

SIG Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA CUANTIFICAR EL GRADO DE METROPOLIZACIÓN EN EL TERRITORIO

Olga de Cos Guerra - Dpto de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio - Universidad de Cantabria

Resumen

El potencial analítico y de gestión de los Sistemas de Información Geográfica se aplica en este trabajo al desarrollo de todas las fases que implica el método multicriterio con un fin concreto, cual es el análisis del grado de metropolización en los municipios próximos al que aloja la ciudad central. Esta exposición metodológica parte de la incorporación de una técnica ampliamente desarrollada para la toma de decisiones espaciales -con frecuencia centrado en la búsqueda de localizaciones óptimas-. En este caso, la organización y las bases de la evaluación multicriterio se adaptan tanto al fin específico señalado con anterioridad como a los requerimientos metodológicos propios de los Sistemas de Información Geográfica, que sustentan y desarrollan con agilidad su aplicación empírica.

Palabras clave: proceso de metropolización, SIG, multicriterio, lógica difusa

Abstract

Geographical Information Systems have analytic potential and of management. This study shows GIS applied to development of Multi-criteria Evaluation (MCE). The objective is to know the intensity of metropolitan consolidation around central city. This study analyzes multi-criteria evaluation, like flexible method for the boundary of metropolitan areas, using for it the potential of Geographical Information Systems (G.I.S). This article proposes a methodological base of boundary of metropolitan areas, that in addition to adapt to different scopes and sizes of cities, allows to measure the degrees of consolidation of metropolitan entailment with the central city. So, this study analyzes multi-criteria evaluation as a flexible method for delimiting metropolitan areas, leveraging on the potential of G.I.S.

Keywords clave: metropolization process, GIS, multicriteria, fuzzy logic

1. ESTADO DE LA CUESTIÓN: APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE ÁREA METROPOLITANA

El proceso de formación y evolución de las áreas metropolitanas ha sido ampliamente analizado desde la Geografía ya que actualmente es la forma de urbanización más extendida en los países industrializados desarrollados (González Urruela, 1991, p. 200). Así, concurre con cierta frecuencia la aceptación por parte de los expertos acerca de la existencia de una realidad metropolitana, que se genera, establece y extiende de forma variable en diferentes territorios y en distintos momentos desde el último cuarto del siglo XX (Vinuesa, 1975; Precedo, 1986).

Desde su aparición el hecho metropolitano ha sido objeto de estudio desde diferentes disciplinas y enfoques que han sentado las bases teóricas que permiten una aproximación a sus rasgos definitorios. Esta tarea es compleja; de hecho, si resultaba difícil distinguir cuantitativamente lo que se considera urbano (Capel, 1975) no lo es menos

definir lo que se considera área metropolitana y establecer los rasgos de diferenciación de los espacios incorporados en los procesos de metropolización, cuestión que resulta fundamental para el desarrollo del presente trabajo.

Existen, asimismo, experiencias de definición y caracterización metropolitana, llevadas a cabo por distintos organismos. Entre ellos, destaca especialmente la Oficina Federal del Censo de los Estados Unidos, al plantear, en 1949, el concepto estadístico oficial de Standard Metropolitan Área (SMA) entendido como el condado o conjunto de condados contiguos con al menos una ciudad de 50.000 habitantes y una densidad superior a unos 60 hab./km² (Federal Register, 2000). Este concepto fue sucedido en 1959 por el de Standard Metropolitan Statistical Área (SMSA) más condicionado por los rasgos económicos, al establecer un mínimo del 75% de población activa no agraria y la importancia de los intercambios de trabajo entre los distintos espacios integrantes (Serra, 2002). Esto dará paso, ya en 1983, al concepto de Metropolitan Statistical Área (MSA) que potencia aún más el intercambio de relaciones en el contexto metropolitano, basado en la relación de contigüidad de las unidades administrativas de residencia y trabajo (Feria, 2004).

Específica es, asimismo, la formulación de un concepto detallado de área metropolitana, identificado a partir de las siglas CSMA (Consolidated Statistical Metropolitan Área) como la zona en la que el 15% o más de la población se desplaza diariamente a la metrópoli para ejercer su actividad laboral (Federal Register, 2000). Así, se han planteado una serie de estándares, siendo los más recientes -aplicables a partir de 2003- los elaborados por Office of Management and Budget, donde se han planteado cuatro criterios (de los cuales los tres primeros ya los habían planteado los geógrafos urbanos): el tamaño demográfico, la densidad de población, la ocupación en actividades no agrarias y la proporción de residentes que trabajan en la ciudad central, relacionado con la intensidad de movimientos pendulares diarios (Santos, 2000).

En el contexto de la Unión Europea destaca la definición de las Functional Urban Region (FUR). En ellas, el área metropolitana se interpreta como una región urbana con relaciones de dependencia del área metropolitana respecto de la ciudad central (Arroyo, 2001). Bajo la denominación de FURs se identificaron 122 unidades en Europa; pero esta organización no llegó a ser oficial. Posteriormente, fue sucedida por la propuesta de las NUTs reconocidas por Eurostat, en las que las áreas metropolitanas quedaron ocultas bajo regiones y otros niveles organizativos.

Todo ello ha derivado en un problema propiciado por la ausencia de consenso en la delimitación y definición de áreas metropolitanas europeas (Sorribes, 1999).

A pesar de las manifiestas dificultades para la delimitación, es posible plantear algunas cuestiones generales, como la interpretación de las áreas metropolitanas como espacios dinámicos, de límites difusos y dinámicos, con una elevada concentración de población, en las cuales se detecta una organización funcional, que puede manifestarse, entre otros aspectos, en la disociación de los lugares de trabajo y residencia localizados en áreas distantes, lo origina movimientos diarios de carácter pendular con la importancia que cobran los movimientos internos (Martín y Allende, 1986). Por ello, son ámbitos en los que los sistemas de comunicaciones cobran un protagonismo especial y donde se está produciendo un rápido cambio, no sólo real, sino también en la percepción de las distancias y de los espacios, en las cuales la creación y mejora de las vías de descentralización se manifiesta como un factor explicativo y determinante de la dinámica metropolitana actual y futura (Feria, 2004).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El breve retrato esbozado de lo metropolitano sirve de base para la justificación conceptual del presente estudio. Ante la ausencia de una definición oficial unívoca sobre áreas metropolitanas (Barrero, 1993) aplicable de forma homogénea cronológica y espacialmente, se opta por identificar el ámbito de influencia de los procesos de metropolización como el espacio en el que confluye -con intensidad y umbrales variables- diversos criterios (de ocupación del suelo, accesibilidad...) que pueden considerarse representativos tanto en sí mismos como por su concurrencia con el resto de rasgos. De este modo, este trabajo se centra en el planteamiento de un método parametrizable para la estimación del grado de metropolización, apoyada en las características que diferentes organismos y expertos consideran decisivas o definitivas.

Conocido el comportamiento dinámico del fenómeno metropolitano y la especificidad de cada territorio que se pretenda abordar, se plantea una metodología de base, que puede ser modificada en función del emplazamiento, tamaño, dinámica y la realidad funcional de cada caso de estudio, sobre la base de la experiencia aplicada para una ciudad de tamaño medio, como es Santander y el área metropolitana que ésta genera en el marco de la Bahía.

3. BASES METODOLÓGICAS SOBRE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO, UN MÉTODO PARAMETRIZABLE PARA MEDIR EL GRADO DE METROPOLIZACIÓN

El concepto genérico de evaluación multicriterio como conjunto de operaciones espaciales para lograr un objetivo teniendo en consideración simultáneamente todas las variables que intervienen (Barredo, 1996), bien sean factores o restricciones (Bosque y Mass, 1995) sirve de soporte para diversidad de objetivos, frecuentemente relacionados con la toma de decisiones espaciales y en ocasiones derivados hacia la evaluación multiobjetivo cuando entran en juego fuerzas de competencia entre diferentes usos (Moreno, 2001).

La aplicabilidad del método sobre la base de su amplia

definición sirven de marco para materializar tan dilatada posibilidad de objetivos en uno concreto: medir o estimar el grado de metropolización en la proximidad de las ciudades y, en definitiva, poner límites en diferentes momentos al territorio en el que los rasgos metropolitanos se encuentran más acentuados, así como distinguir situaciones diferentes dentro de esos límites. Para ello, se adapta la metodología multicriterio al objeto específico y al desarrollo a partir de herramientas SIG, con el fin de obtener un perfil final a partir del cual se puede esbozar la línea más clara de distinción entre lo que está incluido -o no- en el área metropolitana organizada en torno a una ciudad.

Una de las fases necesarias, a la vez que estratégica en la metodología propuesta, es la elección de los criterios que se consideran determinantes para el objetivo concreto. Estas variables deben definirse con anterioridad al desarrollo empírico de la investigación, por lo cual la aplicación multicriterio exige un consistente conocimiento previo del fenómeno analizado, que en este caso es el proceso de metropolización. La elección de los criterios es determinante ya que según las variables incluidas, el resultado final obtenido puede variar considerablemente. Es importante, asimismo, tener en cuenta la existencia de dos tipos de criterios, según la naturaleza de la variable: los condicionantes correspondientes a variables de naturaleza continua actúan como factores y por tanto se tratan en la fase de estandarización siguiendo los principios de la lógica difusa (Gale & Atkinson, 1979), mientras que las variables discretas constituyen restricciones y su funcionalidad en el método puede encuadrarse en los principios de la lógica booleana.

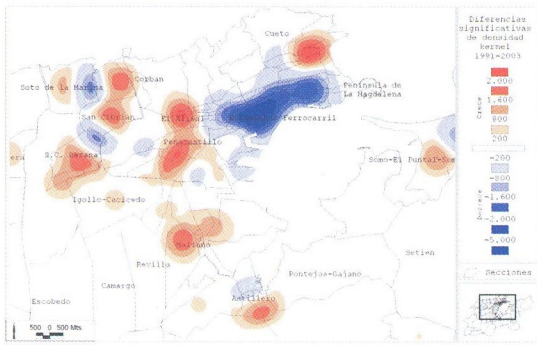
Es necesario establecer un sistema de estandarización, dado que las variables originales se expresan en unidades de medida diferentes, con rangos bien distintos y con una amplia gama de posibilidades de interpretación en función de la representatividad o adecuación para un objetivo concreto (Eastman, 1999).

Una vez identificadas las variables, se procede a la preparación de criterios. Es aquí donde los factores y restricciones comienzan a tratarse de forma diferente. De esta manera, con independencia de las unidades de medida iniciales y del recorrido de cada variable, se generan mapas en los que la variable es sustituida por un determinado valor de adecuación (Heikkilä, 2003).

De este modo, los grids que representan los factores se traducen a mapas de adecuación en escala byte (0-255) siguiendo grados de adecuación progresivos y regresivos, de modo que superan las imposiciones de la lógica booleana, al estandarizar variables espaciales según funciones de pertenencia difusa, adaptadas al comportamiento espacial de los fenómenos territoriales en el mundo real, superando la imposición de líneas imaginarias booleanas que marcan el límite categórico entre lo que es óptimo y la adecuación nula.

Los grids restrictivos -es decir, de naturaleza discreta- se estandarizan para la evaluación multicriterio mediante reclasificación a mapas binarios donde ciertas categorías se consideran adecuadas para el objetivo estudiado -valor 1-, mientras que otras se excluyen -valor 0-. De esta forma, los pixels con valor 0 enmascaran el mapa final, al anular la adecuación multicriterio de las celdas afectadas.

evolución demográfica, en la que es interesante incluir tanto en periodos de centralización como de descentralización, más recientes (Rodríguez y Reques, 2000). En todos los casos se aborda en términos relativos, siendo recomendable un indicador de densidad que no esté condicionado por el tamaño de las unidades administrativas de base. Para ello, se preparan los diferentes factores a partir del modelo de densidades focales (Silverman, 1986; Moreno, 1991; Escolano, 2002; De Cos, 2004), que hace abstracción del tamaño de la unidad de referencia.

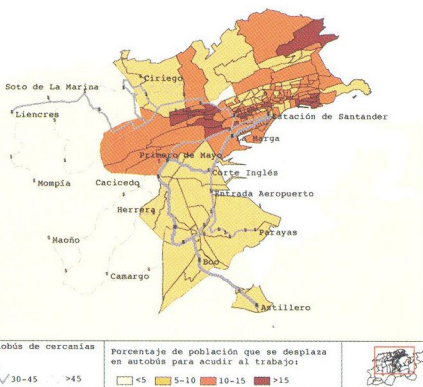


Fuentes: INE, Censo de Población de 1991, Padrón de Habitantes actualizado a 2003 y Base de seccionado 2003. Elaboración propia.

Mapa 2. Modelo Kernel de evolución de la densidad de población 1991-2003: detalle en torno a la Bahía de Santander

c) La actividad productiva. El escaso peso que tiene la población ocupada en el sector primario se extiende como rasgo que caracteriza los espacios urbanos y metropolitanos de influencia inmediata. Además, la instalación de grandes superficies comerciales en las áreas metropolitanas parece ser una tendencia creciente que tiene importantes implicaciones, además del propio abastecimiento de la población (Martín y Allende, 1986) convirtiéndose en espacios atractivos desde el punto de vista residencial.

d) Factores de interrelación espacial con la ciudad central. Es importante incluir todos los medios de transporte y vías de comunicación que comunican internamente y con el exterior un sistema metropolitano concreto. El nivel de detalle con el que se aborde cada uno de estos medios puede ser proporcional al nivel de uso que haga de él la población metropolitana. Si no se dispone de datos concretos procedentes, en muchos casos, de encuestas metropolitanas, pueden generarse "modelos de costes de desplazamiento" basados en superficies de fricción que permitan superar el cálculo euclidiano de las distancias en un SIG raster.



Mapa 3. Porcentaje de población que se desplaza en autobús para acudir al trabajo en Santander

Fuentes: INE, Censo de Población y Viviendas 2001 y Base de seccionado 2001. Estación de Autobuses de Santander: Horarios de cercanías. Elaboración propia.

4.3. El condicionante de las fuentes estadísticas y bases cartográficas

La disponibilidad de fuentes estadísticas y bases cartográfica actúa con frecuencia como condicionante de los métodos de trabajo propuestos en investigación aplicada como la que aquí nos ocupa. Si estos trabajos se desarrollan mediante SIG supone un valor añadido que la disponibilidad de datos esté en soporte digital, lo que agiliza en gran medida el avance -y en algunos casos viabilidad- de la investigación.

Por ello, en la elección de criterios descritos en el apartado anterior intervienen dos fuerzas en cuyo equilibrio está la adecuación: de un lado, las bases teóricas sobre espacios metropolitanos, rasgos y procesos de metropolización y, de otro, la posibilidad de disponer de información para las entidades y escalas oportunas.

Resultado de este planteamiento se presentan a modo de esquema las fuentes utilizadas en la investigación. La organización de éstas puede realizarse a partir de criterios distintos; así, es posible estructurar las fuentes en función de la escala a la que se encuentran desagregadas, según la temática abordada, o bien en función del organismo o institución que las elabora. No obstante, un primer criterio de clasificación radica en su naturaleza, distinguiéndose las fuentes estadísticas de las cartográficas, a pesar de que suelen integrarse y relacionarse en posteriores análisis SIG.

Como fuentes estadísticas se consideran aquellas que contienen información alfanumérica -digital o analógica-. El criterio seguido para la organización de las fuentes estadísticas es el temático; así, se definen tres bloques, de modo que cada uno de ellos incorpore las fuentes que ofrecen información sobre aspectos comunes. Si bien es posible encontrar algunas fuentes híbridas desde el punto de vista de sus contenidos, por ofrecer información sobre temas diferentes.

FUENTE	ORGANISMO	FUNCIONALIDAD EN LA INVESTIGACIÓN
ESTUDIO DE LA POBLACIÓN		
Nomencladores de población 1981, 1991, 2001	Instituto Nacional de Estadística INE	Estudio de la evolución demográfica de las entidades de población en el área metropolitana de Santander (1981-2001)
Padrones de Habitantes 1996, 2003	Ayuntamientos e INE	Análisis demográfico actualizado. Estimación de la demanda potencial de equipamientos en el AM de Santander
Censos de Población 1981, 1991, 2001	Instituto Nacional de Estadística INE	El Censo de 2001 constituye la fuente más valiosa para el estudio del espacio social (secciones censales)
Estadística de variaciones residenciales	Instituto Nacional de Estadística INE	Fuente incorporada en las primeras fases aplicadas al ámbito de estudio para analizar la redistribución demográfica en el AM Santander
ESTUDIO DE LA VIVIENDA Y LOS EDIFICIOS		
Estadística de obras de edificación (visados) 1997-2001	Colegio Oficial Aparejadores y Arquitectos Técnicos Cantabria	Selección de los visados de obra nueva para aproximarse al dinamismo constructivo de los núcleos del área metropolitana de Santander en los años inter-censales
Censo de Viviendas 2001	Instituto Nacional de Estadística INE	Estudio del estado de las viviendas y edificios
OTROS OBJETOS DE ESTUDIO		
Censo de 2001 (Hogares)	Instituto Nacional de Estadística INE	Estudio de la composición de hogares, estructura familiar, etc.
Transporte	Dirección General de Transportes	Diferencias entre los diferentes sectores del área metropolitana

Tabla 2. Fuentes estadísticas

Elaboración propia.

En cuanto a bases cartográficas, se incluye una breve sistematización de todos los elementos espaciales haciendo especial referencia a fuentes cartográficas oficiales si bien en ciertos aspectos ha sido necesario desarrollar bases cartográficas específicas, o bien intercambiar el modelo de datos espaciales a través de procesos de rasterización (especialmente para las fases analíticas) y vectorización (más ligados a la presentación de resultados).

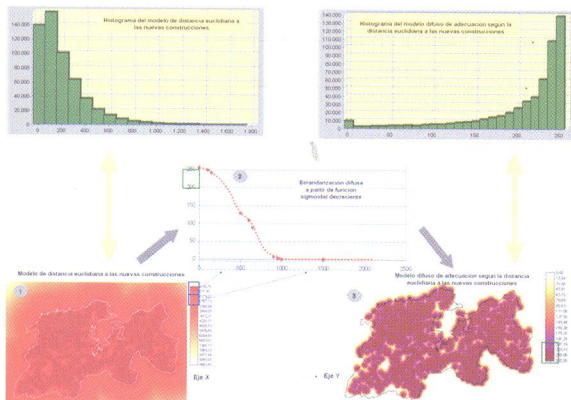
FUENTE	ORGANISMO	FUNCIONALIDAD EN LA INVESTIGACIÓN
Fotografía aérea 1988	Dir. Gral. Medio Ambiente y Ordenación del Territorio	Referencia para el análisis del grado de ocupación del área metropolitana a partir de las construcciones
Ortofoto 2002	Gobierno de Cantabria	Referencia de localización de centros comerciales y nuevas construcciones
Mapa Topográfico Nacional 1:25.000	Instituto Geográfico Nacional	Base planimétrica para la generación de capas temáticas del área metropolitana de Santander
Cartografía de detalle 1:5000 ...	Diputación Regional Gob. Cantabria	Referencia para la digitalización de equipamientos en el área metropolitana de Santander
Cartografía catastral de urbana	Delegación de Cantabria del Catastro, Ministerio de Economía y Hacienda	Densidad del espacio construido a partir del número de plantas y cartografía 3D de las construcciones de urbana
Secciones censales de 1991, 2001 y 2003	Instituto Nacional de Estadística	Entidades para el estudio sociodemográfico del área metropolitana de Santander

Elaboración propia.

Tabla 3. Bases cartográficas

4.4. Estandarización difusa de las variables

Planteado el modelo abierto y dinámico de factores que influyen en el grado de metropolización del territorio se procede a su preparación para la evaluación multicriterio mediante la estandarización a partir de las correspondientes funciones de pertenencia difusa (una específica para cada factor).



Elaboración propia.

Figura 1. Esquema metodológico de estandarización difusa de un factor: la distancia a las nuevas construcciones

BLOQUE	FACTOR	BASE DE ESTANDARIZACIÓN
Ocupación del suelo	Altura del espacio edificado	Adecuación de los espacios más ocupados (mayor número de plantas) y garajes bajo rasante
	Proximidad nuevas construcciones	Adecuación de proximidad a las zonas más dinámicas desde el punto de vista constructivo
	Densidad de visados de obra nueva	Adecuación de las zonas con mayor densidad de visados de obra nueva
Población residente	Densidad Kernel de población	Adecuación de zonas altamente pobladas
	Densidad Kernel crecimiento	Adecuación de crecimiento en ciudad central entre 1981-1991
	Densidad Kernel crecimiento	Adecuación de crecimiento periférico frente a decrecimiento central 1991-2003
La actividad productiva	Trabajadores en el sector primario	Adecuación de zonas con escasa proporción de trabajadores en el primario
	Grandes superficies comerciales	Adecuación de proximidad a las grandes superficies comerciales del periurbano
Interrelación espacial con la ciudad central	Accesibilidad por autovía	Adecuación de zonas con bajo coste de desplazamiento (alta accesibilidad) según la proximidad a las principales vías de transporte y rutas de transporte público
	Accesibilidad por carretera	
	Autobuses de cercanías	
	Autobuses regionales	
	Transporte marítimo	
Estaciones de ferrocarril	Adecuación de proximidad a los principales centros de desplazamiento	
Centros desplazamiento de ámbito supra-regional		

Tabla 4. Síntesis del planteamiento de estandarización difusa de los factores

Elaboración propia.

Con independencia de las fuentes y variables disponibles y de la estandarización difusa de los factores incorporados en la evaluación multicriterio, queda a elección del investigador el establecimiento de los umbrales que mar-

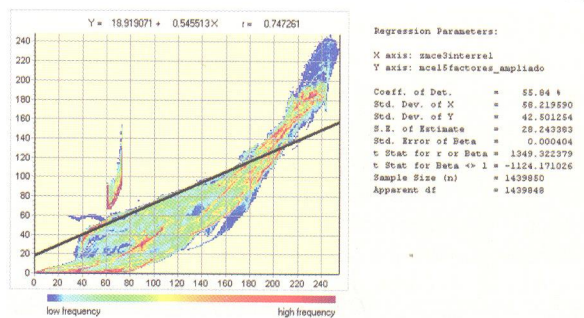
can dicha adecuación, para lo que resulta importante el previo conocimiento del comportamiento territorial del fenómeno o proceso analizado, lo que confiere argumentos objetivos al método planteado.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La fase de evaluación multicriterio se desarrolla a partir de una combinación lineal ponderada; operación que permite generar un mapa de adecuación en función del grado de metropolización del territorio, incluyendo todos los factores estandarizados en escala byte (0-255) y debidamente ponderados. La evaluación multicriterio además de contemplar gradaciones de adecuación, permite considerar que los factores tienen importancias relativas distintas. Por ello, asumen unos pesos generados a partir de una serie de comparaciones por pares, en una matriz simétrica, con la que se mide la importancia relativa de cada factor en comparación con el resto de factores. De este modo, los factores con mayor peso ejercen una influencia superior de ese criterio en el mapa final resultante, donde cada píxel asume un valor de adecuación o grado de metropolización escalado desde 0, zonas no aptas -no metropolitanas-, hasta 255 las zonas más adecuadas al perfil urbano y metropolitano (De Cos, 2005b).

Con este planteamiento de ponderación se asocia al proceso un sistema de compensación de unos factores con otros, por el cual la nula adecuación de un territorio en alguna variable, no lo excluye del resultado final si puede compensar las deficiencias en esa característica, a partir de valores de adecuación elevados en otros factores incluidos en el modelo multicriterio.

En el planteamiento metodológico aplicado al grado de metropolización en torno a Santander se establecen una serie de pesos relativos de los factores que refuerzan especialmente las características definitorias de lo metropolitano ligadas a interrelación con la ciudad central. Esto se percibe en el modelo resultante final, que presenta una correlación espacial con el modelo parcial de interrelación del 0,747 (Figura 2). Se trata, por tanto de una correlación positiva media-alta entre el sub-modelo metropolitano de interrelación y el modelo final, en el que interviene también la ocupación del suelo ($r=0,46$) y la actividad económica ($r=0,39$).



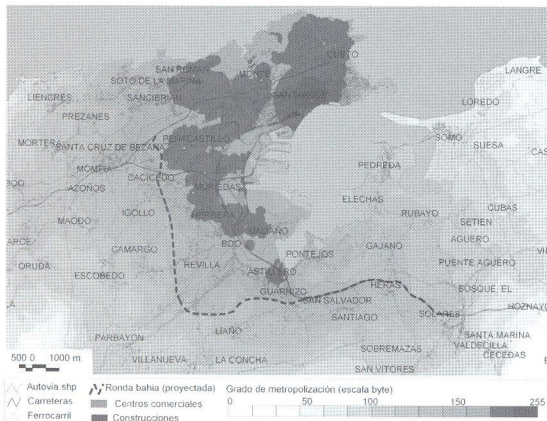
Elaboración propia.

Figura 2. Relación entre los criterios del bloque de interrelación espacial y la evaluación multicriterio

Este método, se plantea como una alternativa abierta a la incorporación de nuevos aspectos, relativos a la especificidad de ciertas áreas metropolitanas, a la modificación de la fase de estandarización, de los pesos otorgados y de la reclasificación que genera la solución multicriterio.

El modelo resultante (Mapa 4) presenta el comportamiento gradual y continuo de los rasgos metropolitanos de accesibilidad, ocupación del suelo y actividad económica en las proximidades de la ciudad central. Se trata de un modelo con una elevada autocorrelación espacial positiva⁴ (I. Moran 0,9992) y supone una base para la posterior delimitación y reflexión acerca del umbral (entre 0 y 255) que en cada caso de estudio puede interpretarse como borde exterior de lo metropolitano.

El resultado multicriterio final se debe en parte a la lógica borrosa en la que se basa, que permite considerar grados de adecuación intermedios para cada variable continua incorporada, con gradaciones desde la situación óptima hasta la adecuación nula.



Fuente: IGN, Mapa Topográfico Nacional 1:25.000. Elaboración propia.

Mapa 4. Detalle del grado de metropolización del ámbito de influencia de Santander en torno a la Bahía; la consolidación del arco occidental

5. CONCLUSIÓN

La evaluación multicriterio constituye una alternativa metodológica de gran utilidad para la identificación de territorios que presentar rasgos comunes para un objetivo concreto. En este estudio, se ha pretendido mostrar las cuestiones metodológicas necesarias para aplicar este planteamiento a otros ámbitos temáticos y espaciales, si bien, como ya se ha señalado con anterioridad, se trata de un método parametrizable, que puede ser modificado y adaptado para otros fines, siempre que los criterios considerados tengan un comportamiento continuo en el territorio analizado.

En los ensayos metodológicos realizados, la aplicación de la evaluación multicriterio al fenómeno metropolitano, se valora positivamente por la posibilidad de establecer gados de adecuación en la estandarización de los factores, así como por la consideración de importancias relativas diferenciadas (ponderación). Con ello, se cuantifica el grado y extensión del proceso de metropolización en el territorio primando los aspectos demográficos, o bien el dinamismo constructivo o -como marcan las tendencias más recientes- considerando la primacía de los factores relativos a la interrelación.

A pesar de las aportaciones y ventajas, el método propuesto no está exento de limitación. Con el modelo de intensidad descrito, se intenta evitar el subjetivismo si bien la propia elección de los factores y de los puntos de control para el diseño de las funciones de pertenencia difusa son, en cierto modo, elecciones subjetivas -a veces condicionadas por la disponibilidad de fuentes-.

En suma, estas variaciones subjetivas se han reducido en lo posible con la técnica aplicada. Así, los Sistemas de Información Geográfica y la evaluación multicriterio suponen una respuesta a los grados de transición entre situaciones diferenciadas, a las valoraciones intermedias, sin necesidad de clasificar el territorio de manera categórica, a partir de umbrales que imponen límites a fenómenos espaciales que se comportan de manera gradual y se caracterizan, precisamente, por su naturaleza continua no discretizable.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrédo, J.I. (1996). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Ra-Ma: Madrid.
- BARRERO RODRIGUEZ, M. C. (1993). "Las áreas metropolitanas". Monografías CIVITAS. Instituto García Oviedo. Universidad de Sevilla.
- Bosque, J. & Mass, S. (1995). Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables. Serie Geográfica, nº 5, 97-112.
- Capel, H. (1975). La definición de lo urbano. Estudios Geográficos, nº 138-139, 265-301.
- De Cos, O. (2004). Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España. GeoFocus (Artículos), nº 4, 136-165.
- De Cos, O. (2005). La organización del espacio social del área metropolitana de Santander. Tesis doctoral (Inédita).
- De Cos, O. (2005b). Propuesta de delimitación del área metropolitana de Santander. Realidad funcional, organización administrativa y Gobernanza. Santander: Centro de Estudios de la Administración Pública Regional. Gobierno de Cantabria.
- De Cos, O. (2006). "Los SIG y la lógica difusa como alternativa metodológica para delimitar fenómenos territoriales de comportamiento no categórico: aplicación a las áreas de influencia urbana". Actas da 1ª Conferencia Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informação, M.M. Cunha y A. Rocha (eds.), Vol. II, pp. 671-687.
- Eastman, R. (1999). Evaluación multicriterioand GIS. En Longley, P., Goodchild, M.F., Maquire, D.J., & Rhind, D. ed. Geographical information systems (2), 493-502.
- Escalano, S. (2002). Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza. En: Longares, L.A. & Peña, J.L., eds.: Aportaciones geográficas en memoria del profesor L. Miguel Yetano Ruiz. Zaragoza: Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, 173-182.
- Escalano, S. (2005). Algunos rasgos geográficos del reciente proceso de formación del área metropolitana de Zaragoza. Territorio & Desarrollo Local. II época (1), 27-40.
- Federal Register (2000). Standards for defining metropolitan and micropolitan statistical areas. Washington: Office of Management and Budget.
- Feria, J.M. (2004). Problemas de definición de las áreas metropolitanas en España. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 38, 85-99.
- Gale, S. & Atkinson, M. (1979). On the set theoretical foundations of the regionalization problem. En: Gale & Olson (eds.): Philosophy in Geography; 65-108. Dordrecht, Reidel.
- González Urruela, E. (1991). Industrialización y desarrollo metropolitano en España. Eria, nº 26, 199-215.
- Heikkilä, E.J. (2003). Fuzzy Urban Sets. A conceptual framework and implementation methodology for measuring urbanization. II Urban Register Symposium World Bank [en línea]. Washington: World Bank. [Consulta: febrero de 2005]. <http://www.worldbank.org/urban/symposium2003/docs/papers/heikkilä.pdf>
- Juaristi, J. (1995). "El sistema urbano español y sus relaciones con el sistema urbano europeo". En: Las ciudades españolas a finales del siglo XX: I Coloquio de Geografía Urbana. Cuena: Universidad de Castilla-La Mancha - Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles, Grupo de Geografía Urbana, pp. 17-27.
- Laceta, S. (1994). Reflexiones en torno a la mejora de la gestión de los espacios urbanos/metropolitanos: una visión actualizada desde el punto de vista de la coordinación interadministrativa. Revista Aragonesa de Administración Pública, nº 5, 407-444.
- Martín, R. & Allende, J. (1986). El área metropolitana de Alicante: un reto de futuro. Alicante: Universidad de Alicante - Ayuntamiento de Alicante.
- Martín, E. y De Meer, A., eds. (2003). Evolución urbanística de Santander, 1941-1990. Santander. Ayuntamiento de Santander.
- Moreno, A. (1991). Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. Treballs de la Societat Catalana de Geografia, 30, 155-170.
- Moreno, A. (2001). Geomarketing con sistemas de información geográfica. Madrid: Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid - Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección, Asociación de Geógrafos Españoles.
- Naredo, J.M. (1994). "El funcionamiento de las ciudades y su incidencia en el territorio". Ciudad y Territorio, nº 100-101, pp. 233-249.
- Preciado, A. (1986). Las modificaciones del sistema urbano español en la transición postindustrial". Estudios Territoriales, nº 20, 121-138.
- Pueyo, A. (1991). El sistema de información geográfica, un instrumento para la planificación y gestión urbana. Geographicalia, nº 28, 175-192.
- Reques, P. & Rodríguez, V. (1996). Prospectivas demográficas y territoriales. Treballs de la Societat Catalana de Geografia, nº 41, 173-222.
- Reques, P. (1997). Población y territorio en Cantabria. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Rodríguez, V. & Reques, P. (2000). La (re)distribución espacial de la población: los cambios a lo largo del presente siglo. A Distancia, vol. 18, nº 1, 155-161.
- Santos Preciado, J.M. (2000). "La formación y desarrollo de las áreas metropolitanas". A Distancia. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Volumen 18. Número 1. Junio 2000. Madrid.
- Serra, J. (2002). Grandes aglomeraciones metropolitanas europeas. Un ensayo de delimitación. Papers, nº 37.
- Serrano, A. (2005). La problemática supramunicipal del modelo territorial del siglo XXI: áreas metropolitanas y regiones funcionales urbanas. Territorio & Desarrollo Local. II época (1), 11-16.
- Silverman, B.W. (1986). Density estimation for statistics and data analysis. Londres: Chapman and Hall.
- Sorribes Monrabal, J., et al. (1999). Las áreas metropolitanas: análisis teórico y experiencia comparada. Valencia: Consell Metropolità de l'Horta.
- Vinuesa, J. (1975). Sobre el concepto de área metropolitana. Estudios Geográficos, nº 140-141, 1143-1156.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, Information and Control 8, pp. 338-353.
- Zadeh, L.A., et al (1975). Fuzzy sets and their application to cognitive and decision processes. Academic Press, New York.
- Zimmermann, H. J. (1985). Fuzzy set theory and its applications. Boston, MA: Kluwer-Nijhoff Publishing.
- 1 Los resultados de la investigación sobre el grado de metropolización en torno a la ciudad de Santander fueron premiados por el Centro de Estudios de la Administración Pública Regional del Gobierno de Cantabria con el Primer Premio de Investigación al trabajo titulado Propuesta de delimitación del área metropolitana de Santander. Realidad funcional, organización administrativa y Gobernanza. (De Cos, 2005b)
 - 2 El proceso de evaluación multicriterio se ha desarrollado a partir del software SIG Idrisi (Clark Labs) que permite la elaboración de la pertenencia difusa de cada factor -tras la lectura de valores mínimos y máximos de la variable- mediante diferentes tipos de funciones (sigmoidales, lineales...) e incluso definidas por el usuario a partir de los puntos de control.
 - 3 Tras el sistema de pesos es frecuente que exista un consenso interdisciplinar en el que se decide cuáles son los bloques temáticos que más determinantes resultan para la configuración metropolitana de una ciudad. Posteriormente, se analiza la importancia de cada factor en relación al resto, de lo que se deduce el peso relativo que cada factor tiene en la evaluación multicriterio final. Así, un factor de peso 0,4 indica que la valoración de adecuación de cada pixel va a depender en un 40% del valor de adecuación que tuviese en ese factor (De Cos, 2006).
 - 4 Número de celdas analizadas = 550.765; Media de los valores de las celdas incluidas = 111,39; Desviación típica de los valores de las celdas = 0,0840