaje.

La ecología del paisaje y su aplicación a los estudios urbanos

Según Aguilera (2008), la exploración de las características espaciales a través de un conjunto de métricas o índices de análisis espacial nos va a permitir establecer una serie de indicadores válidos para la monitorización y seguimiento de los cambios en los patrones de ocupación urbana que tienen lugar en las áreas metropolitanas. Así, en varios trabajos, se presentan los índices de análisis espacial como un instrumento útil en la planificación y seguimiento de los procesos de cambio metropolitano (Franco et al., 2005; Luca, 2007; Prato, 2007).

Este tipo de índices, dado que se utilizan para medir características espaciales que tienen que ver con la fragmentación, forma, aislamiento, conectividad, compacidad y elongación, etc., también pueden ser empleados para identificar y definir las propiedades espaciales de otro tipo de paisajes (Mateucci y Silva, 2005), especialmente los urbanos (Herold et al., 2005).

Así, sería posible aplicar los índices de paisaje para identificar las características espaciales de las áreas urbanas, complemento de las estadísticas de ocupación de los usos del suelo, habitualmente los únicos instrumentos empleados en la cartografía y valoración de los cambios de los mismos (Herzog y Lausch, 2001). Este tipo de métricas aportan nuevas posibilidades de análisis de los patrones de ocupación (Alberti, 1999), las formas de ocupación urbana (Herold *et al.*, 2003), escenarios futuros (Franco *et al.*, 2005) y los resultados de los modelos de simulación (Berling-Wolf y Wu, 2004).

Siguiendo a Aguilera (2008), podemos señalar que existe una serie de trabajos que plantean la aplicación de estas métricas para el análisis de entornos urbanos (Geoghegan *et al.*, 1997; Alberti y Marzluff, 2004; Mateucci y Silva, 2005), por lo que podemos pensar que estos índices son un instrumento válido para la valoración de los cambios en los patrones de ocupación urbana que tienen lugar en las áreas metropolitanas.

ZONA DE ESTUDIO

La Comunidad de Madrid se encuentra localizada en el centro de España, limitando con las provincias de Guadalajara, Cuenca, Toledo, Ávila y Segovia. Está dividida en 179 términos municipales, con una superficie de 8.025 km² (figura 1). Su población estimada es de algo más de seis millones de habitantes, gran parte de la cual se concentra en el área metropolitana, con algo más 5 millones y medio de habitantes, que suponen un 93,25% de la población total de la Comunidad de Madrid concentrada en un 33,5% de su territorio.

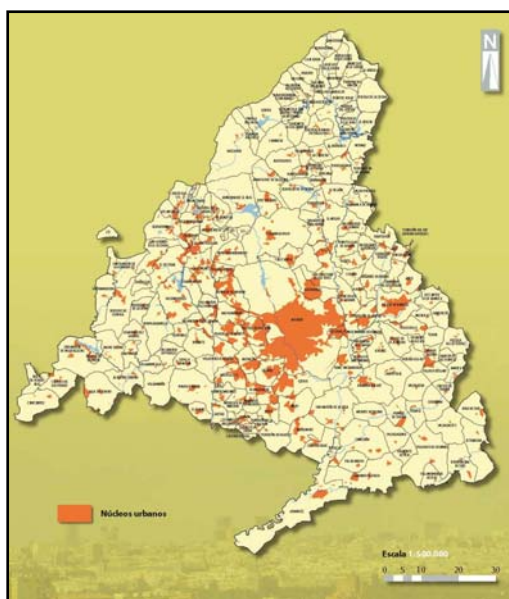


Figura 3. Mapa de términos municipales de la CAM. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2004).

La presión demográfica sobre el territorio es de las más elevadas del país, con una densidad de población media en la Comunidad de 743,47 habitantes/km², casi nueve veces superior a la media nacional. Sin embargo, este dato de densidad media no refleja las grandes diferencias de ocupación dentro del territorio regional, que en el caso de la zona centro y la corona metropolitana supera los 1.000 hab/km², mientras que en la sierra norte se sitúa en 23,52 hab/km² (figura 2).

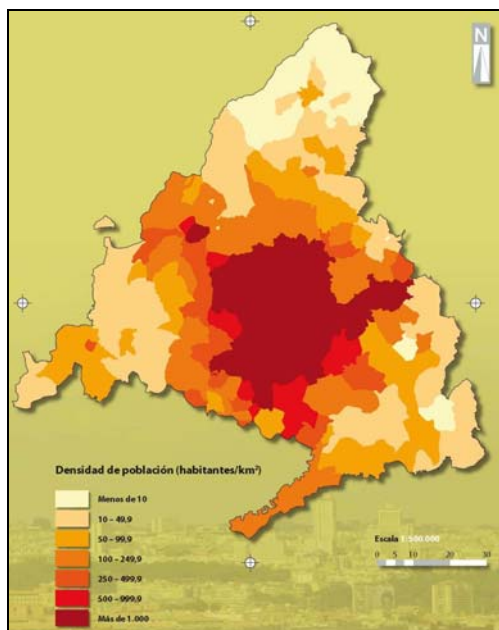


Figura 2. Densidad de población de la CAM (hab/km²). Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2004).

METODOLOGÍA

La selección de una serie de índices para la valoración del cambio urbano

Para poder aplicar los índices de paisaje es necesario llevar a cabo un proceso de selección de los mismos, puesto que el número existente de ellos es muy amplio (Botequilha y Ahern, 2002). Algunos autores señalan que muchos de los índices son redundantes (Li y Wu, 2004), ya que todos derivan de un conjunto de medidas primarias, como son el tipo de fragmento, el área del mismo o los bordes y la vecindad (Botequilha *et al.*, 2006). Por todo ello, como señala Aguilera (2008), no existe un conjunto de métricas comúnmente aceptado para su empleo en estudios de fenómenos urbanos, puesto que el significado de cada métrica puede variar en función de las características del paisaje a estudiar.

Así pues, de todo el conjunto disponible, hemos seleccionado una serie de ellas para valorar las características espaciales de un uso del suelo concreto, en lo que respecta a fragmentación, forma/compacidad y aislamiento o dispersión, en función de la capacidad de las mismas para evaluar estas características (Botequilha *et al.*, 2006), así como de su aplicación en otros trabajos de análisis de características espaciales en áreas urbanas (Herold *et al.*, 2005). El conjunto de índices seleccionados es el siguiente:

- Número de Manchas (NP): es la métrica más sencilla, que nos aporta información de la medida en que un uso se encuentra dividido o fragmentado. Consiste en cuantificar el número de teselas o manchas individuales existentes de cada uno de los usos estudiados. A igual superficie, mayor número de manchas implica mayor fragmentación (Aguilera, 2008).
- Densidad de Manchas (PD): equivale al número de manchas de ese uso dividido por al área total de la zona de estudio. Tiene la misma utilidad básica que el número de manchas, pero al expresar el número de manchas por unidad de área facilita las comparaciones entre zonas de tamaño diferente.
- Tamaño medio de las manchas (AREA_MN): nos aporta una medida de la superficie media de las manchas individuales de un uso determinado (McGarigal y Marks, 1995). Un valor bajo indicará la existencia de múltiples teselas con superficies pequeñas, lo cual puede ser entendido como una configuración dispersa del uso en cuestión. Junto con el número de manchas aporta información acerca de la fragmentación del uso en cuestión, de tal forma que un incremento de este número y una disminución del tamaño medio de las manchas revelarán un incremento de la fragmentación.
- Compacidad media de los fragmentos (GYRATE_MN): esta métrica aporta una idea de la compacidad de los diferentes fragmentos, o en sentido inverso, de su elongación. Es la media para todos los fragmentos de un

mismo uso del valor del parámetro “radio de giro”, que se calcula para cada fragmento como la distancia de cada píxel al centroide de dicho fragmento. Cuanto más cercanos a la forma del círculo son estos fragmentos, menores serán los valores del radio de giro y mayor será su compacidad. En sentido contrario, un mayor valor mostrará una mayor elongación de los fragmentos.

- Índice de forma (SHAPE): nos aporta una medida de la complejidad de la forma de las manchas de un determinado uso, a través de la relación entre el perímetro y la superficie. Mide la relación entre el perímetro de un fragmento y el perímetro que tendría el fragmento más simple de la misma área, de tal forma que mayores valores de este índice muestran un incremento de la complejidad de las formas del mismo. Asimismo, aporta también una medida de la compacidad/forma de los fragmentos.
- Distancia media a las manchas más próximas (ENN_MN): aporta información acerca del grado de aislamiento de las manchas de un determinado uso. Mide para cada mancha la distancia a la mancha más cercana del mismo tipo, y calcula la media para cada una de ellas, de tal forma que cuantos más bajos sean sus valores, menos aisladas estarán unas manchas de otras. Por tanto, esta métrica aporta una idea de la proximidad de los fragmentos del mismo tipo de uso. Una disminución de sus valores puede suponer la aparición de nuevos fragmentos en el caso de usos que se encuentran muy aislados, mientras que por el contrario su incremento puede suponer la agregación de múltiples fragmentos que se encontraban muy cercanos.

Como revelan las definiciones del conjunto de métricas seleccionado, la justificación de su elección reside en la capacidad de las mismas para garantizar la valoración de los ya citados aspectos de fragmentación, forma/compacidad y aislamiento/dispersión del uso del suelo residencial en la Comunidad de Madrid.

La cartografía de los usos del suelo residenciales

Para lograr los valores resultado de cada índice, ha sido necesaria la obtención de las imágenes de los usos del suelo residenciales en la Comunidad de Madrid. Para ello hemos empleado la información proveniente del proyecto *CORINE Land Cover*, correspondiente a los años 1990, 2000 y 2006. Se trata de la única información disponible elaborada con criterios homogéneos para las tres fechas seleccionadas en este estudio.

El programa *CORINE (Coordination of Information of the Environment)* nace con el objetivo de recopilar de manera coordinada y homogénea información sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en la Unión Europea. Dicha iniciativa se materializa con la elaboración del *CORINE Land Cover* del año 1990, base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura y/o uso del territorio en el ámbito europeo, para cuya elaboración todos los países de la Unión Europea siguieron unas directrices comunes (figura 3).

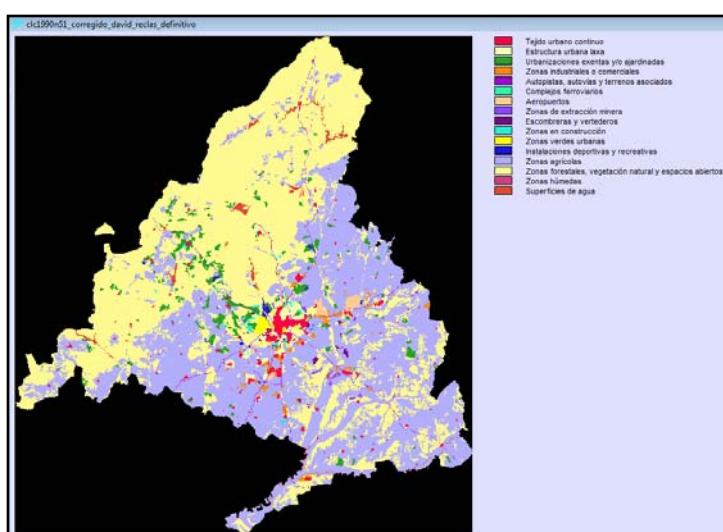


Figura 3. Mapa de usos del suelo (*CORINE Land Cover*) de la Comunidad de Madrid, correspondiente al año 1990.

Diez años después se lleva a cabo a cabo una actualización de esta base de datos, de modo que la información fuese comparable para las dos fechas. A partir del empleo de imágenes del sensor *Thematic Mapper*, a bordo del satélite Landsat-7, se elabora un nuevo mapa de cobertura y uso del suelo para el año 2000. Finalmente, en los últimos meses, la Agencia Europea del Medio Ambiente ha puesto a disposición de la comunidad científica el CLC2006, mapa de usos del suelo para el año 2006, realizado a partir de imágenes de los satélites SPOT-4 e IRS P6.

Para este trabajo hemos empleado las categorías “tejido urbano continuo”, “estructura urbana laxa” y “urbanizaciones exentas y/o ajardinadas” de los mapas de usos del suelo de los años 1990 y 2000 (figura 4) y sus categorías equivalentes, “tejido urbano continuo” y “tejido urbano discontinuo”, del mapa del año 2006, con el fin de obtener una imagen para cada año en la que únicamente se recogieran, con un valor unitario, las áreas de uso del suelo residencial en la Comunidad de Madrid (figura 5).

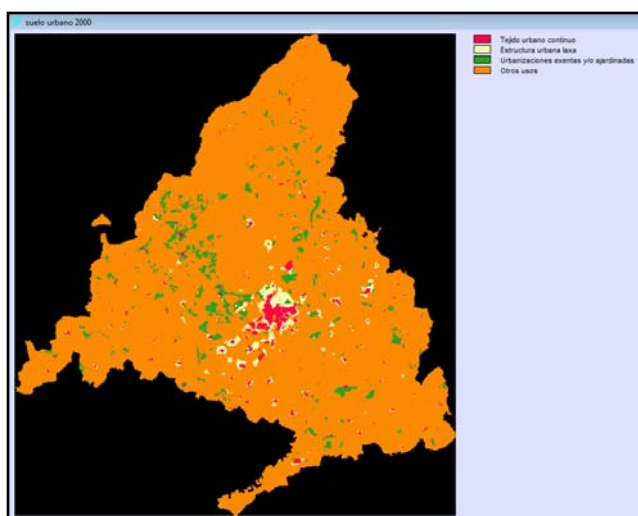


Figura 4. Usos de suelo urbano en la Comunidad de Madrid para el año 2000.

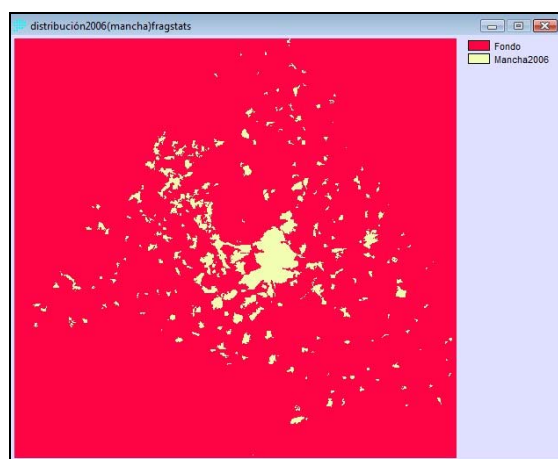


Figura 5. Áreas residenciales en la Comunidad de Madrid para el año 2006.

El cálculo de las métricas de análisis espacial

La cartografía obtenida en el apartado anterior ha sido importada en el software FRAGSTATS (McGarigal y Marks, 1995), instrumento para el cálculo de las métricas de análisis de ecología del paisaje. Este software, de la Universidad Amherst de Massachusetts, de acceso libre disponible en la red (www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html), permite obtener un amplio conjunto de métricas de este tipo, estando considerado como el programa más completo en lo que se refiere a la diversidad y capacidad para desarrollar cálculos métricos (Aguilera, 2008).

FRAGSTATS opera a partir de capas categóricas en formato raster que, como vimos en el apartado anterior, hemos generado a partir de la cartografía de usos del suelo (ver figura 5). Según sus propios autores, es "un software de análisis de patrones espaciales para cuantificar la estructura del paisaje" que, como hemos señalado anteriormente, ha sido ampliamente empleado en estudios de paisajes agrarios, naturales e incluso urbanos y suburbanos. De esta forma se puede obtener un conjunto de índices de cuantificación de la estructura de los paisajes atendiendo a sus características espaciales, como instrumento de valoración de su cambio (figura 6).

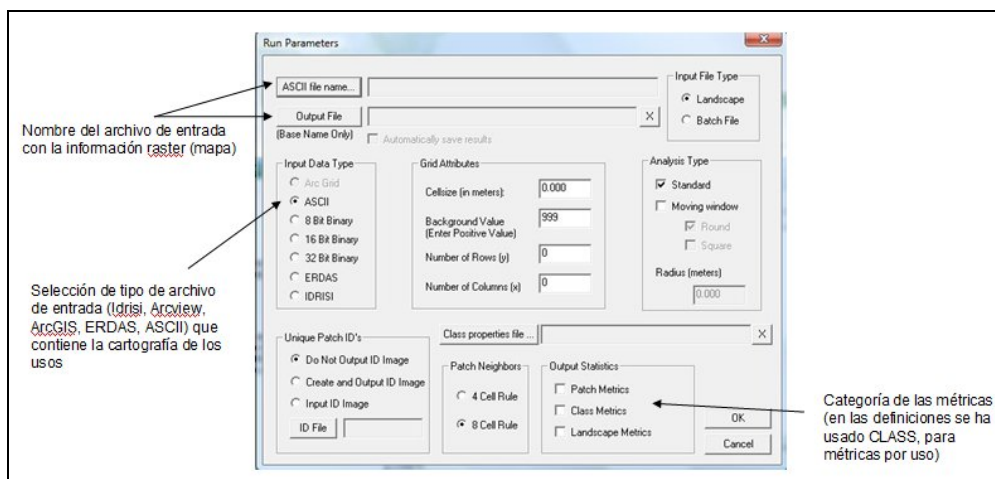


Figura 6. Aplicación práctica del empleo del software FRAGSTATS.

Gracias al empleo del software FRAGSTATS y, a partir de los mapas de uso del suelo residencial en la Comunidad de Madrid para los años 1990, 2000 y 2006 (figura 7), se han obtenido los valores de las distintas métricas seleccionadas para este estudio (figura 8). Estos valores nos permitirán medir la estructura del paisaje en tres momentos diferentes y poder inferir los procesos de cambio que han tenido lugar en el período comprendido entre las tres fechas.

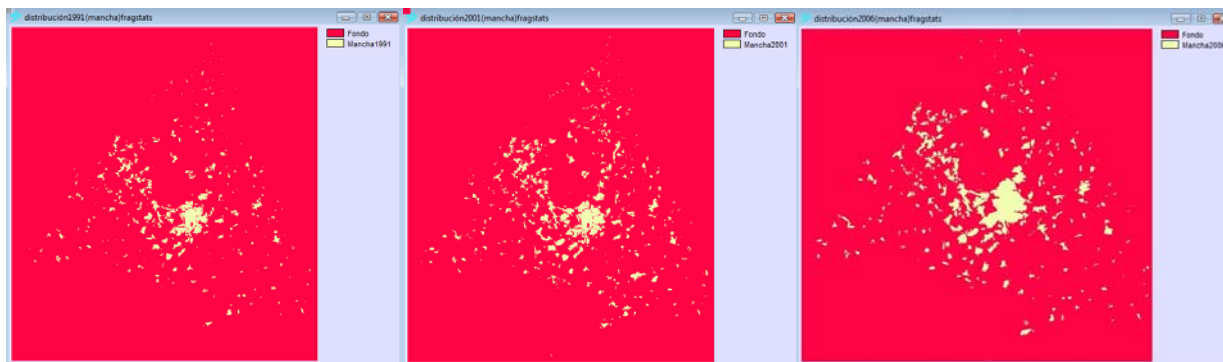


Figura 7. Distribución espacial del uso del suelo residencial en la Comunidad de Madrid, en los años 1990, 2000 y 2006, respectivamente (de izquierda a derecha).

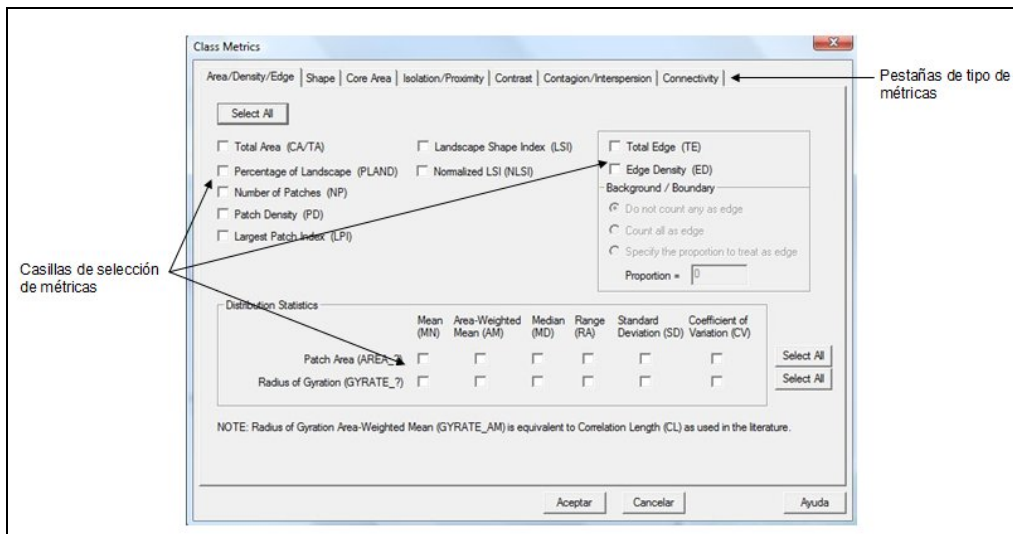


Figura 8. El cálculo de las métricas de análisis espacial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hemos llevado a cabo una valoración de los resultados obtenidos para cada una de las diferentes métricas en cada una de las tres fechas del estudio: 1990, 2000 y 2006.

El “número de manchas” nos indica que el uso de suelo residencial en la Comunidad de Madrid se fragmenta en el período 1990-2000, al pasar de un total de 419 teselas en el primer año a 646. Sin embargo, este índice nos indica que en el período 2000-2006 se produce el fenómeno contrario, al pasar de las 646 manchas comentadas anteriormente a 304, por lo que este menor número de manchas nos muestra que este uso se compacta superficialmente en los últimos años. Estos datos se corroboran con los resultados obtenidos mediante la “densidad de manchas”, al aumentar esta densidad del 0,0227 al 0,0350 en el primer periodo estudiado, para disminuir hasta el 0,0207 entre los años 2000 y 2006 (figura 9).

Por tanto, podemos pensar que en el periodo 1990-2000 tienen gran relevancia los desarrollos urbanos ligados a un tipo de crecimiento urbano más disperso, lo que evidencia una ruptura con el modelo anterior (el modelo residencial propio de la década de los setenta, cuando se conformó el modelo metropolitano de la Comunidad de Madrid, con un claro patrón de crecimiento compacto y monocéntrico). Sin embargo, entre los años 2000 y 2006, los datos parecen indicar una vuelta a un tipo de crecimiento compacto y contiguo, que podría estar ligado a la consolidación de los núcleos secundarios de poblamiento en el área metropolitana madrileña, que generan su propio crecimiento urbano “rellenando” los extensos espacios libres que aparecieron durante la expansión urbana dispersa del periodo anterior.

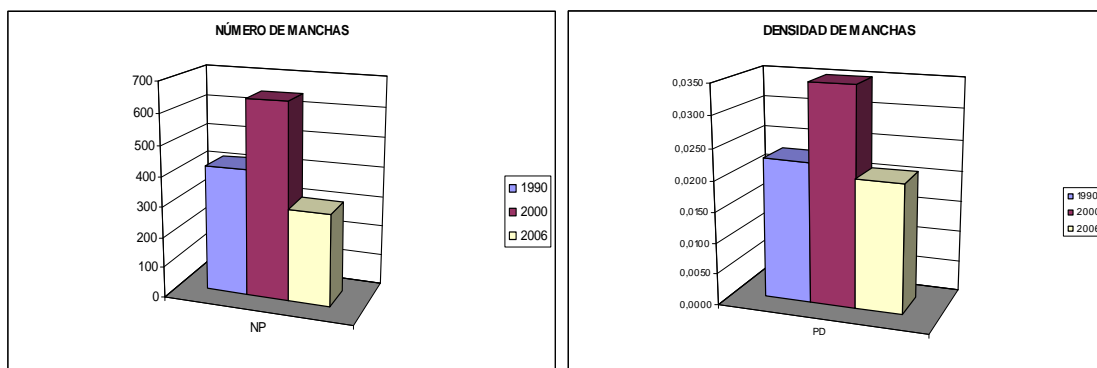


Figura 9. Resultados obtenidos a partir de los índices “número de manchas” y “densidad de manchas”.

El “tamaño medio de las manchas” nos muestra que se produce un incremento de la fragmentación del uso de suelo residencial en el período 1990-2000, al pasar de un valor de superficie media de las teselas de 100,75 en el año 1990 a 97,36 en el año 2000. El importante aumento del tamaño medio de las manchas en el año 2006 (con un valor de 215,09) nos indica el incremento de la compacidad en el segundo periodo estudiado. Estos datos coinciden con los resultados conseguidos mediante la métrica “compacidad media de los fragmentos”, ya que esta compacidad disminuye entre los años 1990 y 2000 (el valor del índice pasa de 328,85 a 319,45), para aumentar entre los años 2000 y 2006, al presentar un valor de 481,70 en este último año (figura 10).

Por consiguiente, los datos obtenidos mediante los índices “tamaño medio de las manchas” y “compacidad media de las manchas” parecen confirmar las ideas planteadas tras el estudio del número y densidad de las manchas del uso del suelo residencial en el área metropolitana madrileña: entre los años 1990 y 2000 se produce un patrón de crecimiento en la Comunidad de Madrid de acuerdo al modelo de ciudad dispersa, mientras que entre los años 2000 y 2006 este patrón de crecimiento de las ciudades deriva hacia una gran significación de los desarrollos contiguos y compactos.

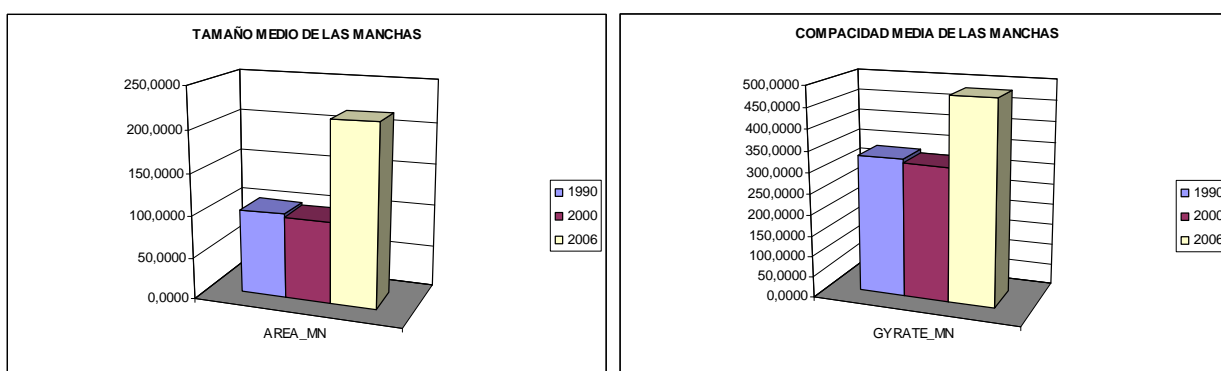


Figura 10. Resultados obtenidos a partir de los índices “tamaño medio de las manchas” y “compacidad media de las manchas”.

El “índice de forma” nos indica que la forma de las manchas del uso de suelo residencial se va volviendo más compleja con el paso de los años, con valores, respectivamente, de 1,49; 1,53 y 1,75 para los años 1990, 2000 y 2006. Además, nos aporta una medida de la compacidad de los fragmentos, que se hacen más compactos con el paso del tiempo. Por su parte, el índice “distancia media a las manchas más próximas” presenta unos valores de 1.383,27 (año 1990), 771 (año 2000) y 1.208,28 (año 2006). La disminución del valor en el primer periodo (1990-2000) hace suponer la aparición de nuevos fragmentos del uso del suelo residencial, mientras que su incremento entre los años 2000 y 2006 nos permite pensar en la agregación de múltiples fragmentos que se encontraban muy cercanos (figura 11).

Estos valores parecen abundar en la tesis de la gran importancia de los desarrollos urbanos ligados a un tipo de crecimiento más disperso de la metrópoli en el periodo 1990-2000, y el cambio hacia unos desarrollos concentrados y compactos entre los años 2000 y 2006.

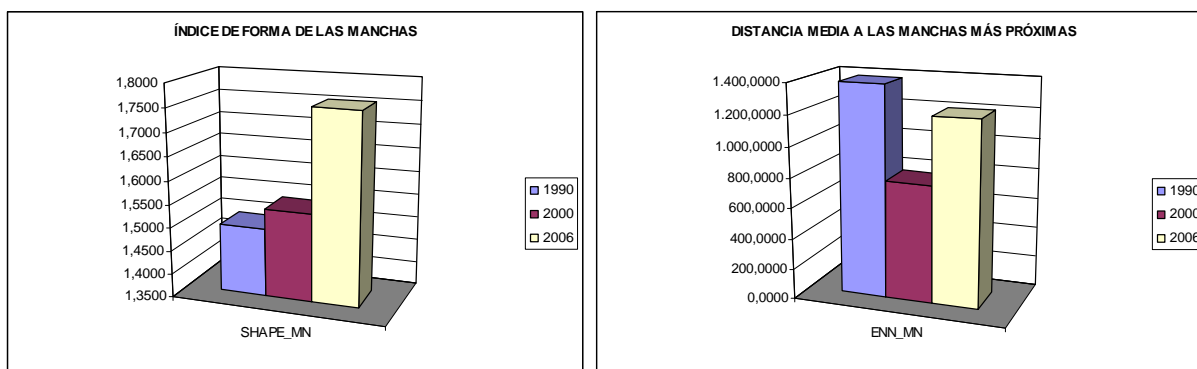


Figura 11. Resultados obtenidos a partir de los índices “forma de las manchas” y “distancia media a las manchas más próximas”.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados muestran la existencia de una serie de cambios en los patrones de distribución espacial del uso de suelo residencial en la aglomeración urbana de Madrid, desde el año 1990 al 2006.

El crecimiento del suelo destinado a vivienda que ha tenido lugar en el periodo 1990-2000 se encuentra en consonancia con el modelo de ciudad dispersa, caracterizado por la baja densidad edificatoria, la discontinuidad y fragmentación de los nuevos usos del suelo en el territorio y la preponderancia del transporte privado por carretera.

Por el contrario, en el periodo 2000-2006 parece producirse una vuelta al modelo residencial propio de la década de los setenta, cuando se conformó el modelo metropolitano madrileño, con un claro patrón de crecimiento compacto. Esta cierta ruptura con el modelo del periodo anterior probablemente se encuentre relacionada con la consolidación de núcleos secundarios de poblamiento en la Comunidad de Madrid, que generan su propio crecimiento urbano basado en tipologías edificatorias de alta densidad.

Finalmente, parece adecuado señalar que el empleo de una serie de índices de análisis espacial, empleados generalmente en la ecología del paisaje, se ha demostrado útil para la determinación de las características espaciales de los cambios metropolitanos. Estas métricas posibilitan el análisis de formas y patrones de ocupación urbana, además de monitorizar el cambio en los usos urbanos a lo largo del tiempo, a través de su seguimiento temporal, lo que permite identificar procesos metropolitanos de cambio, detectando posibles tendencias o nuevas formas y modelos de ocupación.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, F. (2008): Análisis espacial para la ordenación eco-paisajística de la Aglomeración Urbana de Granada. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Alberti, M. (1999): *Urban Patterns and Environmental Performance: What Do We Know?*, *Journal of Planning Education and Research*, 19 (2), pp. 151-163.
- Alberti, M. y Marzluff, J. (2004): *Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions*. *Urban Ecosystems*, 7, pp. 241-265.
- Berling-Wolff, S. y Wu, J. (2004): *Modeling urban landscape dynamics: A case study in Phoenix*. *Urban Ecosystems*, 7, pp. 215-240.
- Botequilha, A. y Ahern, J. (2002): *Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning*. *Landscape and Urban Planning*, 59, pp. 65-93.
- Botequilha, A.; Miller, J.; Ahern, J. y McGarigal, K. (2006): *Measuring Landscapes. A Planner's Handbook*. Washington, Island Press.

- Franco, D.; Bombonato, A.; Mannino, I.; Ghetti, P.F. y Zanetto, G. (2005): *The evaluation of a planning tool through the landscape ecology concepts and methods*. *Management Of Environmental Quality*, 16 (1), pp. 55-70.
- Geoghegan, J.; Wainger, L.A. y Bockstael, N.E. (1997): *Spatial landscape indices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS*, *Ecological Economics*, 23(3), pp. 251-264.
- Gustafson, E.J. (1998): *Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art?*. *Ecosystems*, 1, pp. 143-156.
- Gustafson, E.J. y Parker, G.R. (1994): *Using an index of habitat patch proximity for landscape design*, *Landscape and Urban Planning*, 29, pp. 117- 130.
- Herold, M.; Goldstein, N.C. y Clarke, K.C. (2003): *The spatio-temporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling*, *Remote Sensing of Environment*, 86, pp. 268-302.
- Herold, M.; Couclelis, H. y Clarke, K.C. (2005): *The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change*. *Computer and Environment Urban*, 29, pp. 369-399.
- Herzog, F. y Lausch, A. (2001): *Supplementing land-use statistics with landscape metrics: some methodological considerations*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 72, pp. 37-50.
- Li, H. y Wu, J. (2004): *Use and misuse of landscape indices*, *Landscape Ecology*, 19, pp. 389-399.
- Luca, C. (2007): *Generative platform for urban and regional design*. *Automation in Construction*, 16, pp. 70-77.
- Mateucci, S.D. y Silva, M. (2005): *Selección de métricas de configuración espacial para la regionalización de un territorio antropizados*. *GeoFocus (Artículos)*, 5, pp. 180-202.
- McGarigal, K. y Marks, B.J. (1995): *FRAGSTATS: a spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.
- Prato, T. (2007): *Evaluating land use plans under uncertainty*. *Land Use Policy*, 24, pp. 165-174.
- Vila, J.; Varga, D.; Llausàs, A. y Ribas, A. (2006): *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía*. *Doc. Anàl. Geogr.*, 48, pp. 151-166.