

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Economía Aplicada

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO
DISPERSO EN ESPAÑA MEDIANTE EL USO
DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA: TRES ENSAYOS**

Programa de Doctorado
“Economía y Sociología de la Globalización”
(Mención de Calidad)

Víctor M. González Marroquín
(2014)

Universidad de Oviedo
Departamento de Economía Aplicada

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO
DISPERSO EN ESPAÑA MEDIANTE EL USO
DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA: TRES ENSAYOS**

Memoria que, para la obtención del grado de doctor,
presenta

Víctor M. González Marroquín

Programa de Doctorado
“Economía y Sociología de la Globalización”
(Mención de Calidad)

Bajo la dirección del profesor

Dr. Fernando Rubiera Morollón



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO DISPERSO EN ESPAÑA MEDIANTE EL USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: TRES ENSAYOS.	Inglés:

2.- Autor	
Nombre: VICTOR MANUEL GONZALEZ MARROQUIN	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: ECONOMÍA APLICADA Y SOCIOLOGÍA DE LA GLOBALIZACIÓN	
Órgano responsable: ECONOMÍA APLICADA	

RESUMEN (en español)

El crecimiento disperso es uno de los fenómenos urbanos más estudiados. Tiene un gran impacto tanto en el medioambiente como en la sanidad pública, así como en su evolución futura. En esta Tesis, intentaremos demostrar las causas y consecuencias del crecimiento urbano disperso a través de tres casos prácticos.

Después de un breve repaso al estado del arte (CAP. I) y algunas ideas sobre la metodología empleada (CAP.II), comenzaremos estudiando el caso de las zonas urbanas de la España peninsular en el (CÁP.III).

Las ciudades españolas han estado creciendo muy rápido en las últimas dos o tres décadas y sufren la creación de una gran burbuja inmobiliaria al final del proceso de urbanización en este periodo. Para su estudio se ha diseñado un índice de medición de la dispersión urbana (IDU) que se obtiene mediante el uso de herramientas de SIG, integrando y elaborando información procedente de imágenes, mapas y ortofotos tomadas alrededor del año 2000 y de completa cobertura territorial. Se ha aplicado a todas las zonas urbanas de España y a las municipalidades que las componen, proporcionando una medida comparable de la dispersión e identificando las áreas donde este fenómeno es más relevante. En algunos casos, la dispersión urbana está comenzando a ser un problema para el entorno y la sostenibilidad con importantes consecuencias en la futura evolución de esas ciudades.

A continuación estudiaremos algunas regiones españolas y comenzaremos por Madrid en el CAP.IV. Para realizar la base cartográfica, ha sido necesario homogeneizar e integrar cartografía analógica y digital de varios vuelos (entre 1974 y 2002), lo que nos ha permitido disponer de una base de datos georeferenciada muy precisa, así como conocer la evolución del crecimiento disperso.

Asturias es la siguiente en el CAP. V. No hay duda que no ha escapado a la tendencia general del país. El análisis de esta región es especialmente interesante debido al desarrollo de una conurbación policéntrica en su área central así como de la coexistencia de diferentes tipos de desarrollo urbanos en un espacio pequeño.

El SIG se utiliza para contrastar las diferentes hipótesis que se presentan.

Por último, se incluyen las Conclusiones y la Bibliografía.



RESUMEN (en Inglés)

Urban sprawl is one of the most studied urban phenomena. It has a great impact on the environment, public health and socio-economic evolution of cities. The causes are multiple, mainly being connected with the generalization of the automobile in modern cities. We are trying to demonstrate the causes and consequences of sprawl through three practical cases.

After a light state of art (CH. I) and some ideas about methodology (CH. II), we start studying the case of the whole urban Spain in CH. III.

Spanish cities have grown rapidly over the last two or three decades. The country has completed the process of urbanization and has suffered the effects of a major real estate bubble. In this context, we are interested in measuring and explaining where and why urban sprawl has appeared in Spanish cities. Digital mapping carried out around the year 2000 providing full coverage of Spain is used to calculate an Urban Sprawl Index (USI). It is applied to all urban areas and municipalities throughout the country, providing an objective, comparable measurement of sprawl and identifying which areas are most affected by this phenomenon. In some cases urban sprawl is starting to become a problem for the environment and urban sustainability, with important consequences for the future evolution of the affected cities.

Next, we study some singular Spanish regions and we are getting start with Madrid in the CH. IV. To make the analysis digital cartography, homogenization has been made integrating the information of several photometric flights since 1974 to 2002. It allows us to have very precise georeferenced database that is used in the calculation of several indexes of building growth and density, evolution of new residential areas as well as urban sprawl index.

Asturias is the next region to be studied in CH. V. It's one of the Spanish regions with the lower real estate bubble but is clear that this region has participated in the national trend. The characteristics of this region make it particularly interesting for analysis due to the development of a polycentric conurbation in central area and coexistence of different types of urban development in a small space. As usual, we apply GIS to studying and contrasting several hypotheses in this case. Our result brings us to confirm that this case trend to generate sprawl due to the role of the small local areas, which are integrated in the emerging metropolitan space.

Conclusions and Bibliography close this work

Quiero comenzar esta dedicatoria agradeciendo a mi director de Tesis Fernando Rubiera y a mi tutor, José Luis P. Rivero, sus desvelos y apoyo incondicional. He encontrado en ellos mucho más de lo que se puede desear de una excelente relación académica de colaboración de la que espero una fértil continuidad científica en el futura.

En segundo lugar, al grupo de REGIOlab, que fue para mi una de las mejores sorpresas de mi vuelta a los foros académicos. Como lo fue mi afortunado encuentro con Miguel A. Rodríguez a través Felipe González, apoyos sólidos en momentos difíciles, que también los hubo. También, a mis amigos, compañeros a los que aburrí con las idas y venidas de mi trabajo y que fueron un soporte moral fundamental.

Por último, a las entidades que lo han hecho posible, empezando por mi antigua empresa, Intergraph-Hexagón que nos ha suministrado las herramientas imprescindibles para realizar este trabajo (Rubén, José Antonio, Bego, Maria...). Asimismo, he de mencionar al Servicio de Cartografía del Principado de Asturias (SITPA) (Alberto, Álvaro, José António) así como al Instituto Geográfico Nacional (IGN) (Sebastián, Antonio, Francisco Javier ...) y a mi antigua empresa SADIM (Tomás, Roberto, Ramón).

Pero sobre todo quiero dedicar esta tesis a dos mujeres: A mi compañera, Paloma y a mi madre, Milagros. Firmes pilares en los que me asiento cuando la tarea se vuelve casi imposible. Y no me olvido de mis hijos, Sergio, Ana y ahora también Julia.

Índices

Índice de contenidos

I	Introducción: crecimiento urbano disperso; definición, causas y consecuencias	9
II	Metodología y fuentes de datos: obtención de índices de desarrollo urbano a partir de Sistemas de Información Geográfica para España	23
III	Primer ensayo: dispersión urbana en España: diferencias entre ciudades y causas	57
IV	Segundo ensayo: análisis del crecimiento y dispersión urbana de la región de Madrid en el último cuarto del siglo XX	73
V	Tercer ensayo: descripción y análisis del crecimiento urbano en el área central de Asturias	103
VI	Resumen, conclusiones y recomendaciones de política económica	143
	Referencias bibliográficas	149

Índice de figuras

I.1	Elección entre la dimensión de la vivienda y el tiempo de desplazamiento (distancia al centro) en el marco de un modelo monocéntrico	17
II.1	SIG <i>ráster</i> (tomada del manual de referencia de <i>Geomedia Grid de Integrgraph Hexagon</i>)	34
II.2	Funciones de Mapálgebra (tomada de Tomlin D. 1990)	35
IV.1	Representación para la región de Madrid de la relación entre la dimensión de la vivienda (media municipal) y el tiempo de desplazamiento (distancia al centro medio de cada municipio), 2002	79
IV.2	Relación entre la dispersión, medida con el IDU, y distancia al centro en Madrid, 2002	86

IV.3	Relación entre la evolución de la dispersión, medida con el IDU de las nuevas construcciones, y distancia al centro en Madrid, (a) 1980-1995 y (b) 1995-2002	89
V.1	Representación simultánea del crecimiento y la aceleración de la urbanización en los distintos municipios Asturianos, 1996-2003-2006.	114
V.2	Relaciones entre las hipótesis de trabajo	131
V.3	Relación entre Disciplina urbanística (<i>IDis</i>) y tamaño poblacional, 1996	134
V.4	Relación entre el incremento de la Disciplina urbanística (<i>IDis</i>) entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional	135
V.5	Relación entre la Dispersión Urbana (<i>IDU</i>) y el tamaño poblacional, 1996	137
V.6	Relación entre el incremento de la Dispersión Urbana (<i>IDU</i>) entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional	138
V.7	Relación entre el incremento de la dispersión urbana (<i>IDU</i>) y la disciplina urbanística (<i>IDis</i>) entre 1996 y 2006	139
V.8	Relación entre el incremento de la dispersión urbana (<i>IDU</i>), la disciplina urbanística (<i>IDis</i>) entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional	140

Índice de mapas

II.1	Modelo Digital del Terreno ING-CNIG de España con sus Zonas Urbanas delimitadas	26
II.2	Distancias medias desde los municipios periféricos al municipio central de Madrid	38
II.3	Comparativa entre los edificios de dos cartografías en fechas distintas. La amarilla es más reciente	39
II.4	Índice de Concentración (<i>IC</i>) en el caso de la ciudad de Oviedo	42
II.5	Ejemplo de modelo geográfico y proceso de actualización en tres años (1994/1996, 2003 y 2006)	43
II.6	Ejemplo de cálculo del <i>IDU</i> para la ciudad de Oviedo (2002)	45

II.7	LQCBD de Madrid, Barcelona y zonas urbanas próximas.	48
II.8	Comparativa de las cartografías 1:5000 y 1:25000 para el análisis de la consistencia	49
II.9	Comparativa de las cartografías 1:5000 y polígonos temáticos SIOSE para el análisis de la consistencia	49
II.10	Comparativa de Madrid con resoluciones de 50,30 y 10m de tamaño de píxel	53
III.1	Mapa del Índice de Dispersión Urbana para las principales áreas urbanas y metropolitanas (ZU)	60
III.2	Crecimiento y dispersión urbana en el área metropolitana de Madrid (1982-2002)	62
IV.1	Edificaciones en Madrid, Comunidad Autónoma y área metropolitana, existentes 1980 (gris) y aparecidas en 2002 (negro)	78
IV.2	<i>Crecimiento de la edificación</i> de cada municipio respecto al promedio de toda la región de Madrid, 1980-2002	81
IV.3	<i>Aceleración</i> del crecimiento de cada municipio de Madrid en 1995-2002 respecto al crecimiento del mismo en 1980-1995	82
IV.4	<i>Densidad de construcción</i> : m ² construidos por habitante, 2002	83
IV.5	<i>Dispersión</i> urbana en Madrid: <i>índice de dispersión urbana</i> (IDU), 2002	84
IV.6	Evolución de la dispersión: <i>índice de dispersión urbana</i> (IDU) de nuevas construcciones en Madrid, (a) 1980-1995 y (b) 1995-2002	88
IV.7	Clasificación de los Municipios de Madrid en función de cuatro variables.	91
V.1	Crecimiento urbano en Asturias, 1996-2006	109
V.2	Comparativa de Crecimiento sobre orto-foto de Avilés, Gijón, Oviedo, Navia, Llanes y Cuencas Mineras en el periodo 1994.96-2006.	111
V.3	Mapas del crecimiento y aceleración de la urbanización en los distintos municipios Asturianos, 1996-2003-2006	113
V.4	Áreas metropolitanas policéntricas en España	128

V.5	Mapas de crecimiento, dispersión y disciplina	132
-----	---	-----

Índice de cuadros

II.1	Cobertura de la cartografía BCN y BTN utilizada en este estudio: vuelos realizados y Ha y municipios cubiertos	30
II.2	Cobertura de la cartografía BCN y BTN utilizada en este estudio: síntesis de la población y municipios cubiertos ordenados por tamaño poblacional	31
II.3	Índices Idis e IDU de municipios asturianos a escalas 1:5000 y 1:25000	50
II.4	IDU de Madrid con tres resoluciones diferentes (píxeles de 10,30 y 50 m de lado) y radios de 18, 25 y 10 celdas	54
III.1	Índice de Dispersión Urbana (<i>IDU</i>) para las principales Zonas Urbanas	59
III.2	Variables incluidas en el análisis de la dispersión urbana	66
III.3	Causas del crecimiento disperso en España: visión general	70
III.4	Causas del crecimiento disperso en España: Madrid y Barcelona	71
V.1	Porcentajes de tierra urbanizada y crecimiento del uso del suelo, 1996-2003-2006.	106
V.2	Resumen de las variables utilizadas	120
V.3	Factores explicativos del crecimiento urbano de los municipios asturianos, 1996-2006. Modelo Líneal	122
V.4	Factores explicativos del crecimiento urbano de los municipios asturianos, 1996-2006. Modelo Autoregresivo	125
V.5	Factores explicativos de la aceleración del crecimiento urbano de los municipios asturianos, 1996-2003-2006. Modelo espacial autoregresivo	125

Resumen

El crecimiento disperso es, sin duda, uno de los fenómenos urbanos más analizados por la literatura especializada. Es algo absolutamente lógico, dado que tiene un gran impacto tanto en el medioambiente como en la calidad de vida, así como en la evolución socioeconómica de las ciudades. Podemos intuir que los múltiples factores que lo determinan tienen un origen compartido: la generalización del automóvil en las ciudades modernas. No es extraño que sea en Estados Unidos donde la dispersión urbana comienza a hacerse patente a partir de los años 50. Sin embargo, en las últimas tres décadas, Latinoamérica y Asia han comenzado a desarrollar el fenómeno, que incluso ha llegado a las ciudades europeas, tradicionalmente compactas.

En esta memoria de tesis doctoral, estudiamos las causas y consecuencias del crecimiento urbano disperso a través de tres casos prácticos. Después de un breve repaso al estado del arte (capítulo I) y algunas ideas sobre la metodología empleada (capítulo II), comenzaremos estudiando el caso de las zonas urbanas de la España peninsular en el capítulo III.

Las ciudades españolas han estado creciendo muy rápido en las últimas dos o tres décadas, y como una consecuencia indeseable, sufren la creación de una gran burbuja inmobiliaria al final del proceso de urbanización en este periodo. Es desde este contexto desde el cual estamos interesados en medir y explicar el dónde y el porqué de la aparición de la dispersión urbana en las ciudades españolas. Para ello se ha diseñado un índice de medición de la dispersión urbana (*IDU*) que se obtiene mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), integrando y elaborando información procedente de imágenes del territorio, mapas digitales y ortofotos tomadas alrededor del año 2000 y de completa cobertura territorial. Se ha aplicado a todas las zonas urbanas de la España peninsular, y a las municipalidades que las componen, proporcionando una medida comparable de la dispersión e identificando las áreas donde este fenómeno es más relevante. A partir de aquí, se realiza un segundo análisis para intentar explicar los contrastes en la dispersión urbana entre las

diferentes ciudades españolas, a través de regresiones unidas a los análisis de dependencia espacial en el caso de los municipios, usando técnicas específicas conocidas. Se han reconocido los casos más afectados por la dispersión urbana a las urbanizaciones que son más recientes, en la costa del Mediterráneo así como en algunas áreas periféricas de grandes ciudades, las montañas al norte de Madrid y la línea de costa próxima a Barcelona y Valencia. En estos casos, la dispersión urbana está comenzando a ser un problema para el entorno y la sostenibilidad con importantes consecuencias en la futura evolución de las ciudades afectadas.

A continuación, se estudian algunas regiones particulares españolas comenzando por el caso de Madrid en el Capítulo IV. Para realizar la base cartográfica del estudio ha sido necesario homogeneizar e integrar cartografía analógica y digital proveniente de varios vuelos fotogramétricos entre 1974 y 2002, lo que nos ha permitido disponer de una base de datos espacial georeferenciada muy precisa, usada para calcular índices de crecimiento y densidad en la construcción de edificios y las dinámicas de las nuevas áreas residenciales así como la evolución del crecimiento disperso a través del IDU. Observamos que Madrid ha crecido de forma dispersa en los municipios más alejados del centro y no saca partido a todas las posibilidades de los terrenos más próximos. Se detecta asimismo que las áreas urbanizadas periféricas son más dispersas que las áreas centrales. Por último, proponemos una metodología de clasificación de municipios en función de variables que definen el crecimiento de la construcción de edificios y la dispersión, usando la tecnología de las agrupaciones estadísticas.

Asturias es la región que se estudia a continuación en el Capítulo V. Aunque es una de las regiones españolas menos afectada por el impacto de la ya mencionada burbuja inmobiliaria, no hay duda que no ha escapado a la tendencia general del país. El análisis de esta región es especialmente interesante debido al desarrollo de una conurbación policéntrica en su área central, así como de la coexistencia de diferentes tipos de desarrollo urbanos en un espacio relativamente pequeño. Se propone una metodología basada

en la descripción y análisis de la información contenida en la cartografía digital. A través de la aplicación de análisis estadístico con modelos que incluyen dependencia espacial de la información, podemos identificar las causas del crecimiento urbano y describir los diferentes patrones que lo conforman, así como identificar el efecto de la burbuja inmobiliaria en la morfología urbana que se consolida, entre otras causas, como un inevitable resultado de la falta de coordinación entre los municipios que constituyen el área central de Asturias.

Por otro lado, las políticas locales de descentralización son un factor relevante que incrementa las probabilidades de experimentar un crecimiento disperso de la ciudad. Asturias es una pequeña región del norte de España en el que las tres principales ciudades crecen constituyendo un área policéntrica descentralizada. Del mismo modo que en casos anteriores herramientas de SIG se utilizan para contrastar las diferentes hipótesis que presenta el caso. Los resultados nos llevan a confirmar el efecto en la dispersión y disciplina urbanística de las pequeñas áreas locales integradas en un espacio metropolitano emergente, pudiendo ser éste aminorado a través de la implementación de políticas integradoras en dicho espacio.

Por último, se completa la memoria con la sección de conclusiones y la Bibliografía citada.

Summary

Urban sprawl is one of the most studied urban phenomena. It has a great impact on the environment, public health and socio-economic evolution of cities. The causes are multiple, mainly being connected with the generalization of the automobile in modern cities. Urban sprawl has been occurring in U.S. cities since the 50's, but in the last three decades it has started to appear in Latin-American and Asian cities and even in the old traditionally compact European ones. We are trying to demonstrate the causes and consequences of sprawl through three practical cases.

After a light state of art (chapter I) and some ideas about methodology (chapter R II), we start studying the case of the whole urban Spain in chapter III.

Spanish cities have grown rapidly over the last two or three decades. The country has completed the process of urbanization and has suffered the effects of a major real estate bubble. In this context, we are interested in measuring and explaining where and why urban sprawl has appeared in Spanish cities. Digital mapping carried out around the year 2000 providing full coverage of Spain is used to calculate an Urban Sprawl Index (USI). It is applied to all urban areas and municipalities throughout the country, providing an objective, comparable measurement of sprawl and identifying which areas are most affected by this phenomenon. A second stage of analysis is performed in an attempt to explain the causes of the differences in sprawl among Spanish cities with a simple regression model based on the literature. We have found that the cases most affected by sprawl are the latest urban developments on the Mediterranean coast as well as certain areas in the vicinity of large cities: the mountains to the north of Madrid and the coastline near Barcelona and Valencia. In some cases urban sprawl is starting to become a problem for the environment and urban sustainability, with important consequences for the future evolution of the affected cities.

Next, we study some singular Spanish regions and we are getting start with Madrid in the chapter IV. To make the analysis digital cartography, homogenization has been made integrating the information of several photometric flights since 1974 to 2002. It allows us to have very precise georeferenced database that is used in the calculation of several indexes of building growth and density, evolution of new residential areas as well as urban sprawl index. We observe that Madrid has to grow dispersed in the peripheral municipalities and do not use all land possibilities of closer areas. We also identify that peripheral urbanization is more sprawled than central areas and we perform an attempt of classifying using cluster's methodology with variables of building growth and sprawl.

Asturias is the next region to be studied in Chapter V. It's one of the Spanish regions with the lower real estate bubble but is clear that this region has participated in the national trend. The characteristics of this region make it particularly interesting for analysis due to the development of a polycentric conurbation in central area and coexistence of different types of urban development in a small space. We propose a methodology based on the description and analysis of information contained in the digital cartography. Applying statistical analysis with models that include spatial dependence of the information we could identify the causes of urban growth and describe the different patterns that were followed. We identify the sources affected by processes of real estate bubble and the urban morphology that is consolidated as a result, between others, of the lack of coordination between municipalities belong to asturian central area.

In other hand, the local policy decentralization is a relevant factor which impulse the probabilities of suffer a dispersed city growth. Asturias is a small region in the north of Spain in which three cities growth generating an emerging polycentric and a decentralized metropolitan area. As usual, we apply GIS to studying and contrasting several hypotheses in this case. Our result brings us to confirm that this case trend to generate sprawl due to the role of the small local areas, which are integrated in the emerging

metropolitan space. However, this behavior could be easily avoided through a political integration of the new metropolitan area.

Finally the sections of conclusions and bibliography are closing the dissertation.

I

Introducción

Crecimiento urbano disperso: definición, causas y consecuencias

Las ciudades son motores de desarrollo económico, cuna de creatividad y espacio de interacción social. Pero, al mismo tiempo, las aglomeraciones urbanas generan polución, disparan los costes del suelo y producen diversos problemas asociados a la saturación. La clave para aprovechar al máximo las ventajas asociadas a las ciudades minimizando sus costes reside en su modo de organización. Cómo crece una ciudad, cómo usa el suelo, cómo utiliza los recursos, qué forma adquiere... son factores fundamentales para impulsar sus potencialidades como motor de desarrollo sin tener que soportar altos costes de congestión. Es por ello que los estudios urbanos, desde distintas perspectivas, son una de las temáticas más relevantes en las ciencias sociales.

La dispersión urbana es uno de los fenómenos urbanos más estudiados y sujetos a controversia en esta literatura dedicada al análisis de la ciudad. A partir de la revolución industrial las emergentes metrópolis crecieron en altura. Pero desde los años 50 del pasado siglo muchas ciudades a lo largo

del mundo tuvieron un patrón de crecimiento de uso extensivo del suelo con una fuerte tendencia a la dispersión. No hay un consenso entre urbanistas en la definición de este fenómeno y menos aún en las posibles consecuencias del mismo: muchos autores lo consideran una inevitable consecuencia del desarrollo económico que puede tener ventajas importantes en la gestión del transporte y en la calidad de vida, aunque la corriente que más ha crecido es la que lo considera un fenómeno dañino que produce un impacto relevante en el medioambiente, la salud pública y el desarrollo económico de las ciudades. Sobre este aspecto, hay que destacar dos excelentes artículos de investigación con una amplia revisión de la literatura y un análisis muy preciso de las ciudades de Estados Unidos pero con posiciones encontradas en el debate sobre la calificación de las consecuencias de la dispersión urbana. Se trata de Bruecker (2000) y Glaeser y Kahn (2004).

Las primeras ciudades que empiezan a experimentar un crecimiento disperse son las emergentes ciudades del centro y oeste de los Estados Unidos. Este modelo fue seguido primeramente en América Latina, como refieren Gilbert (1996) o Polèse y Champain (2003), y posteriormente a las ciudades asiáticas como refleja Bunnell *et al.* (2002) para llegar a ser hoy en día un problema global.

En cuanto a Europa, sus ciudades eran diferentes a las americanas o asiáticas. Las ciudades del viejo continente se concentraron alrededor de centros históricos muy densos y sus anexos comerciales y de negocios. Nítidamente siguieron un modelo de crecimiento monocéntrico con un centro de referencia y una estructura jerarquizada de subcentros. Pero este modelo está cambiando en las últimas cuatro décadas (ver Couch *et al.*, 2007) con un gran crecimiento de la dispersión urbana. De hecho, la Comisión Europea (2006) considera los países del sur y este de Europa como potenciales candidatos a un proceso explosivo de dispersión urbana.

El caso de España es quizás uno de los más interesantes de Europa. Y ello es debido fundamentalmente a la alta presión sobre algunas zonas del país de la demanda de viviendas debida al crecimiento del turismo y de las

viviendas de segunda residencia. Este hecho ha sido decisivo en que la economía española aún está sufriendo las consecuencias del estallido de una de las mayores burbujas inmobiliarias de Europa (Romero, 2012). El crecimiento español en las últimas cuatro décadas del siglo XX fue muy rápido y concentrado. Ciudades como Madrid o Barcelona doblaron su población en menos de 20 años. Esto mismo es aplicable a otras grandes zonas urbanas del país, al mismo tiempo que las áreas rurales perdieron la mayor parte de su población en el mismo periodo. El incremento de los estándares de vida asociado a la urbanización con sus cambios de costumbres, así como la aparición de presiones especulativas sobre el suelo, hicieron a los españoles potenciales víctimas del crecimiento urbano disperso. Sin embargo, las ciudades españolas se articulan alrededor de centros históricos consolidados de los que los ciudadanos gustan disfrutar, paseando y haciendo vida social y comercial, de modo mucho más destacado que en otros países esto ayuda a mantener la metrópolis típica española compactada (Muñoz, 2003).

Definición y medida del fenómeno de dispersión urbana

El fenómeno del crecimiento urbano disperso o expansión urbana dispersas, ambos conceptos (dinámico y estático) normalmente denominados por la palabra inglesa *sprawl*, ha dado lugar en los últimos años a múltiples definiciones, a veces incompatibles generando inevitablemente confusión. Por ello, uno de los objetivos principales de la última década en torno al análisis del crecimiento urbano disperso ha sido tratar de ofrecer una definición precisa del concepto que, además, diera paso al desarrollo de trabajos cuantitativos.

Jaeger y Schwick (2014) resumen acertadamente algunas de las definiciones de crecimiento urbano disperso, que reproducimos a continuación en función de la fecha de su publicación. Así, la Akademie für Raumforschung un Landesplanung (1970) la define como “Por una parte, la expansión de edificaciones urbanas en áreas suburbanas y rurales y por otra parte, el crecimiento desorganizado de incipientes núcleos en regiones rurales

(granjas separadas, casas de trabajadores rurales, segundas viviendas) así como las primeras industrias o áreas comerciales donde herrerías, fundiciones o minas sirvieron de núcleos para el crecimiento disperso. Adicionalmente, el término se aplica al asentamiento desordenado de casas o grupos de casas de segunda residencia, por tanto sólo temporalmente ocupadas, fuera de las áreas urbanas próximas”. Definición muy ceñida a las consecuencias en entornos concretos centroeuropeos.

Por otro lado Ermer *et al.* (1994), da un paso hacia la abstracción, considerándola como “Proceso de expansión de áreas de asentamiento con excesivo uso de terrenos no urbanizados a través de un crecimiento desordenado y de baja concentración en las franjas de las aglomeraciones urbanas”.

De modo más analítico e intentando establecer los factores que caracterizan el fenómeno, Ewing *et al.* (1997) la define como “la combinación de tres características: (1) crecimiento urbano a saltos (leapfrog) o disperso; (2) Desarrollo comercial en bandas; (3) Desarrollos urbanísticos de baja densidad o de usos sencillos así como por su baja densidad constructiva y falta de equipamientos”.

En la línea germana de definir el fenómeno a partir de sus consecuencias, Leser y Huber-Fröhli (1997) consideran el desarrollo urbano disperso como “el desenfrenado crecimiento de asentamientos que influye en el área urbana. El peligro del crecimiento disperso en un territorio es particularmente alto en la franja urbana de las grandes ciudades, no sólo debido a las actividades de construcción residencial expansivas sino también a las edificaciones de finalidad económica (negocios industriales, aeropuertos, etc). En los últimos tiempos, el crecimiento urbano disperso amenaza las áreas de recreo próximas atractivas a través del crecimiento de la construcción de segundas residencias.”

De forma práctica y donde ya se apunta a la importancia del automóvil en la definición del fenómeno, Sierra Club (1999) lo considera como el “Desarrollo urbanístico de baja densidad situado fuera de la zona de influencia de las

zonas de servicios o empleos, de modo que la gente queda separada de donde vive de donde compra, trabaja, se divierte o se educa. Por ello el coche se necesita para moverse entre zonas”.

En la misma línea que la definición anterior, USHUD (1999) considera el crecimiento urbano disperso como “Un desarrollo de tipo suburbano particular caracterizado por asentamientos de baja densidad, tanto residencial como no residencial; caracterizado por el uso del automóvil para moverse, expansión ilimitada hacia el exterior creando nuevas subdivisiones y desarrollo a saltos (*leap-frog*) de estas subdivisiones así como la segregación del uso del suelo por actividad”.

En la definición de Landscape Gesellschaft für Geo-Kommunikation (2000-2002) se introduce en la definición consecuencias concretas del fenómeno, incluyendo el efecto del precio del suelo. Así el crecimiento urbano disperso es un “Crecimiento exterior no planificado, no sistemático e intensivo en terreno, principalmente del tipo de asentamientos de las áreas rurales no urbanizadas y es una consecuencia de la urbanización progresiva. El deseo de vivir en zonas verdes, segundas residencias, centros comerciales fácilmente accesibles, parcelas industriales baratas, la necesidad de espacio de las infraestructuras de transporte y la falta de límites impuestos en la planificación regional y en la protección medioambiental lleva a construir en los lugares donde el suelo es más barato. De este modo, espacios no urbanizables, áreas de recreo y zonas ecológicamente sensibles se pierden, se dividen o disminuyen, y pierden sus funciones ecológicas o socioeconómicas”.

Es Galster *et al.* (2001) quien establece de modo claro los parámetros que influyen en el crecimiento disperso como ya apuntaba Erner *et al.* (1994). Lo define como “un patrón de uso del suelo en un área urbana que muestra bajos niveles en la combinación de las siguientes variables: densidad, continuidad, concentración, centralidad, uso mixto y proximidad”.

En la línea de definir el crecimiento urbano por sus consecuencias, Ewing *et al.* (2002) lo define como “Es el proceso en el cual la expansión del desarrollo

a través del terreno supera de lejos al crecimiento de la población. El crecimiento urbano disperso tiene cuatro dimensiones: una población que está ampliamente dispersa en desarrollos urbanísticos de baja densidad. Separación rígida de residencias, tiendas y lugares de trabajo. Una red viaria caracterizada por servir grandes bloques urbanos y mala accesibilidad y por último, una falta de centros de actividad emergente bien definida como en los centros urbanos de las ciudades. La mayor parte de otras cuestiones asociadas con el desarrollo urbano disperso (la falta de alternativas de transporte, uniformidad y pocas opciones de elección de casas o las dificultades para pasear) son el resultado de esas condiciones.”

La profundización en el concepto de crecimiento a saltos, ya introducido por Ewing *et al.* (1997) aparece en la definición Burchell and Galley (2003) para los que el crecimiento urbano disperso es un “Desarrollo urbano de baja densidad, a saltos (*loop-frog*) caracterizada por una extensión ilimitada hacia el exterior. En otras palabras, es un desarrollo significativo, residencial o no, en una zona no urbanizada. En un primer momento, este desarrollo es de baja densidad, salta después a otro lugar estableciendo un área periférica de modo que resulta ilimitado en el tiempo”.

Glaeser y Kahn (2004) realiza una de las más completas revisiones de los trabajos más influyentes sobre el crecimiento urbano disperso y sus consecuencias y llega a un modo de definirlo similar al propuesto por Galster *et al.* (2001) y donde se tiene en cuenta los distintos aspectos que interactúan en una ciudad dispersa.

Por último, Jaeger *et al* (2010) incluyen algunas novedades a su definición. Por una parte unifican en el término inglés de *sprawl* tanto el crecimiento urbano disperso (dinámico) y como el hecho de la expansión dispersa (estático). Por otro lado, incluyen el efecto de “extensión” del área que crece o ha crecido de modo disperso. Así, para ellos es un “Fenómeno que puede ser visualmente percibido en el terreno. Cuanto más impactos de edificaciones haya en el terreno, mayor crecimiento urbano disperso habrá en el mismo. También denota la extensión de un área construida y su dispersión en el

terreno. Tendremos mayor grado de dispersión urbana cuanto más área esté impactada y más dispersos estén los edificios. El término crecimiento urbano disperso puede ser usado para describir ambos estados así como el proceso de su generación. Las causas, consecuencias y valoraciones de la dispersión urbana se distinguen del fenómeno de dispersión urbana propiamente y por tanto no forma parte de su definición

A pesar de que esta definición permite llegar a un indicador que cuantifique el desarrollo urbano disperso, los autores proponen un índice que pondera los tres elementos considerados que presenta un serio problema de subjetividad tanto en las ponderaciones como en la elección de las dimensiones consideradas. Por ello, Burchfield *et al.* (2005) da un paso más allá en la simplificación del concepto concretando el fenómeno como “cuando sea el desarrollo disperso o compacto”, de forma que “en las áreas con desarrollo disperso la mayor parte del suelo alrededor de las edificaciones promedio no está desarrollado”. Esto deja el desarrollo urbano disperso delimitado solamente por una dimensión, el nivel de dispersión de la edificación, lo que simplifica su cuantificación.

Burchfield *et al.* (2005) proponen un desarrollo urbano disperso coherente con su definición y que es posible a partir de las posibilidades que ofrecen los (SIG) Sistemas de Información Geográfica (traducción del término en inglés *Geographic Information System*, GIS). Estos autores usan concretamente las imágenes del TM LANSAT con 30x30 metros de resolución proporcionando una fotointerpretación en un escenario SIG. A partir de ello es posible delimitar los píxeles construidos pertenecientes a áreas rurales o urbanas y considerar un radio de 1Km² alrededor de cada píxel construido de modo que

$$IDU = 100 \left[1 - \frac{\text{Urban píxel}}{18^2 \pi} \right] \quad [I.1]$$

Por lo tanto, valores próximos a 100 indicarán una mayor dispersión (Burchfield *et al.*, 2005). Este trabajo ha tenido un gran impacto y la visión de estos autores se ha extendido tanto en el ámbito de la geografía como en el de la economía urbana publicándose múltiples trabajos basados en la idea

original de Burchfield *et al.* (2005). Algunos de estas investigaciones han ampliado los análisis a aspectos de morfología urbana o estructura de las ciudades. En esta tesis optamos por aplicar el procedimiento de medición de la dispersión propuesto por Burchfield *et al.* (2005) al caso concreto español aprovechando el potencial de las bases de datos disponibles para este país.

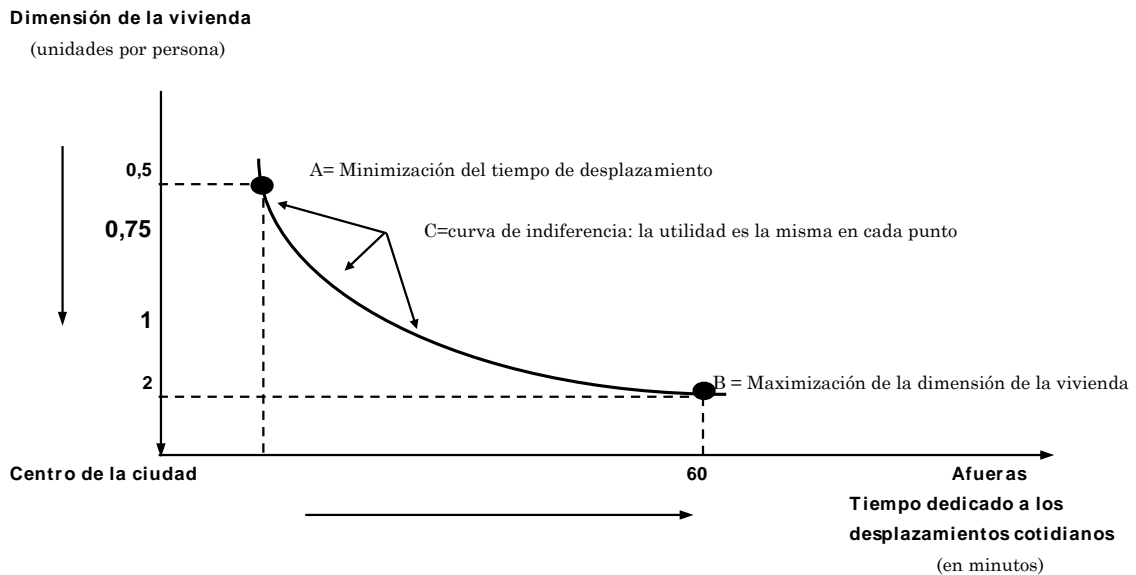
Marco teórico de referencia: el modelo monocentrico y los factores que conducen a su anulación

Alonso presentó en los años 60 su modelo de crecimiento urbano monocéntrico (Alonso, 1964). Con su trabajo lograba sintetizar una amplia literatura dedicada a comprender el crecimiento de las ciudades y las distintas formas urbanas. El modelo fue perfeccionado por Mills (1967), Muth (1969) y Wheaton (1974) entre otros. Brueckner (1987) ofrece una extraordinaria integración de los sucesivos avances, coherente con la teoría microeconómica. Dicho modelo nos sirve de guía para comprender las decisiones de localización intra-urbana de familias y empresas que van conformando la morfología de las ciudades.

El modelo de ciudad monocéntrica parte del supuesto de que todo el empleo de la ciudad se concentra en el centro de la misma en el centro de negocios conocido habitualmente en la literatura como *CBD: central bussines district*. Todos los trabajadores se mueven diariamente desde el lugar donde residen a este centro de negocios. Las familias de esta ciudad toman la decisión de localización de su residencia en función a sus diferentes preferencias sobre el tamaño de su vivienda y el tiempo de desplazamiento diario dada una restricción presupuestaria. Gráficamente la Figura I.1 recoge esta idea con una curva de utilidad estándar donde cada familia escoge entre una vivienda más pequeña pero más próxima al centro o mayor pero a mas distancia. La curva representada recoge el conjunto de combinaciones que reportan la misma utilidad a una determinada familia. Ésta será indiferente entre dos puntos como A y B donde en A tiene una vivienda pequeña pero

muy céntrica y en B una vivienda alejada del centro pero de amplias dimensiones.

Figura I.1. Elección entre la dimensión de la vivienda y el tiempo de desplazamiento (distancia al centro) en el marco de un modelo monocéntrico



La estructura mono-céntrica de la ciudad, con todo el trabajo localizado en el centro, genera una fuerza concentradora alrededor del mismo. Aunque una familia opte por maximizar el tamaño de su vivienda lo hará sujeta a la restricción de minimizar el tiempo de desplazamiento al centro, lo que asegura que la ciudad crezca compacta. Bajo los supuestos del modelo monocéntrico nada conduciría a que las zonas residenciales fueran significativamente más dispersas que las zonas en puntos como A. En B el m² de vivienda será más barato de media, lo que implica la posibilidad de tener viviendas más grandes que en A para una misma restricción presupuestaria. Por la misma razón en A el suelo tiene precios más altos de media que son mayores cuanto más cerca está el centro, lo que se reflejara en un crecimiento en altura. Todo ello puede hacer que haya más densidad de m² construidos en A que en B pero no deberían observarse, bajo los supuestos del modelo monocéntrico, un cambio de patrón drástico en la dispersión de las edificaciones. Como señala Brueckner (2000) el patrón uniforme se tendera a reforzar cuanto mayor es la ciudad: en ciudades muy pobladas con crecimientos muy fuertes hay mayores distancias, de modo que

se evitara la dispersión para garantizar la minimización de la distancia al centro a lo largo de la ciudad.

Sin embargo, en la realidad existen muchos factores que pueden alterar los supuestos del modelo monocéntrico y provocar un crecimiento urbano disperso.

Uno de los elementos más relevantes es la aparición de un gran cambio tecnológico en el modo de transporte: el vehículo y su generalización (Glaeser y Kohlhase, 2004). El vehículo ofrece la posibilidad de recorrer grandes distancias en poco tiempo. La minimización de la distancia al lugar de trabajo pierde importancia y es posible darle más peso al tamaño de la vivienda y la amplitud de su entorno abriendo la puerta a un desarrollo urbano más disperso. Si la aparición y generalización del vehículo privado viene acompañada de ciertas políticas que incentivan su uso el impacto sobre la ciudad será aún mayor (Squires, 2002). La construcción de grandes autopistas que comunican los barrios con el centro, políticas de abaratamiento de la gasolina o falta de atención al desarrollo y calidad de los servicios de transporte público incentivan el uso del vehículo privado y provocan mayor dispersión urbana.

El tamaño de las ciudades, en términos de población, es fundamental dado que puede llegar a anular el efecto dispersor del vehículo privado. Tal y como señalábamos, cuando la presencia del automóvil se consolida, la distancia pierde influencias, pero la ciudad es aún monocéntrica. Las ciudades podrían crecer manteniendo su monocentrismo aunque con un crecimiento más disperso en las áreas más recientes. Incluso el crecimiento a saltos discontinuo (*leapfrogging*) podría aparecer ya que puede ser una decisión económica óptima posponer el desarrollo de ciertos suelos con la esperanza de ganancias futuras por la subida de precios (Brueckner, 2000). Pero el efecto del coche podría diluirse o incluso desaparecer si el tamaño de la población es suficientemente grande como para producir congestiones de tráfico. Eso lleva a incrementar los tiempos de transporte en las autopistas a veces de modo dramático y que la localización o lo que es lo mismo, la

distancia, vuelva a ser relevante (Turner, 2005). En las grandes ciudades en términos de población, cuanto mayor sean las congestiones de tráfico y las presiones para construir en solares vacíos bien localizados menor será el crecimiento urbano disperso.

El modelo monocéntrico asume un modelo plano y sin entidades alrededor del *CBD*. Pero el espacio no es plano en absoluto. Existen importantes diferencias entre los recursos naturales y comodidades de las diferentes zonas de las ciudades y entre ciudades. Así las ciudades tienen diferentes climatologías, acceso al agua, pendientes o altitudes. Estos factores geográficos podrían explicar una parte fundamental de la concentración de la población (ver Ohls y Pines, 1975; Fujita, 1976 o Mills, 1981 entre otros). Cómo se distribuye el agua o barreras naturales al crecimiento urbano, debidas a la presencia de montañas o a grandes extensiones de agua, pueden explicar los procesos urbanos de dispersión y concentración. Incluso la temperatura podría explicar ciertos modos de desarrollo tradicional de las ciudades. Así las ciudades que se desarrollan en lugares cálidos y secos tienden a concentrarse. En el caso de España, un factor fundamental puede ser la presencia y proximidad a la costa (Catalan *et al.*, 2008).

Todos los factores previos introducen modificaciones que no alteran la esencia del modelo: el enorme atractivo que ejerce el *CBD*. Pero como Anas *et al.* (1998) explica las áreas metropolitanas pueden crear policentros de modo que absorban puestos de trabajo del *CBD*. Los modelos de Fujita y Ogawa (1982) e Imai (1982) muestran como fácilmente una estructura monocéntrica puede convertirse en una policéntrica. Lucas y Rossi-Hansberg (2002) han propuesto recientemente un modelo que explica bajo qué condiciones este cambio podría ocurrir. Así establecen que hay una dependencia de la intensidad de las fuerzas de la aglomeración, que a su vez dependen de la especialización económica de la ciudad en los sectores de actividad más sensibles a dichas economías de aglomeración.

En su estudio con los códigos postales de empleos, Glaeser y Kahn (2001) explican que el grado de descentralización del empleo varía ampliamente

tanto entre ciudades y como entre sectores. Además, sectores como los servicios empresariales donde la comunicación es particularmente importante tienden a ser más centralizados. Es el modelo de equilibrio general de sistemas de ciudades propuesto por Henderson (1974, 1987) en el que las ciudades especializadas en sectores con fuertes economías de la aglomeración tienen el suelo más caro, lo que compensa los salarios más altos resultantes en dichas economías. Esto implica edificios más altos con unidades más pequeñas y un desarrollo más compacto. En consecuencia, las ciudades especializadas en sectores donde el empleo tiende a ser más centralizado será más compacto. En las ciudades especializadas en sectores donde el empleo es menos centralizado, y en los que es más fácil utilizar un coche, las zonas residenciales suelen ser más dispersas.

La fragmentación política en un área metropolitana con distintas unidades político-administrativas, compitiendo por atraer población, puede también impulsar el fenómeno de dispersión en ciertas zonas (Fischel, 1985). Todo ello puede conducir a la generación de estructuras urbanas policéntricas, lo que termina por anular la capacidad compactadora de un centro fuerte, véase Fujita y Hideaki (1982), Imai (1982) o Lucas y Rossi-Hansberg (2002) entre otros. Indudablemente es también muy importante la estructura económica de la ciudad (Henderson, 1974 y 1987): aquellas ciudades especializadas en sectores muy sensibles a las economías de aglomeración mantienen la fuerza del centro principal, mientras que aquellas urbes especializadas en sectores tendentes a localizarse en la periferia de la ciudad (manufacturas) y que hacen un uso extensivo del suelo tendrán mayor tendencia a perder la fuerza compactadora del centro.

Objetivo y estructura de esta tesis

El fenómeno de la dispersión urbana no constituía un problema relevante en la España de los años 80 y primeros 90. Sin embargo, el desarrollo urbano tan intenso experimentado por las principales metrópolis peninsulares parece haber dado lugar a que muchas de ellas hayan modificado su patrón

de crecimiento compacto por uno mucho mas disperso. En este contexto surge la motivación que inspira este trabajo.

Definido el concepto de dispersión urbana, y una vez que tenemos el marco teórico de referencia, el modelo monocentrico y los factores que pueden anularlo, el objetivo que pretende desarrollar esta tesis es estudiar en que medida el fenómeno de la dispersión urbana ha afectado a las ciudades españolas en su expansión durante las dos ultimas décadas. Nos apoyamos fundamentalmente en el concepto de dispersión propuesto por Burchfield *et al.* (2005) y en la propuesta que estos autores hacen de una medida de dispersión urbana basada en los Sistemas de Informacion Geográfica (véase expresión [I.1]). Aplicaremos esta idea general adaptada a las características del caso español y de la cartografía digital disponible en nuestro país. Pero una vez que dispongamos de una medida apropiada de dispersión urbana, podemos estudiar multiples aspectos relacionandolos con la misma. Los tres ensayos de los que consta esta tesis son tres ejemplos de tres posibles análisis.

En el capítulo II, capítulo siguiente, describiremos los aspectos metodológicos de la tesis. Se explicara el desarrollo experimentado por los Sistemas de Información Geográfica en los últimos años y las potencialidades de estas técnicas en el análisis urbano. Se revisarán las bases de datos y cartografía existentes y las ventajas y desventajas de usar cartografías más agregadas o más desagregadas. Con todo ello, se plantearan una serie de índices con los que se puede estudiar la dispersión, el crecimiento, la disciplina urbanística o el grado de concentración de las ciudades.

Los capítulos III, IV y V presentan tres ensayos en los que se emplean estas técnicas para el estudio del crecimiento de las ciudades españolas.

El capítulo III contiene el ensayo principal que da título a la tesis: el estudio de la dispersión urbana en las ciudades españolas. Se calcula para datos de 2000 el índice de dispersión urbana propuesto en el capítulo II y se analiza la situación de las distintas urbes españolas. En busca de los elementos

explicativos de las diferencias en dispersión que se observan se propone un modelo empírico de regresión con dependencia espacial que se aplica a distintos niveles espaciales, alcanzando interesantes conclusiones que son finalmente discutidas.

En el capítulo IV se entra en un caso particular que llama especialmente la atención en el análisis general hecho en el capítulo III: el caso de Madrid. Como se podrá ver esta ciudad presenta un crecimiento muy compacto pero a saltos. Se trata de comprender porqué ocurre este fenómeno y cuales pueden ser sus causas.

Otro caso especialmente interesante es el del área central de Asturias: una emergente metrópolis policéntrica originada a partir del crecimiento de tres ciudades y varios núcleos poblacionales localizados en un radio de 25 kilómetros. Este caso es, además, muy próximo a nosotros, lo que motiva un interés especial por nuestra parte. El área central de Asturias ha crecido extraordinariamente, sin coordinación de las políticas urbanas de los municipios afectados. El área presenta, como consecuencia de ello, un desarrollo particular donde, entre otros aspectos, aparece un elevado grado de dispersión urbana. Abordamos este análisis en el tercer ensayo de la tesis, capítulo V.

Se completa el trabajo con una sección final de conclusiones y recomendaciones de política económica. En esta sección también se plantean otros casos interesantes que pueden seguir estudiándose en el futuro y que abren amplias oportunidades de investigación académica.

II

Metodología y fuentes de datos

Obtención de índices de desarrollo urbano a partir de Sistemas de Información Geográfica para España

Las herramientas denominadas genéricamente Sistemas de Información Geográfica (SIG en adelante) permiten crear un modelo de territorio adaptado a la geometría de la tierra, en el que se incluyen, no sólo elementos gráficos e imágenes, sino también información alfanumérica asociada o georeferenciada en forma de bases datos.

En los últimos tiempos estas herramientas SIG han mejorado extraordinariamente y, en paralelo, se han producido enormes progresos en los programas de tratamiento de la información así como en el continuo aumento en la potencia de los ordenadores. Gracias a todo ello se pueden manejar considerables volúmenes de datos soportados en ficheros de hojas de cálculo o bases de datos basadas en ficheros, lo que obvia la complejidad del uso de grandes sistemas de gestión de bases de datos relacionales que exigen conocimientos complejos para su puesta en marcha y explotación, así como un soporte de *hardware* especializado.

Al mismo tiempo hemos asistido a intensos esfuerzos para conseguir una normalización de los datos geográficos a través de las tecnologías que

utilizan la interoperabilidad entre metodologías que parte de la iniciativa privada a través del Open GIS Consortium (OGC)⁽¹⁾ constituido por los principales proveedores de software y hardware de estas disciplinas y continúa con la constitución y desarrollo del TC211⁽²⁾ como grupo de trabajo de ISO que fija los estándares que han sido la base de la vigente norma ISO 19115⁽³⁾. En González *et al* (2001,2002) se profundiza en dos ejemplos de interoperatividad en diferentes ámbitos de aplicación. Basado en la interoperatividad y su normalización “de facto”, los países de la UE han puesto en marcha la iniciativa INSPIRE⁽⁴⁾ que aplica los principios establecidos en la norma para los datos y metadatos (datos acerca de datos) geográficos en las administraciones públicas. En el caso de España el CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica) lidera la coordinación de datos generados por las administraciones través del grupo IDEE⁽⁵⁾ (Infraestructura de Datos Espaciales de España). En Asturias, a su vez, se estableció el proyecto IDEAS (Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias) liderado por el Servicio Cartográfico del Principado de Asturias a través del SITPA (Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias).

Todo este conjunto de datos y tecnologías para su tratamiento convierte al análisis SIG en una herramienta extraordinariamente poderosa para el estudio de aspectos de Economía Urbana como los que se han apuntado en la introducción (capítulo I) de esta tesis. En objetivo de este capítulo es hacer un resumen de los aspectos mas importantes de estas metodologías para llegar a la propuesta de una serie de índices de crecimiento y forma urbana que serán la base principal de los ensayos aplicados de los capítulos siguientes. En el siguiente apartado se presentarán las bases de datos georeferenciadas de las que disponemos en España y que constituyen la base de nuestro trabajo. Tras ello se plantean algunas reflexiones técnicas sobre la metodología con la que se trataran estos datos exactamente. Finalmente se proponen de forma general varios índices que, más adelante, serán precisados y aplicados a cuestiones de investigación concretas.

Cartografías digitales y bases de datos geo-referenciadas disponibles en España

Como hemos visto en la introducción en esta tesis plantearemos tres ensayos sobre Economía Urbana apoyados en SIG que proponen tres preguntas de investigación diferentes en tres ámbitos espaciales distintos: (i) España, (ii) Madrid y (iii) Asturias. Tenemos por lo tanto tres fuentes de datos, una para cada análisis, que pasamos a describir a continuación.

La información del IGN-CNIG para España

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Investigación Geográfica (CNIG) elaboran la cartografía de base 1:25.000 para todo el territorio español. Para la realización del primer ensayo, capítulo III, utilizamos la cartografía correspondiente al año 2000 para el conjunto nacional.

Obviamente estamos interesados sólo en las zonas urbanas por lo que hemos seleccionado la cartografía de los espacios urbanos principales del país. El nivel más alto de desagregación administrativa en España es el Municipio. El país está dividido en 8.106 municipios pero menos de 1/3 puede considerarse urbano y la mayor parte son rurales. Estos municipios son pequeños en términos de superficie en general y las grandes ciudades como Madrid o Barcelona pueden incluir en su zona área metropolitana más de 50 municipios. Por estas razones se deben delimitar las zonas urbanas. El Ministerio de Fomento define como Zona Urbana (ZU) áreas que agrupan municipios con población total alrededor de un municipio nuclear de al menos 50.000 habitantes con municipios adyacentes de al menos 1000 habitantes según el Censo Nacional de 2011. Esto reduce el territorio a 85 zonas de las cuales 77 están en la Península (excluyendo Canarias, Baleares y Ceuta y Melilla). El total de población considerado es de 26 millones, el 55% del Censo de España en 716 municipios. Ha sido considerada una Zona de Extensión (ZE) que incluye los municipios vecinos de cada ZU con más del 0,1% de suelo total construido. Éstas suman 4 millones de habitantes

adicionales. Las ZU se muestran en el Mapa II.1¹. Estas ZU y las ZE asociadas se delimitan espacialmente con los mismos criterios con lo que son unidades comparables entre sí.

Mapa II.1 Modelo Digital del Terreno ING-CNIG de España con sus Zonas Urbanas delimitadas



De la información vectorial extraída las bases de datos del IGN-CNIG, importándola desde su fuente vectorial en la mayor parte de los casos o digitalizadas a posteriori desde una imagen escaneada en algunos otros, se obtienen las entidades geográficas susceptibles de ser tratadas mediante cálculo, tanto los edificios residenciales, industriales, administrativos, viales (Autopistas, Autovías, Carreteras, Enlaces, Ferrocarriles), estaciones (Tren,

¹ Las fuentes empleadas en la elaboración de este mapa son:

- (1) OPEN GIS CONSORTIUM: <http://www.opengeospatial.org/>
- (2) TC 211 <http://www.isotc211.org/>
- (3) ISO 191151:2014:
http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=53798
- (4) INSPIRE: inspire.ec.europa.eu/
- (5) IDEE: <http://www.ideo.es/>

Aeropuertos, Puertos) y clasificaciones de Suelo Urbano (Urbano, Urbanizable, Núcleos Rurales...).

Otra variable relevante ligada al territorio es la rugosidad del terreno. Para representarla se han hecho diversas aproximaciones muy bien resumidas en ⁽⁶⁾. En nuestro caso, se ha optado por asimilar rugosidad con pendiente media del territorio analizado, obtenida como gradiente del MDT.

(1) <http://gis4geomorphology.com/roughness-topographic-position/>

Otro grupo de variables citadas como influyentes en el crecimiento urbano disperso son las meteorológicas. La AEMET proporciona mapas históricos de la evolución de temperaturas y precipitaciones desde al menos los últimos 20 años de 1950 a 2007, mes a mes, pero con información referida a estaciones meteorológicas. Para poder utilizar esta información distribuida a lo largo del territorio de modo que se puedan interpolar datos a todos los municipios de España, la Universidad de Extremadura ha calculado mallas extendidas al territorio español con una resolución de 1 Km², suficiente para poder atribuir los datos de Temperatura Máxima, Temperatura Mínima al promedio de los seis primeros meses del periodo establecido a cada Municipio, ampliando este dato en las Precipitaciones Medias al promedio de los 12 meses. Sobre estas mallas, ha sido necesario realizar una tarea intensiva de cálculo, para lo cual hubo que preparar un programa C++ que ordenase y acumulase los datos, generando las mallas adecuadas.

Por último, los datos de naturaleza económica y demográfica justifican la elección del municipio como unidad de análisis. Es falta de datos de esta naturaleza en unidades de territorio inferior al municipio, que es la unidad estadística más desagregada en España, la que condiciona esta elección, que en ninguna manera sucede con datos de naturaleza geográfica. Aunque se pueden obtener algunos datos de unidades inferiores (por ejemplo poblaciones en parroquias, distritos o pedanías), estamos aún muy lejos de obtener un cuadro de variables suficiente como para generar resultados de significación suficiente con esas unidades. Y no es un problema menor, en especial en ZU con grandes municipios con distritos con comportamientos muy dispares. Así pues, a través de datos procedentes fundamentalmente

del Instituto Nacional de Estadística, aunque también de la oficina estadística del Principado de Asturias SADEI o FUNCAS, se han asignado a las entidades georeferenciadas, en especial los municipios, sus correspondientes variables demográficas y económicas a través de relaciones de tablas.

El resultado final es un modelo muy completo, a partir del cual se realizan los distintos análisis, tanto desde el análisis de mapas en su conjunto (MAPALGEBRA) C. Dana Tomlin (1990) o mediante consultas basadas en las relaciones geométricas de las entidades, así como utilizando herramientas estadísticas (relaciones espaciales de vecindad, clusters, regresiones), que puedan ir desvelando los mecanismos que actúan y han actuado en los últimos años en la configuración de nuestras ZU.

Ampliación de la información nacional para el caso de la Comunidad de Madrid

En este trabajo se ha optado por utilizar como fuente de datos las series cartográficas BCN25 y BTN25 del IGN-CNIG² mucho más precisas (www.cnig.es). En los mapas más recientes, la serie BTN, se ha utilizado un proceso integral de captura mediante fotogrametría digital. Esto permite tener mayores precisiones de partida en el vuelo: fotografías digitales para restituir escalas 1:5000, lo que en otras series lo que implica que al tratar un periodo largo de tiempo haya que asumir precisiones muy distintas. La disposición única de formato analógico para las series más antiguas ha obligado a digitalizar sobre ráster 27 mapas. Se ha utilizado por tanto una base vectorial sobre la que se han aplicado herramientas de SIG vector y ráster con una resolución de 30 metros.

El principal problema para la integración de estas series consiste en las diferentes fechas en las que los vuelos fotogramétricos fueron realizados así como el grado de cobertura. Esto fuerza a la necesidad de buscar criterios

² Véase <http://www.cnig.es> para mayor información.

para la integración de los diferentes vuelos. El Cuadro II.1 resume todos los vuelos realizados entre 1974 y 2004 que han sido agrupados en tres momentos:

- (i) 1980, que recoge los vuelos realizados entre 1974 y 1984 y cubre un 54% de la superficie de la Comunidad de Madrid;
- (ii) 1995, que comprende los vuelos realizados entre 1991 y 1999 con una cobertura del 87% de la región; y, finalmente, 2002, que agrupa los vuelos realizados entre 1999 y 2004 cubriendo un 99% de su superficie.

Hay que advertir que la cobertura incompleta de los periodos 1980 y 1995 está distribuida de forma desigual: es algo más elevada en los municipios más poblados y más reducida en los menores (véase el Cuadro II.2). Por ello, las cifras de crecimiento de la superficie construida entre ambos periodos muestra un sesgo hacia arriba en los más pequeños. Dado que el grado de cobertura del último periodo es casi total este sesgo desaparece para 2002.

Para el análisis de los datos han utilizado las herramientas de SIG ráster y vector Geomedia Pro, Grid así como ERDAS de la compañía INTERGRAPH-HEXAGON.

Cuadro II.1. Cobertura de la cartografía BCN y BTN utilizada en este estudio: vuelos realizados y Ha y municipios cubiertos

Fecha vuelo	1980		1995		2002		Total Ha cubiertas
	Ha cubiertas	Num. Municipios	Ha cubiertas	Num. Municipios	Ha cubiertas	Num. Municipios	
1974-75	193.704	53					193.704
1980	26.179	2					26.179
1983-1984	208.922	30					208.922
1989-1992			319.249	67			319.249
1996-1997			231.972	50			231.972
1999			149.620	39	63.474	9	213.094
2001-2002					566.362	128	566.362
2004					162.509	25	162.509
2006-2008					500	1	500
Total	428.806	85	700.841	156	792.845	163	801.766
% de Madrid	53,48	56,35	87,41	85,64	98,89	93,37	100
Total municipios							179

Cuadro II.2. Cobertura de la cartografía BCN y BTN utilizada en este estudio: síntesis de la población y municipios cubiertos ordenados por tamaño poblacional

Tramos de Población	Num Mun	Población 2001	Ha Superficie	Ha 1980	Ha 1995	Ha 2002	Ha edif 1980	Ha edif 1995	Ha edif 2002	Creci edif 1980-1995	Creci edif 1995-2002
< 1.000	60	22.369	167.621	98.148	105.738	167.621	932	1.540	2.318	307	777
1.000 - 5.000	61	156.587	260.986	176.355	223.036	258.262	3.334	6.378	9.114	1.058	2.638
5.000 - 10.000	20	128.669	98.935	54.775	94.662	98.935	1.862	4.249	6.018	1.523	1.770
10.000 - 25.000	12	169.135	63.690	46.210	63.690	63.690	1.926	3.926	4.893	1.140	991
25.000 - 50.000	11	382.835	85.342	71.123	85.342	85.342	1.851	5.253	7.105	1.913	1.852
50.000 - 100.000	8	591.240	31.408	28.876	31.408	31.408	3.058	5.411	7.190	2.022	1.779
100.000 - 200.000	6	1.033.826	32.609	20.929	32.609	32.609	2.077	5.144	6.244	1.074	1.099
Madrid	1	2.938.723	60.544	60.544	60.544	60.544	11.427	13.263	14.472	1.836	1.209
Total	179	5.423.384	801.134	556.959	697.028	798.411	26.468	45.163	57.355	10.873	12.116

El caso de Asturias: modelo digital del terreno del SITPA

Para construir nuestro Modelo Digital de Territorio (MDT) en Asturias se ha utilizado el Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias (SITPA) elaborado por González *et al.* (2001, 2004) y González *et al.* (2001, 2002). El SITPA integra información cartográfica digital a escala de referencia 1:5.000 con un desarrollo de cobertura territorial completa para los años de vuelos 1994 a 1996, y 2002-2003. Adicionalmente contiene información en forma de orto-fotos derivadas de PNOA, Plan Nacional de Ortofotos, con una cobertura completa de España a escala mínima 1:5.000 (5 a 2,5 m de resolución), realizado en colaboración por el IGN-CNIG y los organismos de gestión del territorios de cada Comunidad Autónoma. Se han utilizado en este trabajo las coberturas correspondientes a los años 2003 y 2006. Finalmente SITPA integra en su modelo, el Registro Único de Planeamiento en el que se recogen los Planes Generales de Ordenación de todos los municipios Asturianos.

Para los análisis, al igual que en los dos casos anteriores, se ha completado la información geográfica con información socioeconómica disponible al nivel de municipio, los 78 municipios en los que se divide localmente el Principado de Asturias. Las fuentes para la información socioeconómica son de nuevo el Instituto Nacional de Estadística complementado, en alguna variable, con la información que ofrece la oficina de estadística del Principado de Asturias: SADEI.

Una breve descripción de los Sistemas de Información Geográfica y las potencialidades de la cartografía digital

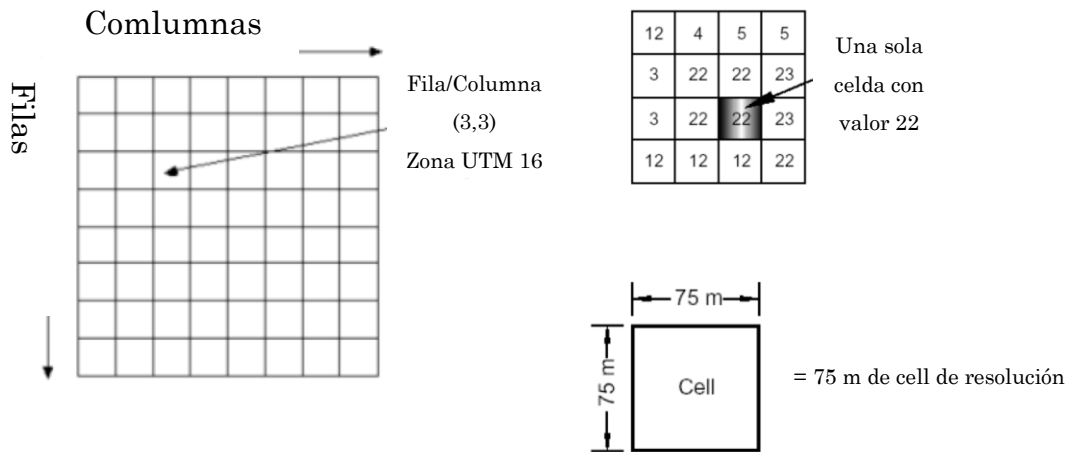
Antes de proponer los distintos índices de crecimiento urbano comentaremos algunos conceptos sobre los Sistemas de Información Geográfica.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG en adelante) es un modelo del territorio que combina datos gráficos y alfanuméricos con un sistema de proyección dado sobre el terreno.

Las entidades que constituyen los SIG tienen dos tipos de representación:

- (i) *Entidades vector*: cada entidad geográfica se representa por sus coordenadas, geográficas o proyectadas. Así un punto se podrá representar por sus tres coordenadas, una línea o curva, por una sucesión de coordenadas en número superior de uno y un área o superficie, por un conjunto de coordenadas que encierran un espacio. Esos elementos geométricos están enlazados con la descripción de sus atributos ya sean gráficos –como su color, grosor, patrón, símbolo, etc– o alfanuméricos –específicos de la entidad, nombre de municipio, habitantes, PIB, temperatura máxima, altitud, código de carretera, etc–. Las relaciones espaciales entre entidades –contención, solapamiento, cruce, etc– se establecen a través de una propiedad de los SIG denominada *topología*. Desde esta propiedad es posible realizar las consultas espaciales.
- (ii) *Entidades ráster*: Los datos geográficos también pueden representarse utilizando matrices bidimensionales de modo que en cada posición fila-columna de la matriz se incluya, en general, una serie de datos numérica. Esta matriz ha de tener una correspondencia entre la posición relativa de un dato en fila-columna y su posición sobre el terreno –coordenadas geográficas o proyectadas–, véase la Figura II.1.

Figura II.1. SIG *ráster* (tomada del manual de referencia de *Geomedia Grid de Integrgraph Hexagon*)



Denominamos *píxel* a la posición de una celda en una malla, definida por su fila y columna, cuyo tamaño queda definido por la distancia entre dos filas consecutivas y dos columnas consecutivas.

De forma inmediata se deduce que cualquier imagen, por ejemplo una ortofoto³, puede representarse con este paradigma. En efecto, los parámetros representados aquí serán la composición del color –RGB o CMYK, etc–. Si es una imagen satélite tomada con sensores especializados, sus valores formarán parte de dicho dato, y se representarán con imágenes de falso color. Por ejemplo, usualmente se representa la banda del infrarrojo próximo, que es sensible a la buena salud de la vegetación, con color rojo.

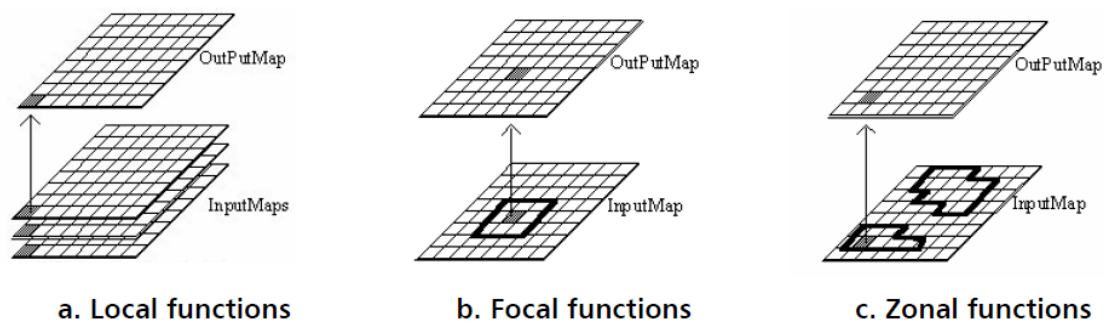
Asimismo, un Modelo Digital del Terreno (MDT) es un modelo de representación *ráster* en el que la altitud del terreno se considera la variable asignada. Desde un SIG estándar es posible *rasterizar* una entidad

³ Una ortofoto es una imagen del territorio en forma de fotografía aérea. Puede ser satelital, en cuyo caso se pueden incluir imágenes con sensores que ofrecen una realidad más allá de la luz visible. Otra posibilidad que se tome desde tierra orto-rectificada, es decir, se ha convertido la proyección cónica que se produce al tomar cualquier fotografía en una proyección ortogonal que posibilita la superposición con mapas convencionales y la medición sobre la misma.

vectorial, cubriendo la geometría que ocupa por un conjunto de *píxeles* con un valor del atributo elegido de la entidad vectorial. También es posible *vectorizar*, es decir, tomar los centros de los píxeles y obtener puntos con sus coordenadas Este, Norte. Si varios píxeles consecutivos alineados tienen el mismo valor, el sistema interpreta una línea. Si los píxeles del mismo valor cubren un área, al vectorizar obtendremos una entidad vectorial en forma de línea cerrada que contiene dicha área,

Esto nos permite, en la práctica, elegir el tipo de análisis más conveniente en función de lo que deseamos analizar. Aunque el uso de vectores proporciona una mayor precisión, la utilización de mallas amplía el campo del análisis al ámbito de la superficie general (ya que el SIG vectorial sólo trabaja con elementos lineales existentes que incluyen los espacios contenidos por ellos cuando son curvas cerradas) hasta comprender el espacio completo abarcado por la malla, aunque siempre a costa de disminuir sensiblemente la precisión.

Figura II.2. Funciones de Mapálgebra (tomada de Tomlin D. 1990)



Trabajar con el enfoque de entidades *ráster* tiene la ventaja de que se puede manejar la información en forma algebraica. Tomlin (1990) formalizó y estandarizó la metodología. Así agrupa las funciones del álgebra de mapas (MAPALGEBRA) en tres tipos (Figura II.2):

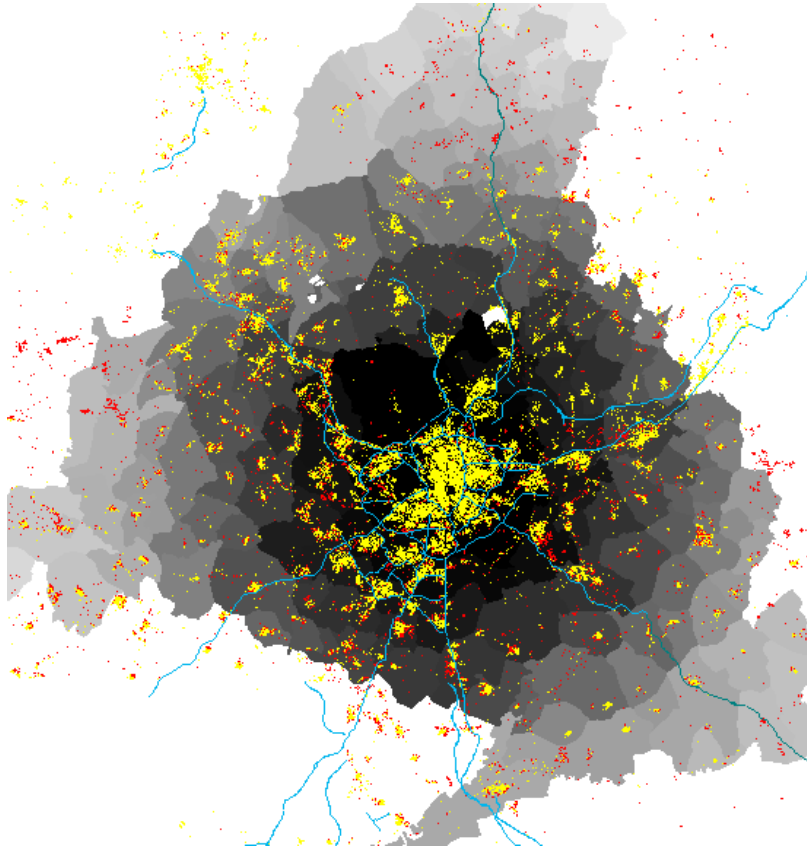
- (i) *Grupo local*: funciones que calculan una nueva malla a partir de otras trabajando *píxeles* correspondientes en posiciones. Equivalen a operaciones matriciales clásicas como la suma, división, comparación y otras funciones. También se incluyen en este grupo aquellas funciones que transforman los valores de una malla –operaciones con escalares, cambio de valor condicionado, etc–.
- (ii) *Grupo focal*: se incluyen funciones que se aplican sobre una malla para obtener resultados en cada *píxel* de la misma a partir de *píxeles* dato. Los resultados son intra-extrapolados desde *píxeles* dato a la malla resultado utilizando cálculos de gradiente y orientación, agrupaciones o metodologías más complejas como triangulación, polígonos de Thiessen, *kriging* o *trend Surface*. González (1991) explica en profundidad el uso de estas herramientas. Asimismo se incluyen funciones en las que una malla aporta los *píxeles* dato y otra la *resistencia* o coste de travesía. Este tipo de funciones se utiliza con profusión en el cálculo de caminos óptimos y superficies coste como, por ejemplo, mapas de costes por distancias medidas sobre carreteras cuyo coste de travesía puede variar en función de su categoría, su saturación, etc.
- (iii) *Grupo Zonal*. Se basan en la utilización de una malla con superficies, es decir grupos de píxeles adyacentes con un mismo valor que definen áreas, y otra malla con píxeles dato. Al combinar ambas se obtienen otras mallas resultado en cuyas áreas, coincidentes geográficamente con las aportadas por la primera malla, se reflejan los valores

acumulados en forma de estadísticos, comparativos, sumas de datos dentro de cada área, etc

A modo de ejemplo en la Mapa II.2 se muestra un mapa de la Comunidad de Madrid con las distancias medias por municipios desde cada punto de la Comunidad al municipio central de Madrid basados en el enfoque de Tomlin (1990). Se han distinguido los edificios existentes antes de 2000, color amarillo, y los construidos después de 2000, color rojo. Se ha aplicado el enfoque de *grupo zonal* utilizando una malla con superficies, es decir grupos de píxeles adyacentes con un mismo valor que definen áreas, y otra malla con *píxeles* dato. La gran ventaja de estos enfoques reside en su extraordinaria precisión y capacidad de resolución de los mapas. En la Mapa II.2 se puede ver que la mayor parte del crecimiento urbano de Madrid se ha producido en lugares situados a una gran distancia de la ciudad lo que implica asumir tiempos de *commuting* muy elevados existiendo, en realidad, amplio espacio para el desarrollo urbano más cercano. Este y otros aspectos del crecimiento de Madrid serán abordados en el capítulo IV de esta tesis.

Mapa II.2 Distancias medias desde los municipios periféricos al municipio central de Madrid

La intensidad del gris indica menor distancia. Los puntos amarillos son edificios previos a 2000 y los puntos rojos edificios construidos después de 2000.



Una cuestión sobre la que merece la pena hacer un aparte es la precisión de los datos geográficos o su resolución.

Las entidades vectoriales tienen, una resolución teórica casi infinita, ya que se basa en datos numéricamente exactos. No así las mallas en las que el tamaño de su píxel marca el límite de lo que se puede conocer. Sin embargo, el efecto escala, que es función de la precisión a la que se han capturado los datos en la realidad geográfica, depende del producto requerido y de su escala de representación. Tradicionalmente se conocía como el límite de apreciación visual, definido como 0,1 mm sobre un mapa en papel. Por

debajo de esa separación límite no es posible distinguir si dos puntos están superpuestos o no.

Así en una escala 1:5.000 no podemos esperar precisiones por debajo de 500 mm, o si se trabaja con datos diseñados para ser representados a escala 1:25.000, la precisión límite es 2,5 m. Y eso es el límite inferior teórico. En la práctica, se admiten errores de toma bastante superiores.

El Mapa II.3 es ilustrativo al respecto. Se trata de un ejemplo de comparación de dos cartografías de fechas distintas y se puede ver como las coincidencias se producen dentro de un margen de error dado por la escala. Ambas cartografías son correctas, pues se ajustan al error previsto, pero no hay un 100% de coincidencia.

Para obviar esta problemática se han utilizado funciones de zonas extendidas (“buffer”) que aprovechan las relaciones entre entidades (“solapamiento”) a través de la ya definida “topología”.

Mapa II.3. Comparativa entre los edificios de dos cartografías en fechas distintas. La amarilla es más reciente



Propuesta de Índices para medir el crecimiento y urbano y su forma

Una vez descritos los aspectos básicos de las bases de datos y su tratamiento informático podemos entrar en el aspecto más específico de este trabajo: la descripción del crecimiento de las ciudades españolas con especial atención a la evolución de su dispersión. Para ello se van a proponer tres índices básicos que luego pueden modificarse levemente para atender a otros aspectos adicionales. Los tres índices propuestos básicos son:

- (i) *Índice de Concentración, (IC)* que evalúa la concentración neta de edificios en un área dada;
- (ii) *Índice de Dispersión Urbana (IDU)* para evaluar la intensidad de dispersión de un territorio;
- (iii) y el *Índice de Disciplina Urbanística (IDis)* para estudiar la capacidad de una administración de controlar y planificar su crecimiento urbano en su territorio.

Los dos primeros índices se han calculado en el entorno de SIG *ráster*. Se ha elegido una malla de 30x30 m de resolución que abarca el territorio a analizar. La razón de esta elección es que este tamaño de malla corresponde al que se ofrece tradicionalmente por los proveedores de imaginería satelital para análisis ambiental, en concreto por LANDSAT con su satélite Thematic Mapper (TM) que ha sido la fuente de estudios de referencia sobre la dispersión en EEUU (Buckfield *et al.*, 2005). La mayor parte de los datos de partida ya se ha dicho que son de naturaleza vectorial, por lo que su precisión es mucho mayor que la requerida. Es por lo que se ha hecho un análisis de la sensibilidad de dichos índices a la variación de parámetros de generación para garantizar la homogeneidad de los resultados. Por el contrario el *IDis* que se ha calculado a partir de datos vectoriales, pues se basa en relaciones espaciales, y además aseguramos una mayor precisión en

recintos en las intersecciones de con los ámbitos urbanísticos con respecto al análisis *ráster*, que también sería posible.

La esencia común a los dos índices es la catalogación como edificados (*Ed*) o no edificados de los píxeles de una orto-foto o cartografía digital. Disponemos de la información del suelo existente, el suelo edificado previamente (píxeles clasificados como *Ed* al inicio del periodo), y el nuevo suelo edificado al final del periodo (píxeles clasificados como *Ed* al final del periodo) con lo que resulta muy sencillo hacer un cálculo de crecimiento urbano por unidades espaciales. El Mapa II.5 se presenta un ejemplo de ortofoto con información vectorial superpuesta de un pequeño núcleo poblacional asturiano a la que se ha aplicado una caracterización de los espacios edificados (*Ed*) según colores. Esta operación puede repetirse para todo un territorio. La comparación entre los dos momentos de tiempo nos ofrece una medición precisa del proceso de crecimiento urbano y su posterior análisis con los índices mencionados que describiremos a continuación posibilita la interpretación de la evolución de la forma urbana.

El *IDis* se define en el entorno vectorial confrontando entidades edificación *Ed* con recintos que delimitan ámbitos de planeamiento

Índice de Concentración (IC)

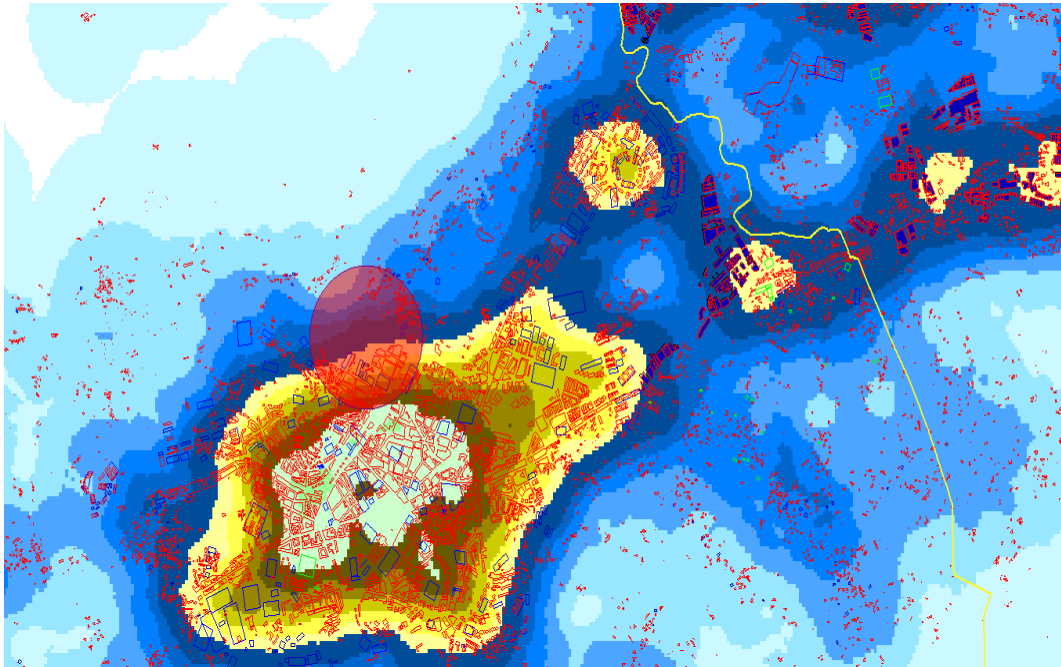
Este índice nos permite visualizar cómo se concentran los edificios en un espacio geográfico dado. Su cálculo se realiza utilizando la función en MAPALGEBRA:

$$IC = \text{FOCAL SUM of } Ed \text{ at } 0 \dots 18 \text{ píxels} \quad [\text{II.1}]$$

Es decir, para cada píxel de la malla resultado se asigna la suma de los píxeles correspondientes a edificios, a los que se les ha asignado valor $Ed=1$ alrededor de un círculo de radio 18 píxeles.

Es una forma alternativa de expresar la densidad de construcción. Lógicamente siempre es creciente con el tiempo. El Mapa II.4 representa este índice IC en la zona central de Asturias.

Mapa II.4. Índice de Concentración (IC) en el caso de la ciudad de Oviedo



Mapa II.5. Ejemplo de modelo geográfico y proceso de actualización en tres años (1994/1996, 2003 y 2006)

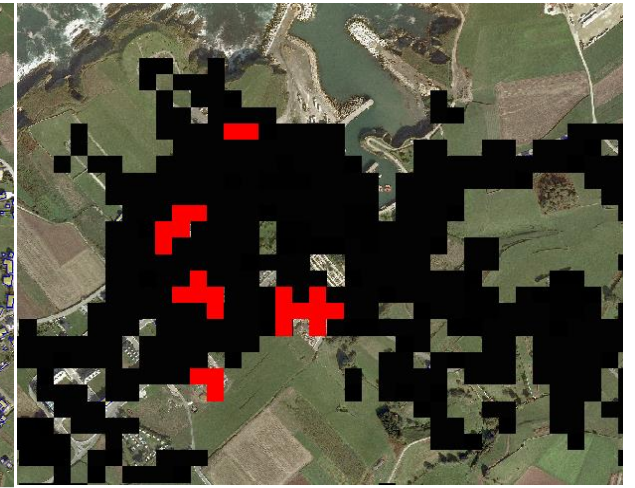
Orto-foto de Puerto de Vega 2003 con edificaciones proveniente de la cartografía de 1994.96



Orto-foto Puerto de Vega de 2006 con edificaciones de la cartografía vectorial de 2003 (en rojo, las nuevas construcciones)



Malla 30x30 de edificaciones (en rojo, nuevas construcciones)



Índice de Dispersión Urbana (IDU)

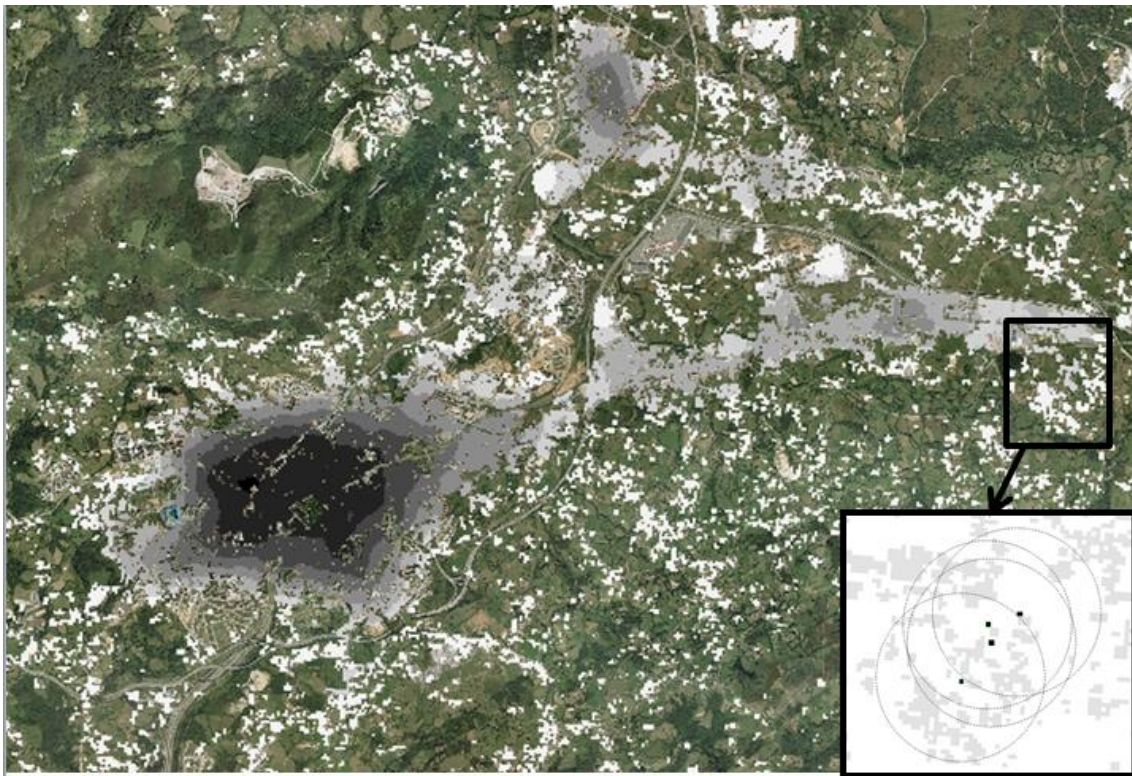
En el ya citado Burchfield *et al.* (2005), se define un *Índice de Dispersión Urbana*, que denominaremos *IDU* a partir de ahora, definido sobre una base cartográfica en forma de imágenes satelitales TM-Landsat procedentes de dos fechas distintas y con resolución de 30m. Está definido como la probabilidad de encontrar espacio libre alrededor de un espacio de 1 km² alrededor del píxel edificado (Ed).

A efectos comparativos y operativos, hemos generalizado el *IDU* sobre una base de píxel de 30x30 m, procediendo de la siguiente forma. Desde cada píxel clasificado como edificado (*Ed*) tomamos un área circular -elegir otra figura geométrica llevaría a sesgos sistemáticos por orientación, p.e. un cuadrado sesga hasta un 41% en función de la dirección elegida- de 1 km² alrededor y en ella contabilizamos el número de píxeles incluidos, que a su vez están calificados como edificados (*Ed*). El Mapa II.6 sirve a modo de ilustración gráfica de este proceso de clasificación de la información en la que se representa la malla de la zona urbana de Oviedo.

Podemos evaluar el posible error máximo con sesgo de la cuadratura de los píxeles al círculo, si suponemos que los píxeles de 30 m tienen su tangente apoyada en el círculo de búsqueda en toda su extensión. El error medio máximo que se espera bajo este procedimiento es de 3,76%

(Error medio máximo = $\frac{900/2^{2\pi 564}}{\sqrt{30(1000000)}} = \pm 0,3758$).

Mapa II.6 Ejemplo de cálculo del IDU para la ciudad de Oviedo (2002)



La fórmula concreta que se aplica en el cálculo de este índice de dispersión urbana para cada píxel es:

$$IDU = 100 \left(1 - \frac{Ed}{18^2\pi} \right) \quad [II.2]$$

Siendo, Ed el número de píxeles construidos a 564 m (18 píxeles) alrededor del píxel construido analizado. Nótese la independencia del índice con respecto a la resolución de la malla. Por tanto, mayores valores hasta un máximo de 100 implicará una tendencia a la dispersión al predominar el terreno no construido y menores valores implicará una mayor concentración en la construcción.

El IDU es un índice adimensional que mide la probabilidad, en porcentaje, de encontrar espacios vacíos alrededor de un círculo de 1 Km² centrado en cada píxel edificado (Ed). No es una densidad, ya que nuevas construcciones en zonas sin edificaciones previas hacen crecer el IDU promedio municipal.

Desde el punto de vista de MAPALGEBRA, la sentencia sería:

$$IDU = \text{FOCAL SUM at } Ed \text{ at } 0 \dots 18 \text{ píxels mask } Ed1 \quad [\text{II.3}]$$

Es decir, si $Ed1=Ed$, IDU representará la concentración sólo en los píxeles construidos, es decir, la dispersión de una fotografía estática de la urbe. Si $Ed1$ representa las nuevas edificaciones en el periodo $t+dt$ IDU, representa la dispersión puntual de cada edificación.

Si consideramos el promedio de un área, por ejemplo, un Municipio, este valor puede crecer o decrecer en función de que se produzca o no un crecimiento disperso al ser el promedio de la densidad de construcción en el que se sitúa cada nueva edificación.

Índice de Disciplina urbanística (IDis)

La definición de este índice se realiza en el ámbito del SIG vector y de las relaciones espaciales. Este índice no implica ningún apriorismo sobre la legalidad de determinadas construcciones. Simplemente se busca una medida del grado de eficacia práctica en la definición de los ámbitos de desarrollo urbano incluidos en los Planes Generales de Ordenación (PGO) y en las normas subsidiarias, incluyendo núcleos rurales en el caso de comunidades como Asturias, en la elección efectiva del suelo en el que se asentaron las nuevas edificaciones. Para calcular el *IDis* identificamos las edificaciones nuevas realizadas a lo largo del periodo que se considere calculando la suma de su superficie en m^2 (Ed_{total}). A partir de los límites cartográficos de los ámbitos de desarrollo urbano de acuerdo con los PGO y normas adicionales, podemos identificar cuáles de estas edificaciones nuevas caen dentro de los ámbitos de desarrollo delimitados ($Eddelimitado$) y cuáles no ($Ed_{nodelimitado}=1-Eddelimitado$). Para definir si una edificación entra o no en el ámbito analizado la asimilamos a su centroide. El *IDis* es simplemente el porcentaje de la superficie de las nuevas construcciones en cada Municipio cuyo centroide está ubicado en suelos calificados como urbanos y urbanizables, así como en núcleos rurales donde está habilitado

construir, sobre el total de m² construidos en el espacio considerado (municipio u otra unidad espacial):

$$IDis = 100 \left(\frac{\sum Ed_{delimitado}}{\sum Ed_{total}} \right) \quad [II.4]$$

Una vez calculados los valores de los índices descritos aplicados a valores puntuales, es preciso extenderlo a las unidades de análisis escogidas, es decir, a los municipios. Para ello, se utilizan las función zonal de promediado.

Promediado Zonal

Una vez calculados los valores de los índices descritos aplicados a valores puntuales, es preciso extenderlo a las unidades de análisis escogidas, es decir, a los Municipios, Zonas, Parroquias o Distritos. Para ello, se utilizan las función zonal de promediado. Por ejemplo, para el IDU será:

$$IDU_{municipio} = ZONAL MEAN of IDU within UNIDAD_DE_AREA \quad [II.5]$$

Otros Índices utilizados

Para definir el efecto de del crecimiento urbano residencial con respecto al aumento del empleo, que además es una indicación del grado de monocentrismo, se ha definido el Índice LQ_{CBD} , como la tasa relativa de empleo entre dos unidades jerarquizadas de agrupación de modo que:

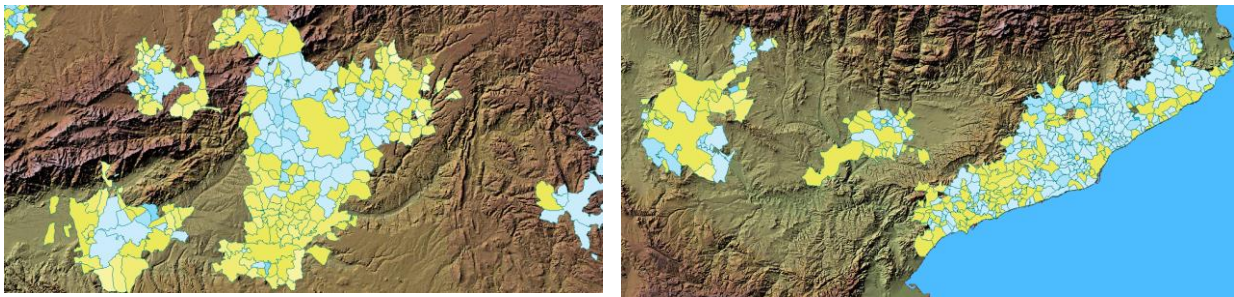
$$LQ_{CBD} = \frac{(e_i/e)}{\left(\frac{P_i}{P} \right)} \quad [II.6]$$

Siendo e_i , P_i el empleo y la población de la unidad i (Municipio o Zona Urbana) y e , P el empleo y la población de la entidad que agrupa (Zona Urbana o Total España). De este modo tenemos una medida relativa de actividad que se puede visualizar como en los Mapas II-7 en la que se representan los municipios de Madrid y Barcelona ambas con colores

amarillos si la tasa de empleo es inferior a la media (100%) y azules si es superior, aumentando la intensidad con el valor absoluto de la variable. Este índice indica el grado de aproximación del modelo estudiado al monocéntrico. En el Distrito de Negocios Central (CBD) la variable tomará valor 100 y 0 en el resto de municipios en el caso teórico. Cuanto más descentralizado sea el modelo, la dispersión de la variable aumentará, apareciendo lugares con valores > 100 , que serán subcentros de actividad.

Mapas II.7. LQCBD de Madrid, Barcelona y zonas urbanas próximas.

Los tonos azules representan actividad por encima del promedio de la Zona Urbana. Amarillos, por debajo.



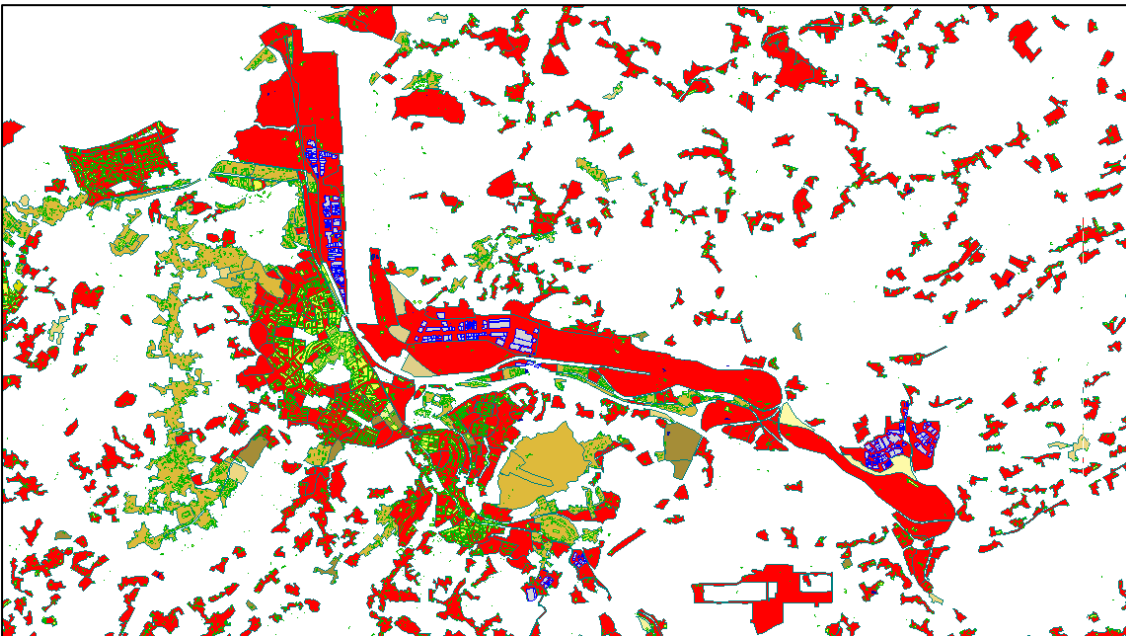
Análisis de la consistencia de los índices

El primer análisis que se impone sobre la sensibilidad de los índices es la influencia de la escala de la cartografía de base. La creación de mapas implica tareas de generalización cuando se disminuye la escala. Esto es obvio en Mapa II.8 dónde se compara un sector de la zona central de Asturias representado en una escala 1:5000 (en amarillo) y en 1:25.000 (en rojo). No hay grandes diferencias en los datos de edificios asilados, pero esta aparece con claridad cuando se producen agrupaciones de edificios al generalizar. Cuando la cartografía es incluso de propósito diferente, como el SIOSE, cartografía temática 1:25.000 en la que la densidad de los recintos de edificación se establece a priori en función del criterio del operador, las diferencias son más que notables (Mapa II.9).

Mapa II.8. Comparativa de las cartografías 1:5000 y 1:25000 para el análisis de la consistencia



Mapa II.9. Comparativa de las cartografías 1:5000 y polígonos temáticos SIOSE para el análisis de la consistencia



Un ejemplo del análisis de la consistencia de los índices al efecto escala 1:5000 y 1:25000 está en el Cuadro II.3. Ahí se muestra el valor de los índices IDis e IDU en ambas representaciones en Asturias. Las correlaciones son muy altas (0,93 y 0,99 para cada índice respectivo) con una disminución evidente de la correlación al considerar el grupo de mayor población (> 25.000) por el efecto de generalización ya mencionado.

Cuadro II.3. Índices IDis e IDU de municipios asturianos a escalas 1:5000 y 1:25000

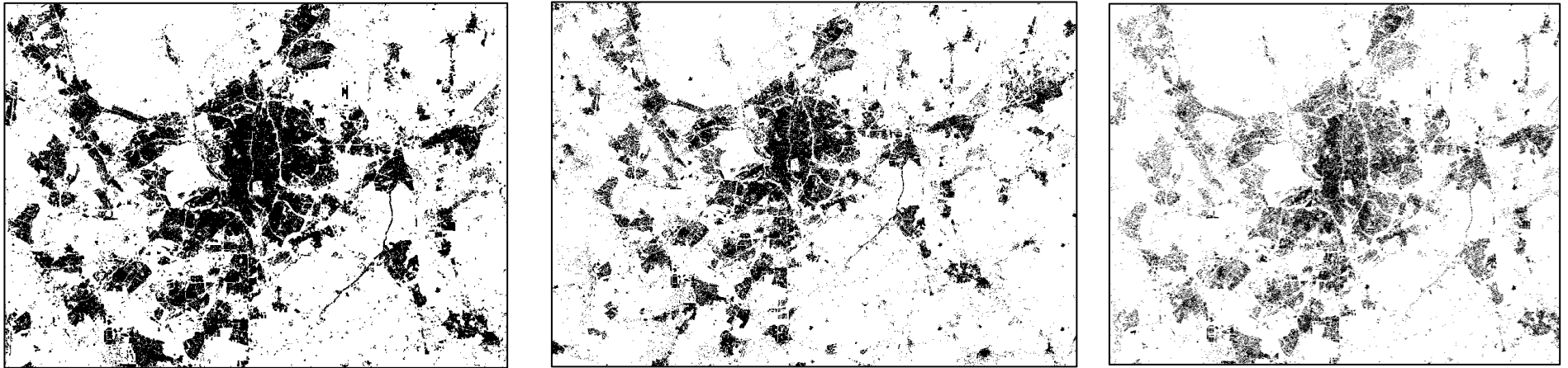
MUNICIPIO	Población 2006	IDis 1:25000	IDis 1:5000	IDU 1:25000	IDU 1:5000
ALLANDE	2181	45,42%	19,75%	94,89	96,36
ALLER	13421	61,64%	52,64%	88,70	87,82
AMIEVA	850	54,71%	34,49%	94,99	94,89
AVILÉS	83538	94,15%	94,43%	60,01	66,20
BELMONTE DE MIRANDA	1957	66,63%	27,06%	94,11	94,89
BIMENES	1909	29,92%	38,77%	88,51	88,70
BOAL	2121	73,11%	45,20%	91,26	92,83
CABRALES	2257	89,06%	63,84%	92,04	91,35
CABRANES	1086	66,64%	31,01%	93,02	93,81
CANDAMO	2294	73,39%	63,88%	91,06	92,93
CANGAS DE ONÍS	6616	69,08%	63,36%	89,59	89,78
CANGAS DEL NARCEA	15437	78,13%	49,70%	93,81	93,22
CARAVIA	553	77,80%	69,28%	88,60	90,47
CARREÑO	10842	75,88%	60,77%	81,33	84,77
CASO	1961	52,07%	22,50%	94,79	95,48
CASTRILLÓN	22855	78,30%	80,08%	75,73	80,55
CASTROPOL	3931	75,89%	73,22%	88,90	91,94
COAÑA	3495	76,86%	76,54%	87,82	89,00
COLUNGA	3838	68,19%	53,83%	86,34	87,03
CORVERA	15787	87,57%	93,94%	78,09	82,22
CUDILLERO	5932	78,32%	75,21%	83,79	85,95
DEGAÑA	1324	79,07%	63,62%	91,94	91,94
FRANCO, EL	4065	70,88%	59,73%	87,92	86,93
GIJÓN	274472	92,54%	94,71%	62,77	73,38
GOZÓN	10742	66,20%	78,45%	84,28	86,15
GRADO	10997	35,06%	61,66%	88,60	88,51
GRANDAS DE SALIME	1156	64,60%	27,60%	94,01	94,69
IBIAS	1847	78,96%	40,94%	95,09	95,78
ILLANO	526	77,45%	41,61%	94,79	96,07
ILLAS	1018	70,71%	73,58%	89,49	90,47

MUNICIPIO	Población 2006	IDis 1:25000	IDis 1:5000	IDU 1:25000	IDU 1:5000
LANGREO	46076	71,34%	96,79%	68,37	75,64
LAVIANA	14373	36,70%	34,55%	83,00	86,93
LENA	13109	62,56%	60,80%	89,39	90,57
LLANERA	13283	74,72%	88,68%	84,77	85,46
LLANES	13271	99,02%	100,00%	81,82	83,69
MIERES	45645	80,78%	80,41%	77,40	83,30
MORCÍN	3005	71,68%	88,84%	88,70	91,06
MUROS DEL NALÓN	1989	75,12%	83,08%	74,36	74,75
NAVA	5475	68,72%	68,33%	87,62	88,80
NAVIA	9068	84,34%	72,46%	85,17	85,46
NOREÑA	5013	89,22%	100,00%	68,95	67,68
ONÍS	830	44,18%	14,12%	91,75	91,55
OVIEDO	214883	89,71%	91,66%	69,74	77,99
PARRES	5736	66,22%	65,85%	88,90	89,39
PEÑAMELLERA ALTA	651	47,35%	15,22%	93,22	93,81
PEÑAMELLERA BAJA	1442	80,41%	66,19%	92,44	91,75
PESOA	204	89,28%	58,82%	96,66	96,95
PILONA	8448	70,62%	63,79%	90,37	91,26
PONGA	694	53,18%	30,21%	95,58	94,20
PRAVIA	9180	82,18%	63,19%	85,75	87,03
PROAZA	795	54,27%	34,09%	92,34	91,85
QUIRÓS	1416	56,87%	15,37%	94,01	94,50
REGUERAS, LAS	2048	69,48%	64,51%	92,14	93,02
RIBADEDEVA	1907	75,14%	80,57%	88,31	87,33
RIBADESELLA	6211	71,94%	77,07%	85,75	89,49
RIBERA DE ARRIBA	2009	64,61%	60,61%	86,25	89,29
RIOSA	2307	50,35%	36,51%	86,44	88,70
SALAS	6195	69,68%	41,26%	91,06	92,53
SAN MARTÍN DE OSCOS	466	78,89%	58,32%	93,91	95,68
SAN MARTÍN DEL REY AURELIO	19430	65,79%	79,29%	76,13	78,68
SAN TIRSO DE ABRES	590	68,40%	65,06%	91,35	92,93
SANTA EULALIA DE OSCOS	547	74,09%	64,17%	94,69	95,58
SANTO ADRIANO	280	62,70%	41,89%	94,50	95,38
SARIEGO	1345	49,69%	37,75%	92,24	92,24
SIERO	49376	79,48%	77,97%	80,65	81,04
SOBRESOBBIO	876	66,35%	24,33%	92,44	94,01
SOMIEDO	1544	71,89%	45,92%	95,58	95,87
SOTO DEL BARCO	4150	84,82%	86,25%	84,08	82,91
TAPIA DE CASARIEGO	4268	72,18%	63,08%	84,87	86,34
TARAMUNDI	800	41,27%	29,84%	94,30	94,79

MUNICIPIO	Población 2006	IDis 1:25000	IDis 1:5000	IDU 1:25000	IDU 1:5000
TEVERGA	1973	12,28%	17,60%	92,63	93,61
TINEO	11801	74,14%	55,30%	92,34	93,52
VALDÉS	14038	66,19%	40,10%	88,21	88,80
VEGADEO	4367	88,19%	77,59%	85,26	97,35
VILLANUEVA DE OSCOS	406	84,76%	70,96%	96,46	87,82
VILLAVICIOSA	14457	51,23%	51,47%	86,64	94,79
VILLAYÓN	1721	51,45%	18,81%	93,91	95,97
Correlaciones Totales		0,9275		0,9917	
Correlaciones > 25.000		0,7724		0,9881	

La segunda cuestión planteada es la estabilidad del índice IDU ante la variación de sus dos parámetros de definición: el tamaño de la malla y el radio de búsqueda. La primera variable está relacionada con la precisión del cálculo y la segunda con la dimensión del área considerada. La precisión del cálculo hace que el modelo esté más o menos afinado. El Mapa II.10 muestra el área urbana de Madrid con tres resoluciones diferentes con píxeles cuadrados de 50,30 y 10 m de lado.

Mapa II.10. Comparativa de Madrid con resoluciones de 50,30 y 10m de tamaño de píxel



IDU Madrid	10x10	30x30	50x50
18px	57,95	52,94	50,58
25px	60,48	54,93	54,57
10px	51,62	44,30	42,39

La sensibilidad del índice a las variaciones de ambos parámetros con base la Zona Urbana de Madrid se puede ver en el cuadro 2-2. Los valores con 18 y 25 celdas de radio con resoluciones de 30 m y 50 m (círculos de 1017 m², 1963 m²) permanecen estables con variaciones inferiores a un 10% así con un área inferior 10 celdas y una resolución de 10 m (círculo de 314 m². Se alejan de los valores centrales los valores de baja resolución con círculos pequeños y los valores de alta resolución con círculos grandes. Si observamos en el cuadro 2-3 los datos con base municipios, se repite la pauta municipio a municipio, con valores más altos en los promedios zonales, ya que son medias de medias e influye el factor soporte.

Cuadro II.4. IDU de Madrid con tres resoluciones diferentes (píxeles de 10,30 y 50 m de lado) y radios de 18, 25 y 10 celdas

Municipio	RADIO x 10 px			RADIO x 18 px			RADIO x 25 px		
	IDUx10	IDUx30	IDUx50	IDUx10	IDUx30	IDUx50	IDUx10	IDUx30	IDUx50
Ajalvir	55,75	60,85	84,06	66,70	71,90	77,60	71,38	78,30	64,35
Álamo, El	52,89	37,93	67,46	57,36	47,83	57,36	59,26	54,72	43,34
Alcalá de Henares	52,25	48,43	55,49	60,90	55,00	52,35	64,04	57,47	46,21
Alcobendas	55,75	43,98	45,81	61,10	49,60	42,33	62,97	52,13	35,70
Alcorcón	52,89	47,48	53,40	60,60	53,92	49,80	63,74	56,61	43,34
Algete	62,76	51,94	73,21	69,35	63,06	65,71	72,55	69,34	51,62
Arganda del Rey	52,25	51,30	65,98	58,93	59,23	61,78	62,01	63,28	53,53
Arroyomolinos	37,61	51,30	76,11	56,09	62,77	67,28	67,00	67,25	53,85
Boadilla del Monte	70,72	52,57	57,98	75,64	59,43	52,84	77,49	63,23	43,02
Brunete	63,71	63,08	81,21	70,82	71,80	76,13	73,87	77,34	65,94
Camarma de Esteruelas	56,71	60,21	85,74	66,70	73,77	79,57	72,14	80,70	64,67
Ciempozuelos	46,84	47,48	71,17	54,51	56,18	64,34	57,63	61,96	53,21
Cobeña	61,17	57,35	84,11	69,25	70,13	77,70	73,57	77,69	63,39
Colmenarejo	68,49	56,07	69,29	73,38	63,55	64,24	75,76	67,61	55,12
Colmenar Viejo	56,07	56,39	72,80	61,68	63,45	68,76	63,94	67,20	61,48
Collado Villalba	60,85	46,21	53,81	65,81	53,33	49,21	67,76	56,20	41,75
Coslada	51,62	35,70	41,58	56,58	42,43	37,42	58,14	45,66	29,02
Daganzo de Arriba	52,25	56,07	83,14	61,78	68,66	75,93	67,05	75,71	61,48
Fuenlabrada	44,30	38,25	49,53	51,07	45,97	44,20	54,01	49,99	34,75
Fuente el Saz de Jarama	69,12	68,49	80,90	74,55	75,34	76,91	76,73	79,17	69,76
Galapagar	66,90	54,48	63,69	72,10	62,57	59,82	74,48	66,23	50,98
Getafe	46,84	43,02	56,76	54,32	50,98	51,47	57,32	55,23	41,75

Municipio	RADIO x 10 px			RADIO x 18 px			RADIO x 25 px		
	IDUx10	IDUx30	IDUx50	IDUx10	IDUx30	IDUx50	IDUx10	IDUx30	IDUx50
Griñón	58,94	46,84	60,63	65,12	55,30	55,30	67,76	59,77	45,57
Humanes de Madrid	45,25	47,16	63,43	53,14	58,05	59,03	57,47	63,23	48,75
Leganés	52,57	45,57	53,65	59,62	53,24	50,78	62,41	56,81	43,02
Madrid	44,30	34,43	38,94	49,99	40,37	36,83	52,13	42,55	30,93
Majadahonda	59,26	43,02	49,02	64,24	49,31	45,18	66,08	52,23	37,93
Meco	56,71	49,07	76,11	63,55	60,51	67,28	66,69	67,10	52,89
Mejorada del Campo	50,66	48,75	66,84	56,97	58,05	60,70	59,51	63,18	49,71
Moraleja de Enmedio	58,94	60,21	79,32	66,70	70,33	75,05	70,61	75,66	65,30
Móstoles	57,35	46,21	54,52	63,36	53,04	49,70	65,88	56,05	42,07
Navalcarnero	62,76	65,30	79,93	68,66	71,80	75,73	71,17	75,20	68,17
Paracuellos de Jarama	62,76	62,12	80,70	71,51	72,79	74,75	75,86	78,66	61,80
Parla	47,16	41,11	57,47	53,73	48,62	51,86	56,25	52,99	42,39
Pinto	46,21	46,84	63,99	54,71	55,20	58,64	58,29	59,71	49,07
Pozuelo de Alarcón	60,85	44,30	51,01	65,91	51,57	47,44	68,02	54,72	39,52
Rivas-Vaciamadrid	57,35	44,93	58,65	63,94	53,24	53,14	66,79	57,37	43,66
Rozas de Madrid, Las	65,30	50,66	58,24	70,72	58,05	53,53	72,85	61,90	44,30
San Agustín de Guadalix	64,35	65,62	87,37	72,88	76,81	82,71	76,32	83,24	70,08
San Fernando de Henares	51,30	51,30	66,64	58,44	59,33	61,29	61,34	63,59	51,62
San Martín de la Vega	58,62	58,94	82,12	65,52	68,86	75,93	68,37	74,79	63,71
San Sebastián de los Reyes	62,12	57,66	67,35	68,66	65,03	63,06	71,17	68,22	55,12
Sevilla la Nueva	62,12	56,39	84,21	68,56	69,05	76,32	71,89	75,66	62,44
Torrejón de Ardoz	49,07	43,02	54,11	55,20	50,09	49,50	57,68	53,40	41,11
Torrejón de la Calzada	54,48	60,21	80,54	64,83	71,31	75,93	69,49	77,29	64,67
Torrelodones	69,76	51,30	61,14	73,97	59,62	55,59	75,76	63,94	45,25
Valdemoro	46,52	46,52	62,97	54,71	56,18	57,56	58,44	60,94	47,48
Velilla de San Antonio	49,07	50,03	75,40	58,05	63,16	68,66	62,82	70,00	54,80
Villanueva de la Cañada	65,62	52,57	72,19	70,82	61,19	64,24	73,11	66,84	51,94
Villanueva del Pardillo	57,66	57,66	76,73	65,12	68,56	71,31	69,14	74,33	59,89
Villaviciosa de Odón	67,53	50,03	61,45	72,20	56,87	54,81	74,08	61,24	44,30
Tres Cantos	62,44	53,21	66,39	68,46	61,19	61,29	70,61	65,47	51,94
Promedios	56,63	51,15	66,62	63,63	59,95	61,27	66,75	64,60	51,11

III

Primer ensayo

Dispersión urbana en España: diferencias entre ciudades y causas

El objetivo de este capítulo es doble. Primero se busca medir la dispersión en las principales zonas urbanas para determinar hasta donde el fenómeno del crecimiento disperso ha enraizado en España así como conocer que ciudades y zonas urbanas destacan por su mayor grado de dispersión. En segundo lugar, se intentará explicar esa variación del grado de crecimiento disperso. Como vimos en la introducción a esta tesis se trata de un fenómeno muy complejo, que depende de factores multidisciplinares relacionados con la geografía, sociología, economía, tecnología y la política.

Este capítulo hace una aplicación práctica de las definiciones y modelos teóricos que se refieren en el capítulo I así como de la metodología y fuentes de datos que recoge el capítulo II. En las siguientes secciones, el Índice de Dispersión Urbanística (*IDU*), ya definido en el capítulo II, se calcula para las zonas urbanas españolas y se realiza un breve análisis de los resultados. Por último, *IDU* es utilizado para crear un modelo empírico que explica el crecimiento disperso relacionado con factores que dependen de la distancia, el tamaño, el clima, la geomorfología, la economía o la política.

Dispersión urbana en las ciudades españolas

La metodología y definición de las zonas urbanas en España se ha explicado en el capítulo II, así como su alcance. En Mapa III.1 se pueden ver representadas las Zonas Urbanas (ZU) españolas. Estas ZU y las zonas extendidas asociadas se delimitan espacialmente con los mismos criterios con lo que son unidades comparables entre sí.

Primeros Resultados

La última columna de la Cuadro III.1 muestra el *IDU* aplicado a las ZU que han sido definidos como se ha dicho. Esta Cuadro también resume otra información como el número de municipios que forma cada ZU o área metropolitana, la superficie total y construida, el total de población y la densidad de cada ZU.

El promedio del IDU de todas las ZU's es 68,81. Pero existe una fuerte dispersión en este índice en el territorio. Así desde la ZU de Sevilla con el valor más bajo (48,13) hasta Lérida con el más alto (81,12). Otras zonas urbanas importantes con alto nivel de dispersión urbana son Madrid, Granada o Vitoria, entre otras. En el otro extremo, con los más altos niveles de concentración están ciudades como Cáceres, Lugo o Santiago de Compostela. Barcelona, por ejemplo, está casi en la media nacional.

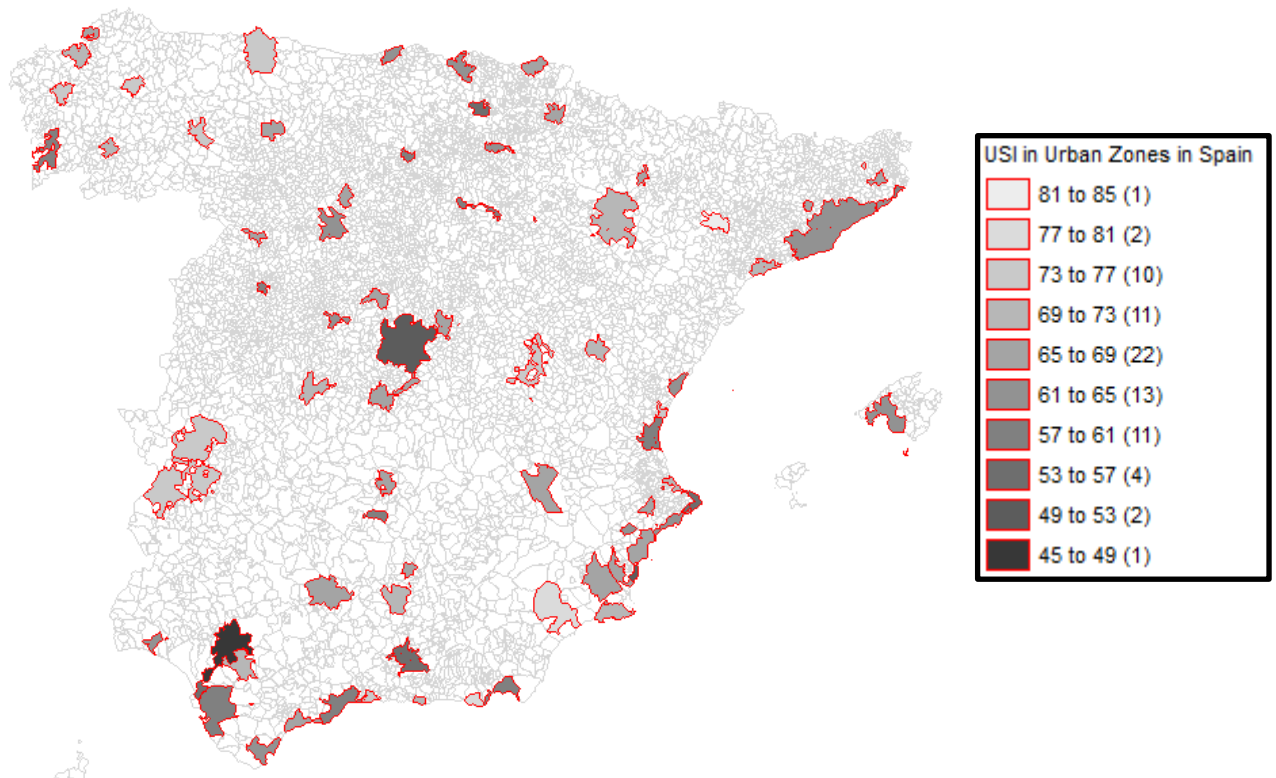
En el Mapa III.1 estos resultados se representan sobre un mapa que da pistas sobre la distribución y causas potenciales de la dispersión urbana en el caso español: el tamaño de la población y la densidad producen más concentración, la costa también genera aparentemente más propensión a la dispersión, las áreas policéntricas son, en general, menos dispersas que aquellas que crecen alrededor de un centro claro, etc. Sin embargo estas son suposiciones derivadas de la simple observación del mapa de distribución del IDU y que deben ser testeadas a través de una aproximación econométrica.

Cuadro III.1 Índice de Dispersión Urbana (IDU) para las principales Zonas Urbanas

Zonas Urbanas	Num.de municipio	Superficie (Km ²)	Porcentaje construido	Población (2011)	Densidad, habitantes por Km ²	Indice Disper Urbana
Madrid	52	2,890.10	4.03	6,052,247	2,094	52.94
Barcelona	165	3,271.50	5.08	5,030,679	1,538	64.62
Valencia	45	628.80	6.39	1,551,585	2,467	58.15
Seville	24	1,529.20	4.79	1,294,867	847	48.13
Malaga	8	817.40	3.93	953,251	1,166	58.84
Bilbao	34	504.00	4.15	910,578	1,807	62.57
Central area of Asturias	18	1,462.90	1.86	835,053	571	73.77
Zaragoza	15	2,295.40	1.27	746,152	325	72.81
Alicante y Elche conurbation	5	683.30	3.40	698,662	1,022	67.38
Murcia	10	1,230.90	2.34	643,854	523	67.28
Cadiz	6	1,792.00	1.49	642,504	359	58.74
Palma	8	913.10	2.65	548,211	600	64.24
Vigo y Pontevedra conurbación	14	743.20	3.22	587,843	791	60.21
Granada	30	829.60	3.09	517,580	624	55.89
Coruña	10	493.90	2.67	410,401	831	71.61
Valladolid	17	746.40	2.22	408,647	548	62.96
San Sebastian	13	376.80	2.99	403,807	1,072	65.71
Tarragona	16	356.70	4.73	382,304	1,072	70.07
Panplona	18	391.60	2.05	340,691	870	66.89
Cordoba	1	1,255.20	0.90	328,659	262	66.30
Santander	8	256.80	4.46	328,635	1,280	63.16
Castellon	6	292.60	4.09	315,617	1,079	64.04
Vitoria	1	276.80	3.16	239,562	865	56.18
Conurbation of Costa Blanca	9	316.40	2.82	237,458	750	61.78
Algeciras	4	583.30	1.17	235,572	404	62.86
Cartagena	2	582.90	2.68	233,743	401	69.74
Almería	5	400.40	2.20	219,650	549	60.80
Conurbation of Costa del Sol	3	399.80	1.91	209,815	525	66.50
Leon	8	411.20	2.04	199,597	485	67.87
Salamanca	6	112.50	4.82	191,034	1,697	58.05
Burgos	2	148.60	3.76	181,187	1,219	58.44
Hueva	3	230.50	2.25	176,229	765	62.27
Logroño	6	217.90	3.22	175,230	804	64.04
Alvacete	1	1,125.90	0.83	171,390	152	66.50
Lleida	8	426.30	2.21	166,874	391	81.12
Badajoz	2	1,531.90	0.58	157,122	103	73.38
Gadalajara	7	391.20	1.42	155,245	397	66.50
Gerona	9	180.30	3.60	152,477	846	67.06
Santiago de Compostela	3	379.30	2.25	142,325	375	74.36
Jaen	4	733.40	0.74	141,742	193	70.82
Ferrol	5	212.30	3.12	136,698	644	67.09
Ourense	5	253.30	2.75	131,695	520	71.31
Gandía	13	148.10	3.32	131,289	886	69.25
Torreveija	2	107.00	4.61	118,999	1,112	52.84
Toledo	8	548.10	1.24	118,174	216	68.95
Denia-Javea	6	253.00	4.90	114,415	452	56.77
Orihuela	6	273.10	2.74	112,538	412	68.17
Caceres	4	405.20	1.45	111,213	274	75.44
Manresa	4	1,938.00	0.29	106,345	55	65.52
Talavera de la Reina	4	96.90	5.65	102,739	1,060	72.98
Zonas Urbanas	Num.de municipio	Superficie (Km ²)	Porcentaje construido	Población (2011)	Densidad, habitantes por Km ²	Indice Disper Urbana
Lugo	1	329.80	1.42	98,007	297	74.85

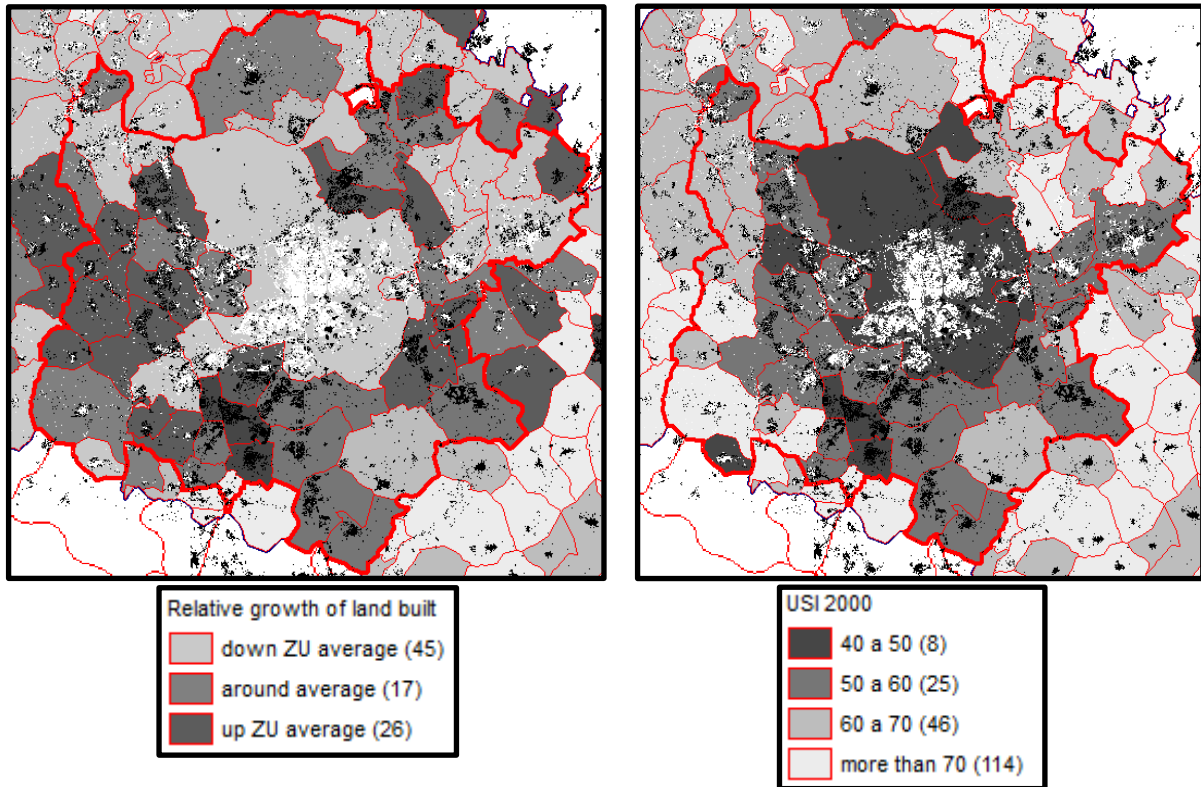
Palencia	4	273.60	1.54	97,156	355	67.38
Lorca	1	1,675.20	0.48	92,869	55	78.98
Roquetas del mar	1	59.70	5.84	89,851	1,506	58.84
Elda-Petrer	2	150.00	1.90	89,336	596	62.67
Ciudad Real	2	403.40	0.99	89,315	221	66.50
Vélez	3	173.40	2.33	86,627	500	74.55
Lloret del Mar	3	104.70	3.08	86,033	822	61.68
Ponferrada	6	449.80	1.16	85,070	189	73.38
El Ejido	1	225.80	1.91	83,774	371	78.09
Alcoy	3	213.00	2.00	81,699	383	66.40
Segovia	5	360.90	1.00	71,664	199	68.56
Sahagunto	2	136.20	1.96	71,448	525	74.55
Merida	6	985.60	0.55	70,975	72	73.57
Zamora	3	195.00	1.96	70,194	360	65.61
Sanlucar de Barrameda	1	170.90	1.93	66,944	392	55.50
Linares	1	196.70	1.42	61,110	311	65.61
Sant Feliu de Guixols	4	85.50	4.67	60,913	713	57.66
Motril	1	109.80	2.08	60,887	555	71.02
Avila	1	230.70	1.20	59,008	256	63.85
Cuenca	1	911.10	3.11	56,703	62	73.08
Aranjuez	1	201.10	0.85	55,755	277	65.03
Hueca	1	161.00	1.40	52,443	326	68.17
Puertollano	1	226.70	0.88	52,200	230	59.33
Utrera	1	684.30	0.51	51,630	75	72.49
Soria	1	271.80	2.74	39,987	147	58.25
Teruel	1	440.40	1.82	35,288	80	72.98
Total	721	45,871.10	2.33	30.419.070		68.81

Mapa III.1 Mapa del Índice de Dispersión Urbana para las principales áreas urbanas y metropolitanas (ZU)



Vamos a focalizar nuestra atención en cada Zona Urbana en el mapa y hacer un análisis intra-área. Un ejemplo está en el Mapa III.2 que muestra el detalle en el caso específico de Madrid la principal área metropolitana del país. Los puntos amarillos son edificios construidos antes de 1982 y los negros son los nuevos edificados hasta 2006. Calculamos el IDU para toda el área metropolitana, como ya se ha visto en el Mapa III.1 o al nivel de cada municipio que forma parte de cada ZU, Madrid en este caso, como hemos visto en el Mapa III.2. Como puede observarse, el desarrollo de Madrid en las últimas tres décadas se produce principalmente en la periferia de la ciudad, principalmente en el alrededor del este y el oeste. Estas nuevas áreas de desarrollo son las que presentan un mayor nivel de crecimiento disperso. Sin embargo el Municipio de Madrid permanece muy concentrado con los valores más bajos de toda el área metropolitana. Este comportamiento es usual en las principales ciudades y áreas metropolitanas del país.

Mapa III.2. Crecimiento y dispersión urbana en el área metropolitana de Madrid (1982-2002)



Explicando las diferencias en la dispersión urbana de las Zonas Urbanas y municipios españoles

Además de los parámetros que influyen en la dispersión urbana y que son descritos en el Capítulo I, en el caso de España es fundamental tener en cuenta los efectos que la fragmentación del gobierno local podría tener. Fischel (1985) dedica una atención considerable a la geografía política de la zonificación. En su estudio se señalan las conexiones entre la fragmentación y restricciones locales del suelo. Pero en el caso español podría ser todo lo contrario. González *et al* (2013) centran la atención en la fragmentación política local en el caso de la región de Asturias, en el norte de España, encontrando que los pequeños municipios rurales situados cerca de una gran metrópolis tienen fuertes incentivos para expandir la oferta de suelo con el fin de aumentar la población y la actividad constructiva en la zona y así atraer el crecimiento natural de otros lugares próximos centro

metropolitano. LeRoy *et al* (2000) estudian un caso muy similar en los EE.UU. en Minneapolis área metropolitana.

Otras variables relacionadas con la planificación urbana no son fácilmente medibles o, a veces ni siquiera es posible

Un modelo empírico para explicar las diferencias en el crecimiento urbano disperso en España.

Después de reflexionar sobre los aspectos que pueden explicar los diferentes niveles de crecimiento urbano disperso y tal y como se ha descrito en el capítulo I y tomando el modelo de ciudad monocéntrica como elemento integrador, que se deduce del breve repaso de la literatura, en esta segunda parte de la sección procedemos a proponer un modelo empírico, con la misión de dar una explicación a las diferencias en dispersión urbana a través de variables que reflejen estos factores. Algunas variables del grupo de distancia o geografía pueden ser fácilmente medibles e incluidas en el conjunto de variables observables. Otras en cambio son más complicadas de obtener debido a la limitación de la información disponible o a la desagregación parcial de los datos.

Distancia: puede ser fácilmente medible como la distancia sobre la red viaria de comunicación del centroide del municipio y el centro de la ZU. Esta variable se denomina *DISTCENTER*

Tamaño: Este factor está relacionado con un posible coste de la congestión, entendiendo que el factor distancia continúa siendo relevante incluso con los sistemas modernos de transporte, particularmente el automóvil. Se pueden aproximar los efectos de la congestión usando varias variables demográficas como el tamaño de la población en años precedentes. Usamos aquí la población en 1970 *POP70*. Podemos también considerar el ratio de crecimiento durante las décadas de los 70 y los 80 (*POPG70s* y *POPG80s*).

La medida de variables *geográficas* es relativamente sencilla. En el Capítulo II se hizo una pormenorizada descripción de las mismas y del modo en el que se han obtenido. En nuestro caso tenemos información del promedio de precipitaciones (*RAINFALL*) y las temperaturas promedio máximas y mínimas (*TEMPMAX* y *TEMPMIN*) por municipio y zona de modo que se evalúa el factor climático y la presencia de agua en el modelo. Asimismo la pendiente y la altitud de cada entidad municipal y zona da lugar a las variables *ALTITUDE* y *SLOPE* de modo que obtenemos información relevante sobre las restricciones físicas en la ciudad debidas a la presencia de montañas o de la rugosidad del terreno. Las condiciones de costa se introducen con una variable 0-1 (*COAST*) que indica la ausencia o presencia de la misma.

Algunas variables *económicas* generales pueden ser útiles para aproximarnos a la situación económica y desarrollo del área. En este caso la limitación viene de la escasa información existente a nivel local. Al no tener información del PIB a este nivel, proponemos considerar el crecimiento económico de área por medio del crecimiento del empleo durante la década de los 90. *EMPG90's*. Incluso más importante es tener información de la estructura económica a través de al menos dos ratios de empleo en servicios (*LQSERV*) e industria (*LQIND*). Sin embargo, lo más relevante es saber de modo aproximado si al nivel del estudio de este bloque de factores se mantiene o no la estructura de ciudad monocéntrica. Un modo sencillo de verlo es utilizar el coeficiente *LQCBD* definido asimismo en el Capítulo II. Si la metrópolis es totalmente monocéntrica, todos los valores de los municipios no centrales deben de ser próximos a 0, excepto en el centro que valdrá 1. Esto cambiará en la medida en la que aparezcan nuevos centros de actividad con valores más altos de *LQCBD*.

Finalmente, sería muy interesante poder añadir un conjunto de variables que pudieran medir la importancia de diversos factores políticos. Sin embargo, no es posible disponer de esta información. El único aspecto vinculado con la influencia de la acción política que podemos evaluar empíricamente para el conjunto de España es cómo puede afectar que

muchas áreas metropolitanas estén fragmentadas en distintas unidades político-administrativas. Para estudiar este aspecto introducimos la variable FRAGM: relación de municipios por 100 km² (FRAGM).

Dado que usamos datos espaciales, es necesario controlar su comportamiento en ese ámbito. Se ha utilizado el test de Moran para analizar los residuos de la regresión original, identificando la existencia de dependencia espacial. Un Modelo de Error Espacial (*SEM, Spatial Error Model*) ha sido usado para tenerla en cuenta. La matriz de distancias típica se ha utilizado como matriz espacial.

Las variables relacionadas con la densidad de población por unidad de superficie construida y las coordenadas (Longitud y Latitud) que se mencionan en el capítulo I han sido estudiadas y desechadas al presentar fuertes linealidades con las variables descritas en los párrafos anteriores. En concreto la longitud/latitud no se ha incluido al aplicar una técnica de regresión que considera la presencia de dependencia espacial de los datos.

La Cuadro III.2 resume todas las variables propuestas para el estudio de la dispersión urbana en España.

El modelo para estimar es el que se muestra en la ecuación [III.1]:

$$\begin{aligned}
 \log USI = a + [d \log DISTCENTER] \\
 + [s_1 \log POP70 + (s_2 \log POPG70s + s_3 \log POPG80s)] \\
 + [g_1 \log RAINFALL + g_{2x} \log TEMP_x + g_3 \log SLOPE \\
 + g_4 \log ALTITUDE + g_5 \log COAST] \\
 + [e_1 \log LQCBD + e_2 \log EMPLG90s \\
 + (e_3 \log LQIND + e_4 \log LQSERV)] + [p \log FRAGM] + \lambda W\xi + \varepsilon
 \end{aligned}
 \tag{III.1}$$

La variable dependiente es el Índice de Dispersión Urbana (IDU). Las independientes o variables explicativas, en la Cuadro 3.2. Se han tomado logaritmos de la mayor parte de las variables independientes para homogeneizar la escala y facilitar la interpretación de los resultado. Este modelo empírico puede ser estimado en base a municipios o a Zonas Urbanas (ZU). Como ya se ha comentado se ha aplicado un *SEM (Spatial*

Error Model) como técnica de estimación dada la estructura espacial de los datos, comprobada con la aplicación del Test de Moran.

Cuadro III.2 Variables incluidas en el análisis de la dispersión urbana.

Nombre	Periodo	Explicación	Fuente
Distancia			
<i>DISTCENTER</i>	-	Distancia sobre la red viaria desde el centro del municipio al centro de la ZU	CNIG y INE
Tamaño:Demografía			
<i>POP70</i>	1970	Habitantes Municipales en 1971	Censo Español de Población (INE)
<i>POPG70s</i>	1971-1981	Crecimiento de la Población en los 70	
<i>POPG80s</i>	1981-1991	Crecimiento de la Población en los 80	
Geografía			
<i>RAINFALL</i>	1987-2007	Precipitaciones medias de 12 meses durante 20 años en el municipio	AEMET y Universidad de Extremadura
<i>TEMPMAX</i>	1987-2007	Temperatura Máxima media de 6 meses durante 20 años en el municipio	
<i>TEMPMIN</i>		Temperatura Mínima media de 6 meses durante 20 años en el municipio	
<i>SLOPE</i>	-	Pendiente media en el municipio	CNIG
<i>ALTITUDE</i>	-	Altitud media en el municipio	
<i>COAST</i>	-	Variable que vale 1 si hay costa y 0 si no	
Economía y condición monocéntrica			
<i>EMPG90s</i>	1991-2001	Crecimiento del empleo en los 90	
<i>LQIND</i>	1991	Coficiente de tasa de empleo industrial	
<i>LQSERV</i>	1991	Coficiente de tasa de empleo de servicios	
<i>LQCBD</i>	1991	Tasa de empleo relative para indicar el grado de monocentrismo de una Zona Urbana	
Fragmentación Política			
<i>FRAGM</i>	-	Ratio de municipios en 100 km ²	INE

Resultados

El Cuadro III.3 muestra los resultados de las estimaciones usando el modelo *SEM* aplicado a todo el país, dividido en municipios que forman parte de zonas urbanas como unidades en la primera columna y en Zonas Urbanas como unidades en la segunda columna. Esto permite comparaciones del comportamiento de las diferentes Zonas entre si y teniendo en cuenta el comportamiento más local de los municipios. Se han usado 723 municipios y 75 Zonas Urbanas. No se incluyen las Islas ni Ceuta y Melilla. El R^2 de las regresiones y otros test realizados indican la ausencia de cualquier problema estadístico relevante como multicolinealidad, no normalidad de los residuos o heteroestocasticidad, entre otras típicas cuestiones a tener en cuenta.

Nuestra primera hipótesis se ha establecido entorno al *factor distancia*. La variable *log DISTCENTER*, correspondiente con parámetro único *d* ha sido estimada en el modelo global de Municipalidades (Cuadro III.3) y para distancias de las zonas entre Madrid y Barcelona (Cuadro III.4). Logicamente no se ha considerado en el caso de la regresión global con Zonas Urbanas. El resultado en el modelo global de municipios es significativo y positivo, indicando que los municipios alejados del centro de la ZU, el *CBD*, tiene una mayor tendencia a la dispersión que los que están más próximos. Estos municipios por lo general se han desarrollado más tardíamente, por lo que se confirma la idea de que las áreas desarrolladas después del uso generalizado del automóvil tienen un desarrollo urbano más disperso. Este resultado es absolutamente coherentes con las conclusiones de Glaeser y Kohlhase (2004) y están alineados con otros resultados empíricos en los EEUU como los obtenidos por Calfee y Winston (1998).

La generalización del uso del coche ha provocado sin duda un aumento de la dispersión, pero no hasta el grado de hacer desaparecer la tradicional estructura monocéntrica alrededor de un centro principal. Entre las razones por las que esto ocurre pueden ser importantes los efectos de congestión asociados al tamaño de la ciudad.

El segundo grupo de factores *s* se refiere al *tamaño* que afecta a la congestión del tráfico. El tamaño poblacional en un periodo previo al estudio (años 70) aparece como significativo en la mayor parte de los casos, especialmente en el análisis por zonas (segunda columna de la Cuadro III.3). Esta conclusión de nuevo es coherente con la literatura de ciudades americanas (ver Downs, 1992 entre otros).

Las variables *geográficas*, representadas por los parámetros *g*, han sido introducidas para representar la influencia del espacio donde se asienta la urbe. Se observa que estos parámetros no son muy relevantes a la hora de explicar las diferencias en la dispersión entre Zonas Urbanas pero sí lo son cuando se desciende a nivel local comparando municipios urbanos. La pendiente *SLOPE* produce menores niveles de dispersión. La variable *ALTITUDE* se comporta de modo opuesto. Las áreas más altas también presentan mayor grado de dispersión urbana. Esto sucede porque son las preferidas para construir casas con buenas vistas y bien localizadas en el contexto del área metropolitana.

Analizando el grupo de factores *económicos*, parámetros *e* en la ecuación, se observa la relevante influencia de la especialización. La especialización en servicios reduce la dispersión urbana lo que es lógico puesto que los servicios tienden a concentrarse en el centro de las ciudades. Asimismo la industria tiende a dispersar tanto a nivel municipal como entre zonas. Este resultado concuerda con las conclusiones de Henderson (1987)

Entre los factores económicos el *LQCBD*, como una aproximación al nivel de monocentrismo, merece una especial atención. Es una de las variables más importantes de todas las estimaciones, siempre significativa y teniendo efecto siempre positivo en la dispersión urbana. Por tanto, cuanto más descentralizada es el área metropolitana, mayor es su crecimiento disperso, una conclusión absolutamente coherente con Glaeser y Kohlhase (2004) y con todos los razonamientos hechos en la segunda sección del capítulo con vistas a definir la relevancia de la estructura monocéntrica en las tendencias de compactación o dispersión del crecimiento urbano.

Contrariamente a nuestras expectativas, *la fragmentación política* no es significativa. Como mucho es significativa al 15%. Esta variable es especialmente relevante en áreas áreas metropolitanas que emergen integrando dos o mas

nucleos previamente existentes. En el Capítulo 5 se muestran como en el caso de Asturias la fragmentación de las áreas metropolitanas emergentes de la región tiene una fuerte influencia en el proceso de dispersión del crecimiento en los municipios próximos. Estos resultados son coherentes con LeRoy *et al* (2000). Si este comportamiento sólo ocurre en determinadas áreas, de ahí la debilidad de la variable *FRAGM* que se observa.

En la Cuadro III.4 se presentan los resultados de las dos principales Zonas Urbanas de España, Madrid y Barcelona, en la que se pueden observar los diferentes comportamientos de ambas a la dispersión. Como se puede ver, el modelo para Barcelona sigue en general el patrón nacional con algunas especificidades. Madrid, sin embargo, es muy diferente. Sólo un grupo reducido de variables es significativo. La explicación podría venir por el crecimiento a saltos (*leapfrogging*) que caracteriza la expansión de Madrid que produce una ciudad desparramada aunque con subcentros compactos. Las nuevas áreas residenciales de Madrid son mucho más dispersas que las antiguas. Es en el Capítulo IV dónde se analiza de forma pormenorizada estas pautas en el crecimiento urbano de la Comunidad Autónoma de Madrid.

En general, lo que hemos encontrado en las ciudades españolas no se diferencia sustancialmente de lo se conoce de las ciudades de Estados Unidos o Latinoamérica. Los viejos centros y áreas adyacentes son muy compactos pero los nuevos tienden a ser dispersos, especialmente en el área de la costa o lugares altos, que ofrecen las mejores vistas de la ciudad. Cuanto mayor sea el atractivo del centro, menor será su dispersión. De acuerdo con estos resultados, el potencial problema de la dispersión urbana en España está enfocado en nuevas áreas residenciales alejadas del centro de la ciudad.

Cuadro III.3. Causas del crecimiento disperso en España: visión general

Variables Independientes		Coeficiente (T-Student)	
		Municipalidades	Zonas Urbanas
Constante		5,170 (27,001)***	-3,114 (-5,383)***
Distancia	Log DISTCENTER	0,013 (1,647)*	-
Factores Demográficos	Log POP70	-0,026 (-5,244)***	-0,004 (-2,314)**
	Log POPG70s	0,019 (1,404)	-0,004 (-0,322)
	Log POPG80s	-0,006 (0,887)	-0,006 (-0,793)
Factores Geográficos	Log RAINFALL	-0,047 (-6,378)***	-0,003 (-0,105)
	Log TEMPMAX	-0,421 (7,809)***	0,216 (1,374)
	Log TEMPMIN	0,040 (5,631)***	-0,012 (-0,760)
	Log SLOPE	-0,033 (-5,912)***	0,031 (1,443)
	Log ALTITUDE	0,038 (6,945)***	0,008 (0,399)
	COAST	0,005 (0,645)	-0,003 (0,100)
Factores Económicos	LQCBD	-	-1,174 (2,777)***
	EMPG90s	-0,033 (-4,702)***	-0,051 (-1,796)*
	LQIND	0,002 (2,346)**	0,006 (1,852)*
	LQSERV	-0,022 (-7,713)***	-0,032 (-1,830)*
Fragmentación		-	-0,001 (-0,392)
Lamda		0,881 (4,525)***	0,357 (2,944)***
R²		0,468	0,406
Ratio de bondad del ajuste		39,170 ***	4,699 **
Numero de observaciones		723	75

Nota: */** y *** indican la significación al 10%/5 %y 1%

Cuadro III.4 Causas del crecimiento disperso en España: Madrid y Barcelona

Variables Independientes		Coeficiente(T-Student)	
		Madrid	Barcelona
Constante		-8,984 (-1,293)	7,069 (0,238)
Distancia	<i>Log DISTCENTER</i>	0,225 (2,945)***	0,178 (2,348)**
Factores Demográficos	<i>Log POP70</i>	-0,001 (-0,644)	-0,001 (-0,854)
	<i>Log POPG70s</i>	-0,065 (-0,444)	-0,372 (-1,582)
	<i>Log POPG80s</i>	-0,056 (-1,397)	-1,326 (-5,222)***
Factores Geográficos	<i>Log RAINFALL</i>	-0,493 (-1,491)	0,032 (0,365)
	<i>Log TEMPMAX</i>	-0,826 (-0,835)	-1,647 (-1,718)*
	<i>Log TEMPMIN</i>	-0,662 (-1,173)	0,208 (0,469)
	<i>Log SLOPE</i>	0,796 (0,632)	0,405 (2,562)**
	<i>Log ALTITUDE</i>	-0,001 (-0,058)	-0,001 (-0,992)
	<i>COAST</i>	-	1,001 (0,966)
Factores Económicos	<i>LQCBD</i>	0,001 (2,177)**	0,530 (4,139)***
	<i>EMPG90s</i>	0,547 (0,454)	-0,555 (-0,764)
	<i>LQIND</i>	-0,175 (-0,228)	-0,869 (-3,167)***
	<i>LQSERV</i>	-1,148 (-1,273)	-1,457 (-4,272)***
Lamda		0,765 (10,427)***	0,264 (2,756)***
R²		0,629	0,775
Ratio de bondad del ajuste		4,919 ***	33,651 **
Numero de observaciones		51	157

Nota: */** y *** indican la significación al 10%/5 %y 1%

IV

Segundo ensayo

Análisis del crecimiento y dispersión urbana de la región de Madrid en el último cuarto del siglo XX

En el primer ensayo de esta tesis, capítulo III, se identifica, analiza y cuantifica el fenómeno de la dispersión urbana para las principales ciudades españolas sobre la base de las definiciones realizadas en el capítulo I introductorio y la metodología SIG cuyas líneas generales han sido expuestas en el capítulo II. En el mencionado capítulo III observamos diferentes patrones en las distintas zonas urbanas en España habiendo algunos casos especialmente interesantes por su fuerte crecimiento y la presión inmobiliaria que se ha producido desde mediados de los 90 hasta la actual crisis económica, iniciada en 2008. Destaca el crecimiento de las ciudades de la costa mediterránea junto con las dos principales metrópolis del país: Madrid y Barcelona.

El objetivo de este cuarto capítulo, segundo ensayo, es analizar el desarrollo urbano de Madrid en el último cuarto del siglo XX. Más específicamente nos interesa describir la forma urbana del área metropolitana de Madrid y conocer si, a pesar de su fuerte crecimiento, conserva su tradicional esencia compacta y monocéntrica o, a causa de un desarrollo urbano acelerado, está derivando hacia un modelo de ciudad dispersa.

La concepción de este objetivo implica la construcción de una cartografía digitalizada del espacio metropolitano de Madrid. Los recursos cartográficos que ofrecen productos como SIOSE o CORINE presentan problemas de precisión que pueden ser resueltos utilizando cartografías disponibles más precisas obtenidas a partir de vuelos fotogramétricos realizados en distintos momentos del tiempo. Para el análisis de la región de Madrid, como hemos visto en detalle en el capítulo II, hemos utilizado las series cartográficas BCN25 y BTN25 del IGN-CNIG. Para poder armonizar la información de distintos momentos se ha tenido que efectuar un importante esfuerzo de recopilación e integración. Pero, gracias a este esfuerzo, podemos considerar conjuntamente la información disponible para la región de Madrid desde 1974 hasta 2008 y construir un periodo de análisis coherente de 1980 a 2002. Con esta cartografía podemos medir la dispersión y analizar su evolución: estudiar cómo ha evolucionado la forma de la ciudad y la huella que ha generado el crecimiento acelerado del final del siglo pasado.

El caso de Madrid es especialmente interesante por varios motivos⁴. En primer lugar, es una de las ciudades más importantes de Europa con una amplia historia. En segundo lugar, es una de las ciudades que más intensamente ha crecido en los últimos 25 años, lo que unido al desarrollo económico de España y al fuerte “boom” de la construcción sufrido por este país, hace que Madrid sea un caso especialmente paradigmático. Esto nos permite ver la evolución de la construcción en una ciudad con fuerte tradición monocéntrica pero intenso crecimiento reciente. En tercer lugar, en la economía de Madrid predominan las actividades de servicios intensivas en conocimientos, muy sensibles a la aglomeración y, por lo tanto, muy concentrados en el centro de la ciudad, pero que conviven con una fuerte industria tendente a localizarse en la periferia por lo que existen fuerzas contrapuestas. Finalmente, la región de Madrid, con cerca de seis millones y medio de habitantes, ocupa una superficie muy extensa que agrupa a 179 municipios con alto nivel de independencia en su política

⁴ Para un análisis más detallado del caso de Madrid véase Sanz (2014).

urbanística y fuerte competencia entre ellos por atraer población de la que depende su nivel de ingresos. Todo ello hace de Madrid un caso de estudio especialmente valioso pero aún poco desarrollado.

Utilización de la cartografía digital para proponer índices de crecimiento, aceleración, densidad y dispersión del desarrollo urbano

La cartografía digital y las metodologías basadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) nos permiten elaborar índices apropiados para el estudio de la evolución de una ciudad, como hemos visto en el capítulo II. En el capítulo III se realizó una primera aplicación para medir la dispersión urbana; el índice de dispersión urbana que aplicamos a las principales zonas urbanas del país. Para tener una imagen precisa de cómo está creciendo la ciudad de Madrid en esta segunda aplicación utilizaremos simultáneamente varias de las propuestas hechas en el capítulo II.

Partimos de la clasificación de los píxeles como espacios edificados o naturales a partir de su color y la información geo-referenciada que se proponía en el capítulo II. Recordemos que cuando un píxel responde a la caracterización de espacio edificado por su tonalidad lo clasificamos como “Ed”. Por oposición todo píxel no clasificado como “Ed” se corresponde con un espacio no edificado o espacio verde o natural. Dentro de los píxeles identificados como espacio construido podemos delimitar cuales son residencias y cuales se corresponden a construcciones industriales, infraestructuras... Repitiendo esta operación para todo el territorio cartografiado podemos tener una idea muy precisa de lo que existe en cada lugar y, concretamente, la posición de las edificaciones residenciales. La comparación de cartografías realizadas en distintos momentos es la que nos permite hacer un análisis de la evolución residencial. A partir de una clasificación rigurosa de los píxeles de una cartografía digitalizada de este tipo y la comparación en distintos momentos del tiempo es posible realizar múltiples análisis que ayudan a describir el crecimiento de la ciudad y, por ejemplo, la evolución de su dispersión y/o morfología. En este trabajo

definimos cuatro conceptos que nos ayuden a centrar el análisis: (i) el crecimiento urbano, (ii) la aceleración de este crecimiento, (iii) la densidad de la construcción y (iv) la dispersión:

- (i) El crecimiento urbano simplemente mide el incremento porcentual anualizado de píxeles clasificados como residenciales en un municipio en dos momentos de tiempo. Los píxeles son traducidos a superficie física real de modo que podemos medir el aumento de la superficie residencial.
- (ii) La aceleración es la diferencia entre los crecimientos urbanos entre dos intervalos de tiempo. Es decir, el incremento o decremento relativo de la velocidad de crecimiento entre dichos periodos.
- (iii) La densidad de construcción consistente en el ratio de m² construidos en el municipio por habitante. Esto nos da una aproximación del tamaño medio de las viviendas.
- (iv) Finalmente es especialmente importante medir la dispersión propiamente dicha. Burchfield *et al.* (2005) definen un Índice de Dispersión Urbana (IDU en adelante). Dicho índice consiste en el porcentaje del espacio no edificado en un área de 1 km² alrededor de cada píxel edificado. La fórmula concreta que se aplica en el cálculo de este índice de dispersión urbana para cada píxel es:

$$IDU = 100 \left(1 - \frac{Ed}{18^2 \pi} \right)$$

siendo Ed el número de píxeles construidos a 564 m (18 píxeles) alrededor del píxel construido analizado. Por tanto, mayores valores hasta un máximo de 100 implicará una tendencia a la dispersión al predominar el terreno no construido y menores valores implicará una mayor concentración en la construcción.

El IDU puede ser calculado sobre las nuevas construcciones en un periodo de tiempo determinado. En este caso se aplica el índice no ha todas las edificaciones sino sólo a las nuevas construcciones, lo que

permite observar si se tiende a mayor dispersión o ésta va siendo reducida.

Un crecimiento urbano coherente con un modelo monocéntrico y compacto generara alta densidad de construcción y baja dispersión. Además el crecimiento será mas fuerte en las zonas más próximas al centro, no saturadas y tenderán a acelerarse las siguientes capas concéntricas. La dispersión de las nuevas construcciones será cada vez menor. Sin embargo, una evolución dispersa implica baja densidad de construcción, alta dispersión creciente y no tiene porque haber una correlación entre crecimiento y aceleración y distancia al centro.

Elaboración de una cartografía digital homogénea del espacio metropolitano de Madrid para los últimos 25 años

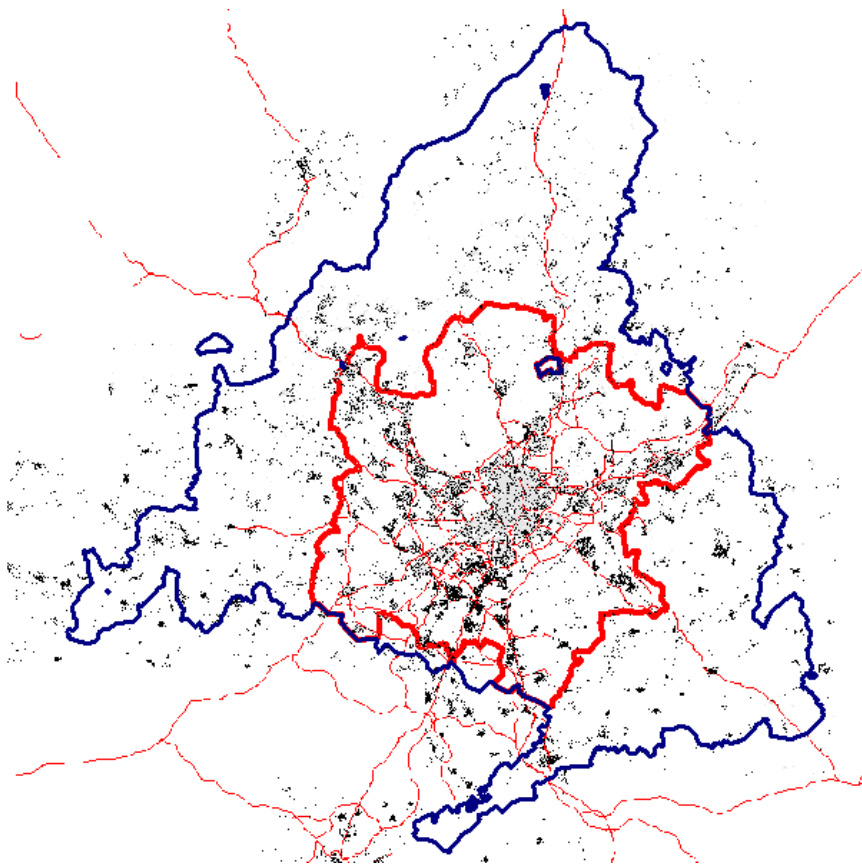
A modo introductorio, antes del análisis concreto de los datos mediante el cálculo de los índices propuestos, en el Mapa IV.1 se representa la superficie construida de la Comunidad Autónoma de Madrid al comienzo del periodo considerado, 1980, y la ocupación del suelo en los dos sub-periodos estudiados: hasta 1995 y desde 1995 hasta 2002. Los puntos gris claro son las edificaciones previas a 1995 y los puntos negros recogen la edificación posterior y hasta 2002. Este mapa, además de ilustrar la capacidad de la cartografía utilizada, es útil para identificar un problema a resolver antes de iniciar análisis: la delimitación del área metropolitana de Madrid.

En el Mapa IV.1 se pueden identificar tres modos de delimitar geográficamente al espacio metropolitano de Madrid:

- (i) la ciudad tradicional de Madrid, que se identifica con el municipio central más densamente construido;
- (ii) el área metropolitana de Madrid, tal y como lo define el Ministerio de Fomento (2011) y que abarca 52 municipios del centro de la región alrededor el municipio central; y,
- (iii) la región completa o Comunidad Autónoma de Madrid que incluye el total de 179 municipios. Como vemos la mancha urbana excede

ampliamente al municipio central pero incluso va más allá del área metropolitana delimitada oficialmente. El espacio metropolitana ha supuesto la ocupación para construcción residencial e industrial de 22.989 hectáreas y abarca múltiples núcleos que ocupan ya la mayor parte de la Comunidad Autónoma. Basados en ello, y en los análisis de Boix *et al.* (2012) que demuestran con el análisis de los movimientos intra-día de la población (commuting) que el área metropolitana de Madrid abarca la practica totalidad de la Comunidad Autónoma, en este trabajo extendemos el área de nuestro análisis a toda los municipios de toda la región de Madrid. Como unidad base de referencia tomaremos el municipio que es la unidad político-administrativa más desagregada del sistema español.

Mapa IV.1. Edificaciones en Madrid, Comunidad Autónoma y área metropolitana, existentes 1980 (gris) y aparecidas en 2002 (negro)

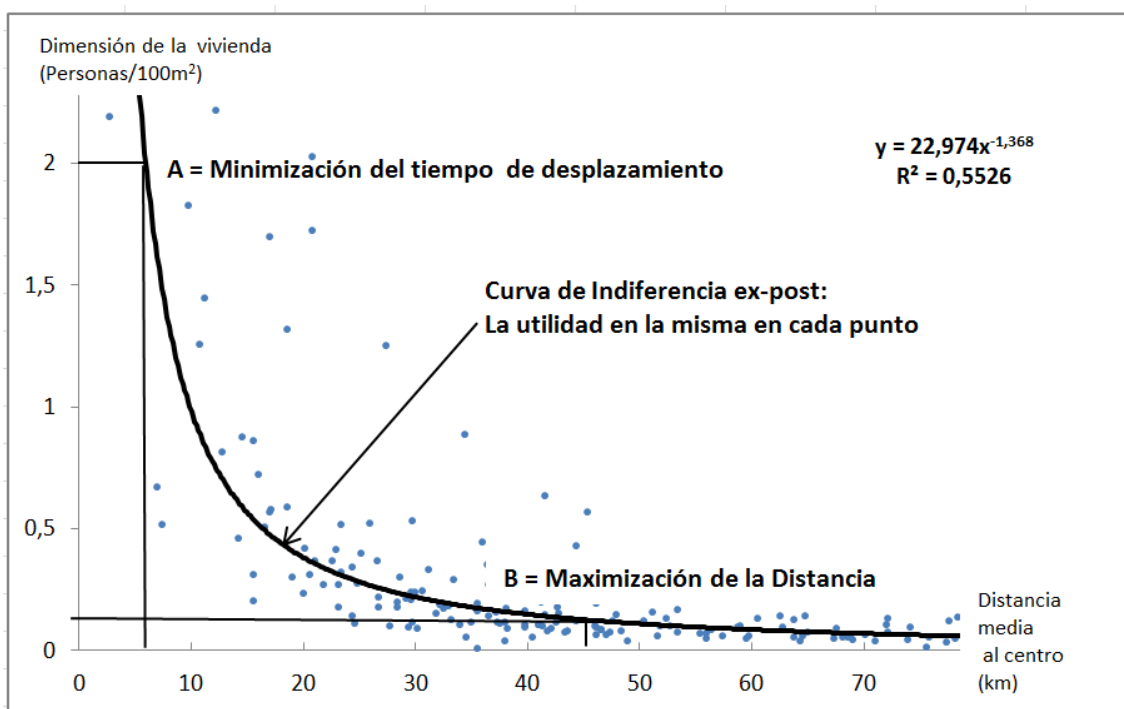


Análisis del crecimiento urbano y evolución de la dispersión en el espacio metropolitano de Madrid

Aplicando el análisis propuesto a la cartografía digitalizada de la región de Madrid, con las cautelas que la disponibilidad y comparabilidad de la información determinan –precisadas en la sección anterior–, podemos hacer una descripción y análisis preciso de la evolución de la urbanización de Madrid y su área metropolitana e identificar si la misma mantiene los patrones de un modelo monocéntrico compacto o tiende a la dispersión.

Un primer análisis puede consistir en evaluar hasta qué punto Madrid se sigue correspondiendo con una ciudad monocéntrica, lo que podemos hacer presentando la relación entre tamaño de las viviendas y distancia al centro por municipios para comprobar si se aproximan a la forma de una curva de utilidad como la representada en la Figura I.1 del capítulo I. La Figura IV.1 representa esta relación y la curva que podemos estimar a partir de la nube de puntos obtenida. Como se puede apreciar la forma de la nube de puntos responde totalmente a la esperaríamos en una ciudad monocéntrica.

Figura IV.1. Representación para la región de Madrid de la relación entre la dimensión de la vivienda (media municipal) y el tiempo de desplazamiento (distancia al centro medio de cada municipio), 2002

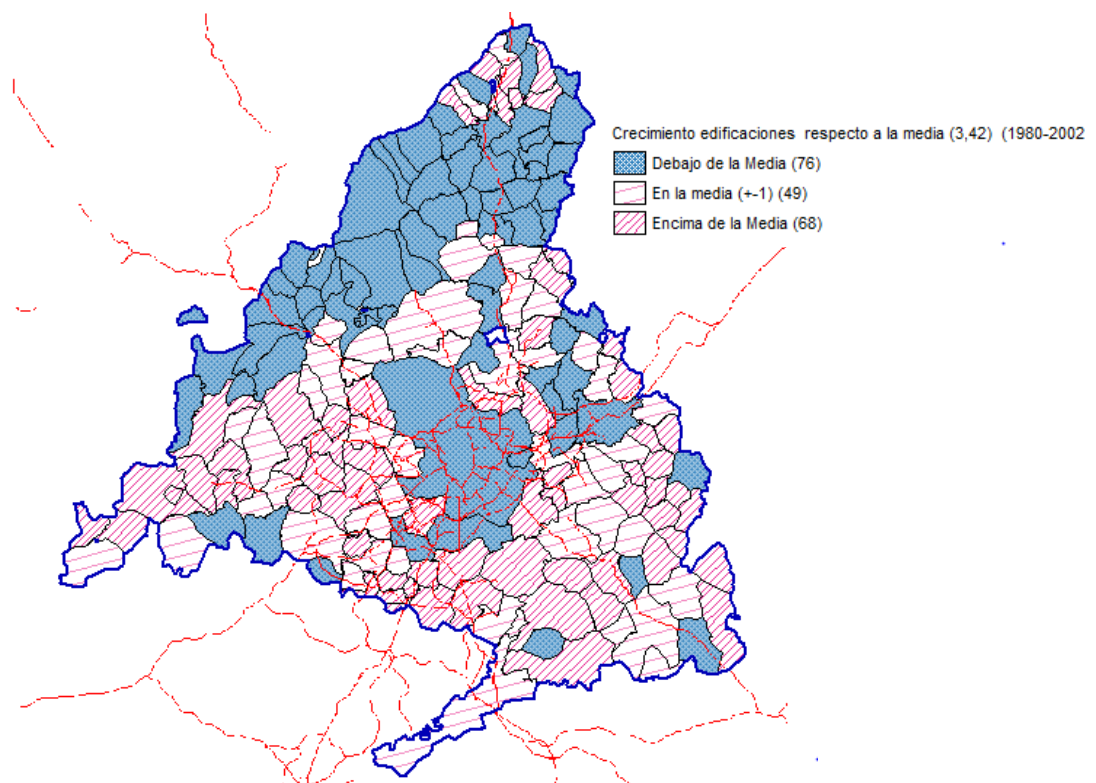


Por lo tanto Madrid mantiene la lógica de una ciudad monocéntrica, como esperábamos. Sin embargo, nuestro objetivo es comprobar si se está teniendo a la dispersión urbana o se mantiene una estructura de crecimiento compacto para lo que proponíamos cuatro índices que pasaremos a analizar.

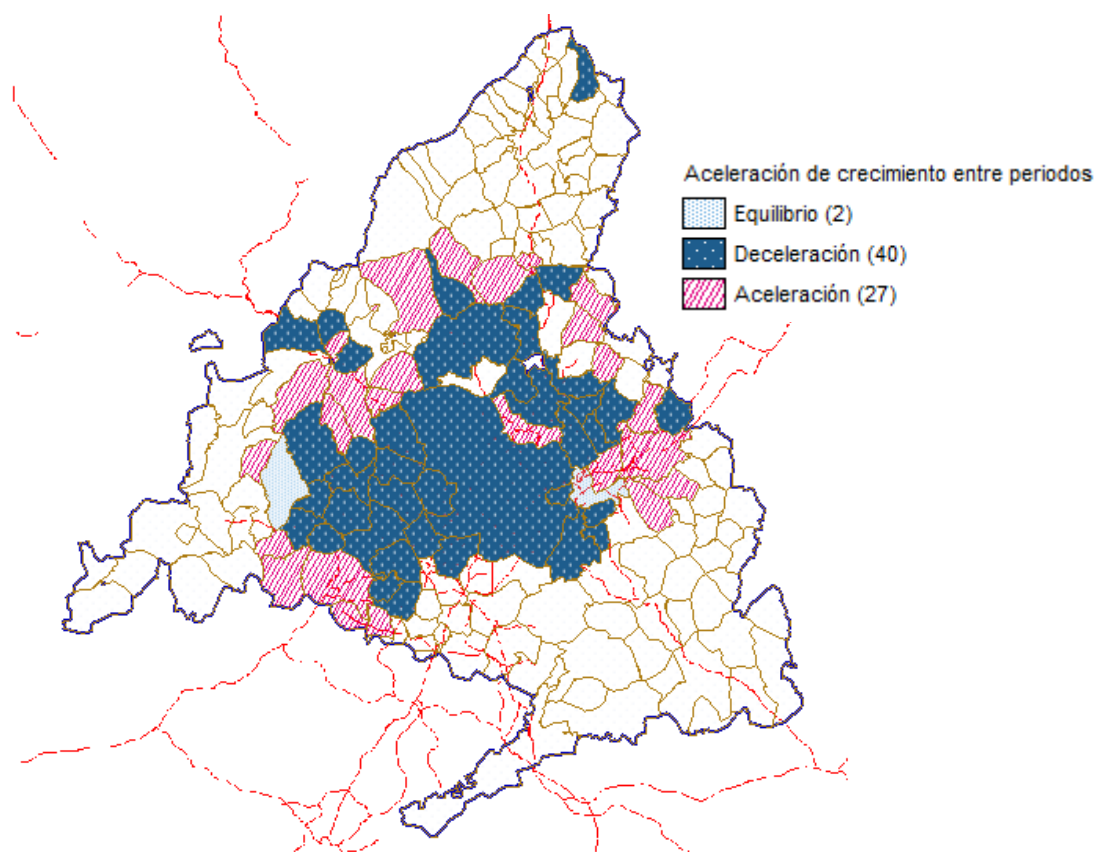
El Mapa IV.2 recoge el primero de los cuatro índices propuestos para el estudio de la evolución de la ciudad: el crecimiento urbano por municipios, que consiste en el incremento de píxeles considerados como edificados sobre el total de píxeles. La media de este crecimiento para el periodo completo, 1980-2002, es de 3,42%. Se señalan en tonalidad oscura los municipios que crecen menos que la media y en trazados claros las zonas que han crecido más que la media. Lo que más intensamente crece es la periferia de la ciudad de Madrid situada próxima a la misma a lo largo de los ejes este y oeste de la Comunidad. Por el contrario, lo que menos crece son los municipios muy alejados del centro al norte así como el propio centro de Madrid o los municipios inmediatamente anexos al mismo. Este sería el patrón típico de una ciudad compacta si el centro y sus municipios adyacentes ha agotado sus posibilidades de crecimiento urbano y la ciudad se ve obligada a expandirse a la periferia. Sin embargo, el porcentaje de ocupación está lejos de cifras que permitan aceptar que el crecimiento del centro y municipios más próximos está ya agotado. Sólo el propio municipio de Madrid y alguno especialmente próximo presenta niveles de construcción suficientemente altos como para aceptar que su crecimiento está agotado. La mayor parte de los municipios inmediatamente anexos que ya crecen menos tiene aún un amplio margen de crecimiento. Es decir, la ciudad se está expandiendo a la periferia, por los ejes este y oeste principalmente, sin que haya una necesidad de hacerlo por falta de espacio.

El mapa de crecimiento se puede complementar con el de aceleración que recoge el segundo índice propuesto: Mapa IV.3. Del total del periodo analizado se toma la segunda parte, 1995-2002, y se observa su crecimiento respecto al de la primera, 1980-1995. El Mapa IV.3 ratifica, con mayor claridad, el mismo patrón que se deduce del Mapa IV.2: el centro y los municipios más cercanos desaceleran mientras que la segunda corona de expansión periférica acelera su crecimiento.

Mapa IV.2. *Crecimiento de la edificación de cada municipio respecto al promedio de toda la región de Madrid, 1980-2002*



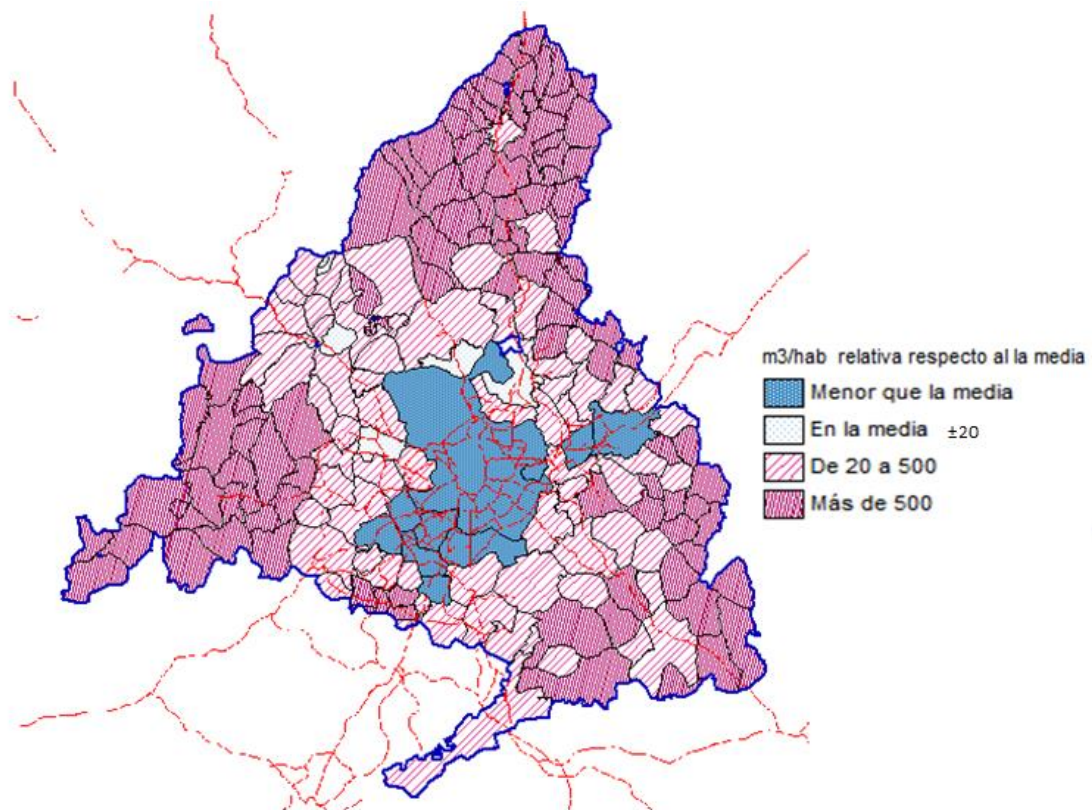
Mapa IV.3. Aceleración del crecimiento de cada municipio de Madrid en 1995-2002 respecto al crecimiento del mismo en 1980-1995



Aunque el marcado crecimiento de la periferia y la tendencia de aceleración de las coronas más externas nos dan muestras de que hay una tendencia a la dispersión urbana, el desarrollo en círculos concéntricos –de interior hacia exterior–, indica que el centro sigue manteniendo su fuerza gravitacional sobre todo el área metropolitana y parece mantener el carácter monocéntrico tradicional de la ciudad. Para tener evidencias más concluyentes sobre la tendencia a la dispersión de Madrid necesitamos completar este primer análisis de crecimiento y aceleración con un estudio de la densidad y la dispersión.

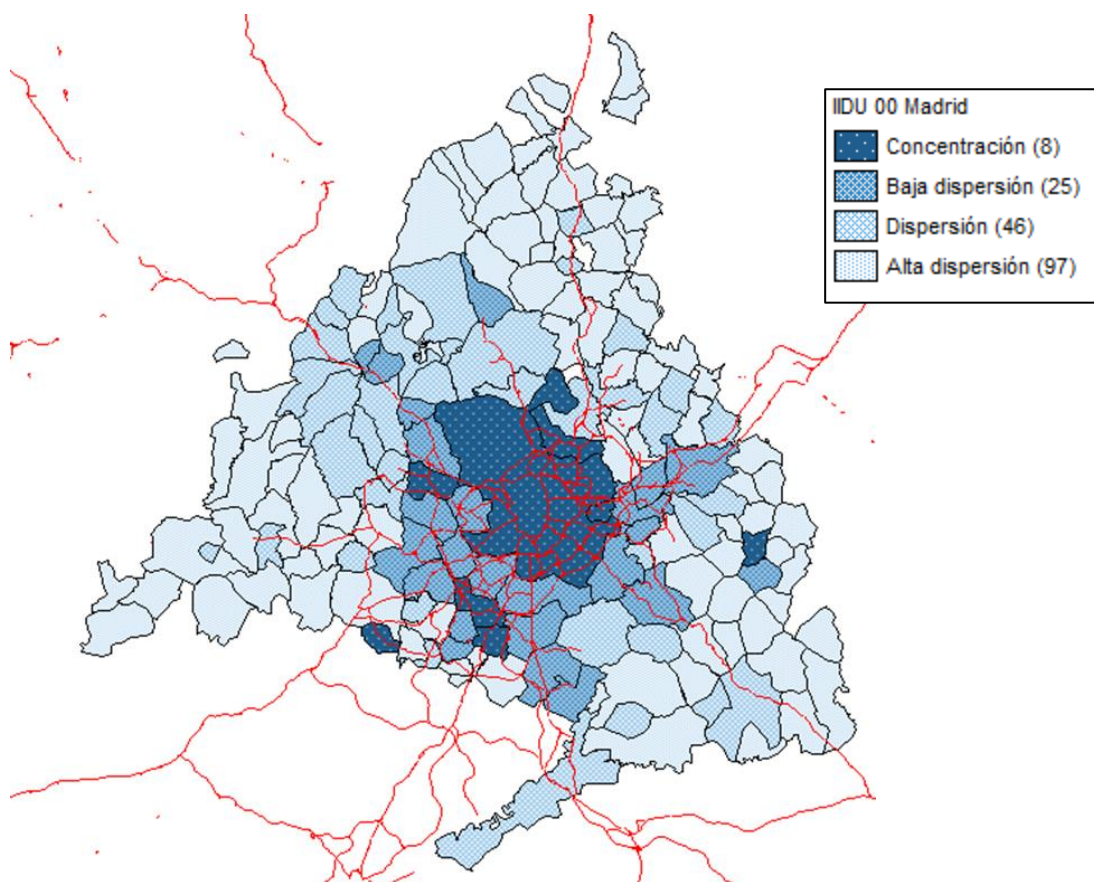
La densidad de construcción, m² construidos por habitante, se recoge en el Mapa IV.4. Este índice nos da una aproximación al tamaño medio de las viviendas. Si se verifica el modelo monocéntrico las viviendas del centro serán más pequeñas en media que las de la periferia. Este es el patrón que justamente encontramos con una distribución en el mapa que es perfectamente coherente con una ciudad monocéntrica, tal y como también dejaba reflejado la Figura IV.2.

Mapa IV.4. Densidad de construcción: m² construidos por habitante, 2002



El Mapa IV.5 presenta el que seguramente es el índice más interesante de los propuestos: la dispersión calculada mediante el índice de dispersión urbana (IDU). Se vuelve a observar que el municipio de Madrid es el más compacto seguido de los inmediatamente adyacentes. Se puede observar nuevamente la influencia de los principales ejes de comunicación que extienden las zonas compactas al este y oeste de la ciudad de Madrid. La urbanización en las otras direcciones más alejadas es sensiblemente más dispersa. De media Madrid presenta un valor del IDU de 61,02 mientras que la periferia, municipios a una distancia media de más de 20 km del municipio central, presenta una dispersión de 69,42. Los municipios a menos de 20 km tienen una dispersión media sensiblemente inferior: 49,46.

Mapa IV.5. *Dispersión urbana en Madrid: índice de dispersión urbana (IDU), 2002*



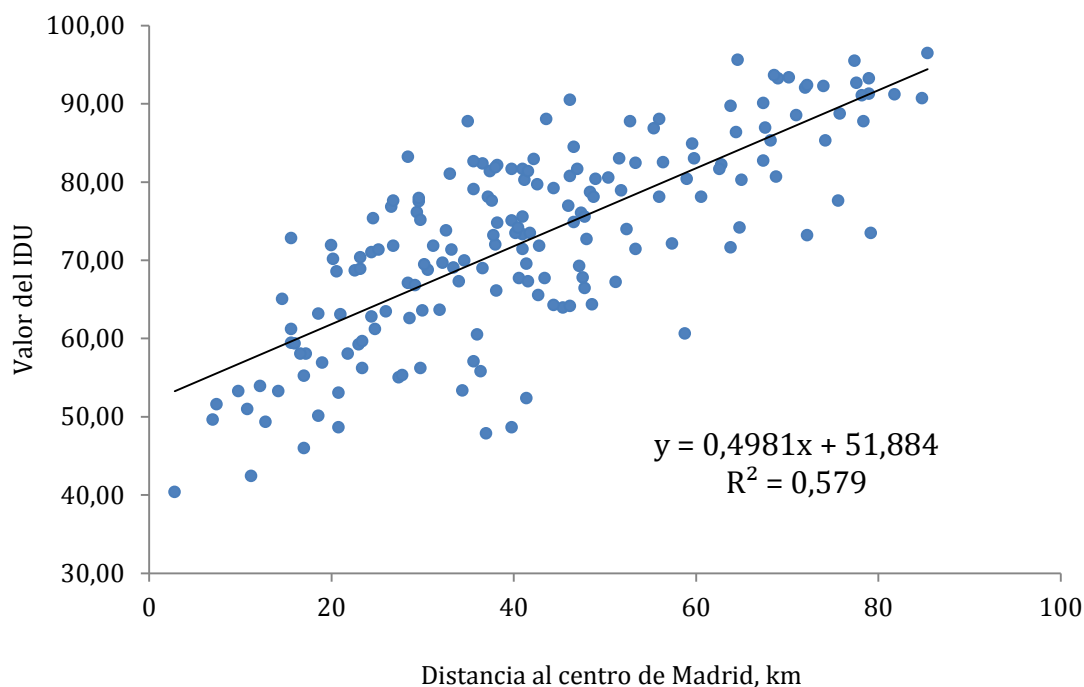
En la Figura IV.2 podemos ver aún más clara la relación entre dispersión y distancia al centro. Los municipios situados a menos de 20 km de distancia al centro tienen IDUs en el entorno o por debajo del 50% indicando una fuerte concentración. Pero cuando nos alejamos del centro de Madrid más de 20 km los IDUs crecen muy significativamente situándose normalmente por encima del 70%, indicando niveles de dispersión muy elevados. La correlación distancia-dispersión es significativa y con clara pendiente positiva.

En definitiva, todo este análisis concluye que mientras que el centro de Madrid y los municipios anexos mantienen una dispersión muy baja las nuevas áreas de desarrollo urbanístico de la periferia tienden a ser muy dispersas y muy poco densas. Esto se une al hecho de que el crecimiento tiende a expandirse a la periferia antes de que la densidad del uso del suelo en las zonas más cercanas al centro lo exijan. Aún así, no podemos deducir de ello que Madrid haya cambiado su patrón y la ciudad esté ahora dominada por un modelo de crecimiento disperso. Un alto IDU en la periferia puede significar que:

- (i) las nuevas áreas urbanizadas hacia donde se expande la ciudad están aún desarrollándose por lo que presentan IDUs muy bajos, o bien,
- (ii) las nuevas áreas, que ya han crecido después de la generalización del automóvil, presentan índices de dispersión más altos respondiendo a nuevo modo de urbanización tal y como ha ocurrido en otras ciudades europeas.

Para precisar si estamos más cerca del caso (i) o del caso (ii) necesitamos observar el índice de dispersión urbana (IDU) propuesto en una versión más dinámica: el IDU de las nuevas construcciones.

Figura IV.2. Relación entre la dispersión, medida con el IDU, y distancia al centro en Madrid, 2002

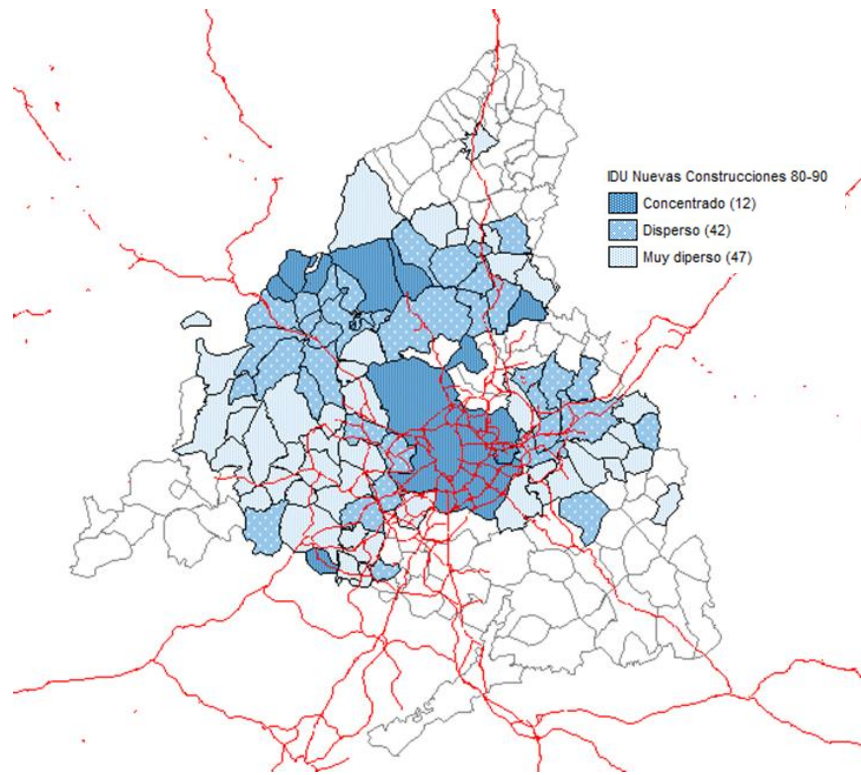


El IDU de nuevas construcciones se calcula considerando el índice de dispersión (IDU) exclusivamente en aquellos edificios que se han construido en un periodo determinado. Es decir, si en un municipio se hubiese construido un solo edificio y éste estuviese en una zona sin otras construcciones en un km² a la redonda, el IDU municipal de nuevos edificios en ese supuesto sería 100. Si ese edificio se hubiera construido en medio de una manzana completamente construida en el km² considerado, el IDU municipal de nuevos edificios sería 0. Este indicador nos da una versión más dinámica de la tendencia a la dispersión de una ciudad. El Mapa IV.6 presenta este indicador dinámico de la dispersión para el caso de Madrid: a la izquierda para el periodo 1980-1995 y a la derecha para 1995-2002. Como se puede observar la dispersión tiende a ser mayor fuera del municipio central e inmediatamente adyacentes. No hay, sin embargo, una correlación perfecta entre mayor tendencia a la dispersión y distancia al centro dado que algunos municipios alejados del centro al norte de la ciudad presentan tendencias a la concentración.

La Figura IV.3 presenta la relación entre este IDU de nuevas construcciones y la distancia. Lo que podemos observar es que esta relación, que era muy fuerte y clara en el caso del IDU estático, se hace ahora menos evidente. La nube de puntos es mas dispersa y la recta de regresión tiene menor pendiente. El R^2 de esta regresión es ahora muy bajo. La explicación que creemos más plausible a estos resultados es que, a pesar de la menor densidad y mayor dispersión de la periferia, no asistimos tanto a un cambio de modelo urbano, con mayor inclinación de los madrileños por la dispersión, sino a una competencia de todos los municipios cercanos al centro de Madrid por atraer población. Esto hace que la expansión de la ciudad se haya extendido en exceso, haciendo que no se lleguen a compactar los nuevos desarrollos urbanísticos. Es un proceso estudiado en profundidad por LeRoy *et al.* (2000) para varias áreas metropolitanas en Estados Unidos que muy posiblemente esté ocurriendo en el caso de Madrid. El resultado final es el mismo en cualquier escenario –una ciudad muy dispersa que introduce serios problemas de gestión, una desintegración de la vida social y un necesario abuso del automóvil como medio de transporte–, pero la causa y el modo de actuar sobre ella son distintos.

Mapa IV.6. Evolución de la dispersión: *índice de dispersión urbana* (IDU) de nuevas construcciones en Madrid, (a) 1980-1995 y (b) 1995-2002

(a) 1980-1995



(b) 1995-2002

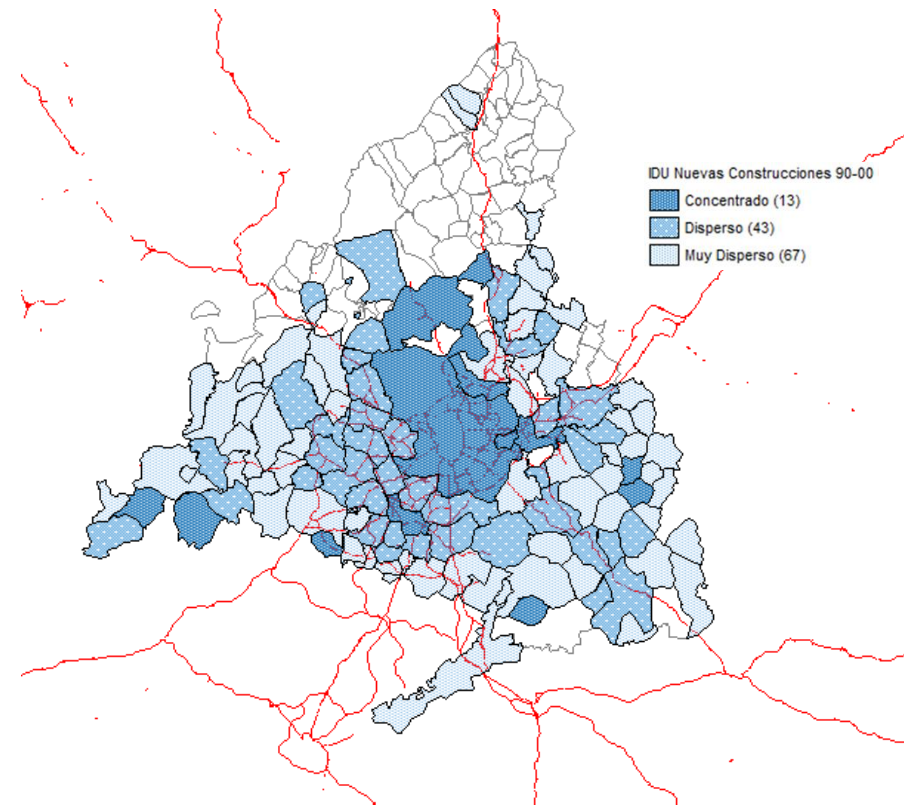
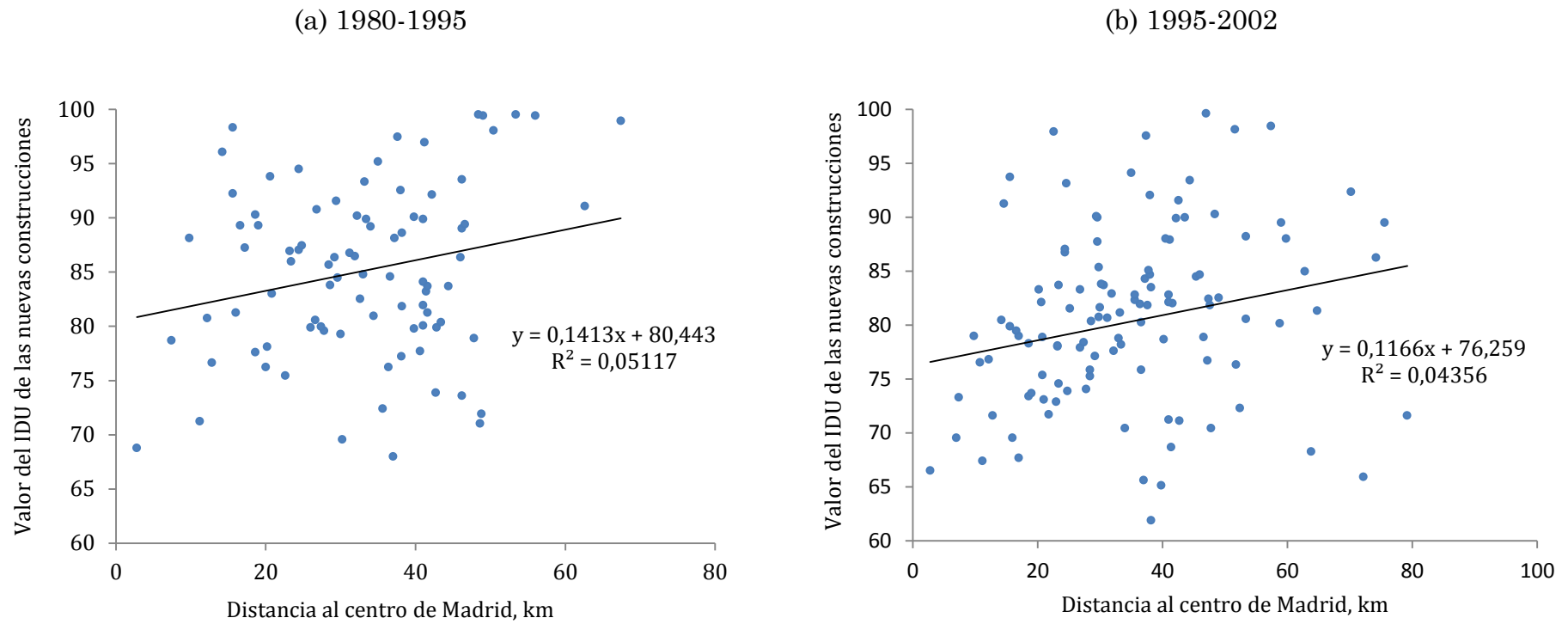


Figura IV.3. Relación entre la evolución de la dispersión, medida con el IDU de las nuevas construcciones, y distancia al centro en Madrid, (a) 1980-1995 y (b) 1995-2002



Un intento de clasificación

Para tratar de ordenar la descripción del crecimiento urbano de la Comunidad de Madrid se ha realizado un análisis de clúster basado en la comparación de K-medias utilizando cuatro variables: la tasa de crecimiento en el uso del suelo para el conjunto del periodo, el cambio de dicha tasa entre el primer y segundo periodo que denominamos aceleración, el total de los m² de suelo construido por habitante y la dispersión estática de 2002. Nuevamente, la ausencia de datos para una parte de la comunidad en el primer periodo limita el número de municipios analizados.

Los resultados de este ejercicio se representan en el Mapa IV.7. El análisis proporciona cinco grupos. El primero está formado por municipios con un crecimiento elevado, una densidad de edificación elevada y una desaceleración del crecimiento en el segundo periodo estudiado. Estos municipios se agrupan entorno al de Madrid, extendiéndose fundamentalmente hacia el Sur y el corredor del Henares. Su dispersión crecimiento disperso es mínimo

El segundo grupo rodea al primero por el oeste y este y se caracteriza por un crecimiento muy elevado en el conjunto del periodo, aunque se desacelera notablemente en los años finales, con una menor densidad de construcción y un crecimiento disperso moderado.

El tercer grupo se encuentra, en parte, entreverado con el segundo y rodeando al primero por el norte y el este. Posee una tasa de crecimiento menor, aunque se acelera en el segundo periodo y su densidad de edificación es más baja con dispersión alta.






Finalmente, los grupos cuarto y quinto recogen los municipios con una densidad de edificación muy baja y están más alejados del centro. Entre ellos se distinguen por la diferente velocidad y aceleración relativas. Sin embargo, su número es reducido, por lo que no es posible establecer un patrón más clarificador. Son municipios muy dispersos.

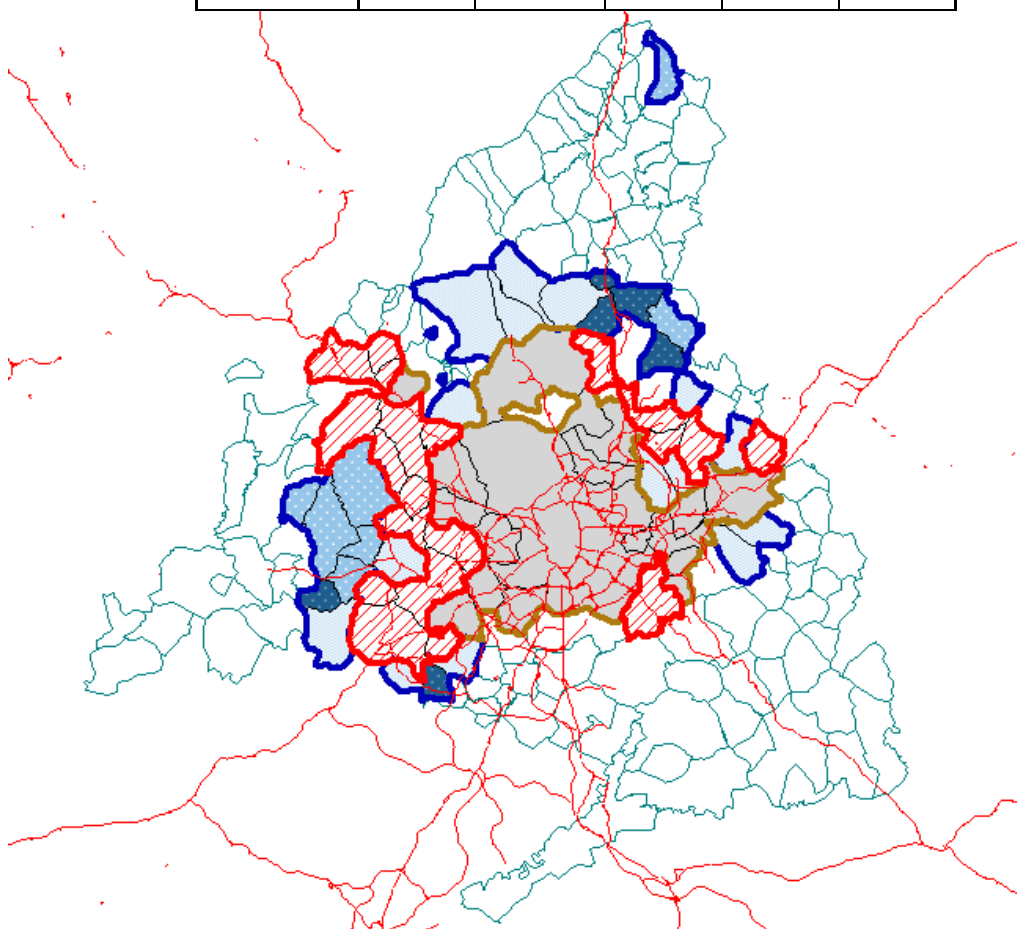
Esta clasificación parece apuntar hacia una evolución dual en la utilización del suelo de la Comunidad de Madrid. Por un lado, el propio municipio de Madrid y circundantes próximos, especialmente al sur, han experimentado un elevado crecimiento en la estimación del suelo. Este crecimiento ha sido muy denso y se ha frenado en el periodo más reciente.

Por otro, el cinturón exterior, con crecimientos elevados y menos denso, parece haber ido desplazando hacia el norte y este del municipio central.

Mapa IV.7. Clasificación de los Municipios de Madrid en función de cuatro variables.

Centros de los conglomerados finales

	Conglomerado				
					
cre_80_02	2,9013	3,0462	3,9472	4,8578	3,4844
aceleración	,3276	1,4762	-2,0817	-,8716	-1,3192
m2_Habitante	541,8734	1150,8146	313,6847	906,2067	116,8796
IDU_00	69,7606	75,4227	64,6764	77,7548	54,0566



ANEXO IV.1. Crecimiento, densidad y fechas de vuelos por municipios

Municipio	% Suelo urbano	m ² cons-truido por hab. 2001	Crecimiento (% anual)			s/ edf. total región	% crecim 80-95	% crecim 95-02	Vuelo 80's	Vuelo 90's	Vuelo 00's
	2002		80-95	95-02	80-02						
Acebeda, La	0,71	3053		6,55	6,55	0,02		0,04%		1997	2002
Ajalvir	5,47	434	0,69	0,54	0,66	0,23	0,01%	0,02%	1975	1997	2002
Alameda del Valle	0,98	1399							1983	1997	2002
Álamo, El	10,39	464	0,88	4,52	2,29	0,41	0,12%	0,42%	1974	1991	2002
Alcalá de Henares	16,11	80	1,49	4,47	2,00	2,54	0,65%	2,35%	1975	1999	2002
Alcobendas	30,48	149	3,93	7,57	4,49	2,74	1,26%	2,94%	1983	1999	2002
Alcorcón	20,54	45	2,38	3,75	2,69	1,19	0,32%	0,98%	1974	1997	2002
Aldea del Fresno	3,09	1042		0,94	0,94	0,36		0,07%	1974	1991	2002
Algete	11,53	274	3,62	1,87	3,34	0,99	0,45%	0,54%	1983	1999	2002
Alpedrete	19,39	288	1,80	3,68	2,13	0,44	0,14%	0,33%	1974	1997	2002
Ambite	3,38	2828		7,80	7,80	0,1		0,21%		1991	2004
Anchuelo	1,86	656		9,30	9,30	0,03	0,02%	0,13%		1997	2002
Aranjuez	3,8	176		2,50	2,50	1,22	1,71%	0,75%		1991	2004
Arganda del Rey	10,12	241		2,96	2,96	1,3		0,97%		1991	2004
Arroyomolinos	7,84	293	8,74	7,66	8,31	0,28	0,21%	0,45%	1974	1991	2002
Atazar, El	0,59	1772				0,04				1999	
Batres	5,19	1068	0,64	7,03	3,11	0,2	0,06%	0,29%	1974	1991	2002
Becerril de la Sierra	7,43	580	1,18	0,00	0,96	0,44	0,10%	0,03%	1975	1997	2002
Belmonte de Tajo	2,03	420		3,32	3,32	0,07	0,00%	0,06%		1991	2004
Berrueco, El	2,06	1444							1983		1999
Berzosa del Lozoya	0,99	981							1983		1999
Boadilla del Monte	18,75	323	5,19	3,24	4,55	1,82	0,91%	1,15%	1974	1997	2008
Boalo, El	5,96	635	0,08	1,61	0,37	0,53	0,01%	0,13%	1975	1997	2002
Braojos	0,77	1083				0				1997	2002
Brea de Tajo	1,79	1700		4,64	4,64	0,11	0,00%	0,14%		1991	2004
Brunete	5,74	466	5,19	4,87	5,07	0,44	0,32%	0,55%	1974	1991	2002
Buitrago del Lozoya	2,66	441							1983		1999
Bustarviejo	2,27	835								1999	1999
Cabanillas de la Sierra	4,28	1200								1999	1999
Cabrera, La	5,4	655								1999	1999

Cadalso de los Vidrios	3,7	767		5,07	5,07	0,24		0,36%		1991	2002
Camarma de Esteruelas	5,05	584	2,48	7,06	3,19	0,27	0,12%	0,32%	1983	1999	2002
Campo Real	2,38	490	1,51	15,82	4,02	0,24	0,04%	0,54%	1975	1997	2002
Canencia	1,02	1205				0,07				1999	1999
Carabaña	2,88	1175		5,16	5,16	0,19		0,25%		1991	2004
Casarrubuelos	8,98	422		5,72	5,72	0,06		0,11%		1991	2002
Cenicientos	1,94	728		3,00	3,00	0,21		0,17%		1991	2002
Cercedilla	6,48	420		1,41	1,41	0,45		0,15%		1997	2002
Cervera de Buitrago	1,69	1858				0				1999	1999
Chapinería	4,94	859		5,22	5,22	0,23		0,26%	1974	1991	2002
Chinchón	3,35	891		5,97	5,97	0,52		0,79%		1991	2004
Ciempozuelos	5,74	189		3,25	3,25	0,44		0,39%		1989	2002
Cobeña	3,91	241	2,40	1,88	2,31	0,14	0,06%	0,08%	1983	1999	2002
Collado Mediano	8,63	412	1,33	0,82	1,24	0,38	0,10%	0,09%	1974	1997	2002
Collado Villalba	20,02	113	2,81	4,89	3,18	0,9	0,41%	0,93%	1974	1997	2002
Colmenar de Oreja	3,26	687		7,22	7,22	0,52		0,95%		1991	2004
Colmenar del Arroyo	2,58	1297	16,52	4,71	11,73	0,25		0,25%	1974	1991	2002
Colmenar Viejo	3,9	192	3,25	3,30	3,26	0,92	0,62%	0,94%	1983	1999	2002
Colmenarejo	7,1	418	1,21	7,74	2,70	0,39	0,07%	0,44%	1974	1997	2004
Corpa	0,81	474		5,15	5,15	0,02	0,01%	0,04%		1997	2002
Coslada	44,96	69	2,10	2,71	2,21	0,98	0,37%	0,60%	1974	1997	2002
Cubas de la Sagra	13,58	874		5,25	5,25	0,24	0,33%	0,36%		1991	2002
Daganzo de Arriba	2,97	273	1,72	2,19	1,79	0,24	0,08%	0,11%	1983	1999	2002
Escorial, El	5,89	370	1,33	2,90	1,61	0,77	0,19%	0,43%	1974	1997	2002
Estremera	1,44	1087	0,00	9,87	6,31	0,17	0,05%	0,31%	1984	1991	2004
Fresnedillas de la Oliva	3,3	1021	1,84	4,42	2,85	0,17	0,07%	0,17%	1974	1991	2002
Fresno de Torote	4,69	1974	0,49	25,94	4,13	0,23	0,02%	0,51%	1983	1999	2002
Fuenlabrada	28,24	59		1,69	1,69	1,98		0,82%		1991	2002
Fuente el Saz de Jarama	13,09	910	3,42	26,12	6,71	0,69	0,23%	1,70%	1983	1999	2002
Fuentidueña de Tajo	1,87	763							1984	1991	2002
Galapagar	13,06	332	1,98	3,97	2,44	1,52	0,48%	1,13%	1974	1997	2004
Garganta de los Montes	1,54	1913							1983		1999

Gargantilla del Lozoya	3,34	2821							1983		1999
Gascones	0,96	1643		3,95	3,95	0,03		0,03%		1997	2002
Getafe	15,35	80		2,22	2,22	2,09		1,18%		1991	2002
Griñón	34,37	1009		5,45	5,45	0,55	0,44%	0,63%		1991	2002
Guadalix de la Sierra	2,61	449	2,22	7,93	3,10	0,26	0,10%	0,30%	1983	1999	2002
Guadarrama	6,4	344	1,25	0,96	1,20	0,72	0,17%	0,17%	1974	1997	2002
Hiruela, La	0,33	694							1983		2002
Horcajo de la Sierra	1,23	2030		7,55	7,55	0,03		0,07%		1997	2002
Horcajuelo de la Sierra	0,36	840		1,27	1,27	0,02		0,01%	1983	1997	2002
Hoyo de Manzanares	6,96	509	1,84	4,37	2,43	0,56	0,16%	0,44%	1974	1997	2004
Humanes de Madrid	19,58	372		2,88	2,88	0,62		0,47%		1991	2002
Leganés	22,17	55	7,00	2,34	5,48	1,45	1,33%	1,35%	1980	1997	2005
Loeches	5,41	726	1,63	11,45	3,38	0,38	0,07%	0,56%	1975	1997	2002
Lozoya	1,3	1714				0,18			1983	1997	1983
Lozoyuela-Navas-Sieteiglesias	2,82	2106								1997	2002
Madarcos	1,1	3433		4,92	4,92	0,01		0,02%		1997	2002
Madrid	22,18	46	0,91	1,25	0,98	26,89	5,56%	8,31%	1974	1991	1996
Majadahonda	16,14	123	3,66	3,20	3,48	1,04	0,61%	0,85%	1974	1991	2002
Manzanares el Real	2,05	576	0,51	1,52	0,69	0,56	0,05%	0,15%	1975	1997	2002
Meco	5,32	226	7,40	1,57	6,46	0,43	0,27%	0,36%	1983	1999	2002
Mejorada del Campo	17,46	173	4,62	8,37	5,30	0,46	0,27%	0,80%	1975	1997	2002
Miraflores de la Sierra	4,64	671	1,35	3,06	1,62	0,5	0,13%	0,24%	1983	1999	2002
Molar, El	4,66	561	0,61	18,07	3,18	0,38	0,04%	0,65%	1983	1999	2002
Molinos, Los	10,1	528				0,27				1997	2002
Montejo de la Sierra	0,72	758	7,31	12,13	8,56	0,03	0,02%	0,08%	1983	1997	2002
Moraleja de Enmedio	6,01	566	4,22	4,45	4,31	0,36	0,20%	0,34%	1974	1991	2002
Moralzarzal	4,69	297			0,98	0,39			1974	1996	2001
Morata de Tajuña	5,38	417		4,70	4,70	0,37		0,42%	0	1991	2004
Móstoles	21,48	49	3,60	2,02	2,98	1,66	0,96%	0,87%	1974	1991	2002
Navacerrada	2,47	345	0,04		0,04	0,17	0,00%		1975	1997	2002
Navalafuente	7,75	1599	1,24	15,14	3,32	0,15	0,03%	0,24%	1983	1999	2002
Navalagamella	1,62	973	2,35	4,04	3,01	0,21	0,10%	0,20%	1974	1991	2002

Navalcarnero	4,51	305	2,15	4,87	3,21	0,76	0,34%	0,88%	1974	1991	2002
Navarredonda y San Mamés	0,97	2438									
Navas del Rey	2,74	762		4,64	4,64	0,2		0,26%		1991	2002
Nuevo Baztán	19,17	945		9,83	9,83	0,37		1,27%		1997	2002
Olmeda de las Fuentes	1,16	1271		10,52	10,52	0,02		0,07%		1997	2002
Orusco de Tajuña	4,27	1390		5,64	5,64	0,12		0,18%		1991	2004
Paracuellos de Jarama	7,13	498	4,96	7,11	5,30	0,63	0,61%	1,53%	1974	1990	1993
Parla	18,15	58		4,79	4,79	0,64		0,88%		1991	2002
Patones	1,53	1495							1983		1999
Pedrezuela	6,53	1116	2,17	2,36	2,20	0,33	0,13%	0,18%	1983	1999	2002
Pelayos de la Presa	22,71	1094		6,10	6,10	0,23		0,40%		1991	2002
Perales de Tajuña	3,06	711		5,14	5,14	0,21		0,28%		1991	2004
Pezuela de las Torres	2,01	1553							1984		2004
Pinilla del Valle	0,72	1159				0					
Pinto	8,85	176		4,45	4,45	0,78		1,00%		1991	2002
Piñuécar-Gandullas	2,34	2276		8,96	8,96	0,04		0,17%		1994	1999
Pozuelo de Alarcón	30,73	194	3,41	3,93	3,53	2,15	1,57%	2,72%	1974	1991	1996
Pozuelo del Rey	15,06	17648		7,17	7,17	0,72		0,17%	1975	1989	1994
Prádena del Rincón	0,81	1846		9,97	9,97	0,02		0,06%		1997	2002
Puebla de la Sierra	0,47	2997							1983		2002
Puentes Viejas	1,45	2088									
Quijorna	4,06	790	5,59	4,93	5,33	0,17	0,12%	0,21%	1974	1991	2002
Rascafría	0,75	730								1994	1999
Redueña	1,51	1071	1,03	9,68	2,34	0,03	0,01%	0,04%	1983	1999	2002
Ribatejada	3,36	2866	1,40	7,32	2,32	0,22	0,05%	0,17%	1983	1999	2002
Rivas-Vaciamadrid	11,59	218	9,53	13,56	10,24	1,13	0,78%	2,99%	1974	1997	2002
Robledillo de la Jara	0,9	1994							1983		1999
Robledo de Chavela	3,69	1379		18,25	18,25	0,33		1,63%		1991	2002
Robregordo	0,69	1556		3,13	3,13	0,02		0,02%		1997	2002
Rozas de Madrid, Las	21,54	198	4,43	4,89	4,53	2,01	1,12%	2,05%	1974	1997	2004

Rozas de Puerto Real	11,35	10640		4,68	4,68	0,83		0,12%		1991	2002
San Agustín de Guadalix	4,69	274	2,12	3,32	2,30	0,29	0,12%	0,20%	1983	1999	2002
San Fernando de Henares	12,6	139	2,64	5,59	3,18	0,85	0,36%	1,08%	1974	1996	2001
San Lorenzo de El Escorial	3,65	158			0,49	0,42	0,15%	0,00%	1974	1997	2002
San Martín de la Vega	4,12	375		4,47	4,47	0,62		0,79%		1991	2002
San Martín de Valdeiglesias	3,83	707		8,32	8,32	0,52		1,30%		1991	2002
San Sebastián de los Reyes	12,02	114	4,28	0,92	3,74	1,65	0,82%	0,86%	1983	1999	2002
Santa María de la Alameda	2,31	2081								1992	2002
Santorcaz	2,11	983		9,10	9,10	0,05		0,19%		1997	2002
Santos de la Humosa, Los	1,5	514	1,31	10,64	2,73	0,09	0,02%	0,11%	1983	1999	2002
Serna del Monte, La	3,81	1374		11,27	11,27	0,01		0,06%		1997	2002
Serranillos del Valle	8,75	664		7,54	7,54	0,12	0,10%	0,32%		1991	2002
Sevilla la Nueva	6,19	345	6,97	4,46	5,98	0,24	0,21%	0,28%	1974	1991	2002
Somosierra	0,51	994		1,44	1,44	0,02		0,01%		1997	2002
Soto del Real	8,86	620	2,66	0,06	2,25	0,67	0,34%	0,27%	1983	1999	2002
Talamanca de Jarama	3,93	931	3,85	12,24	5,13	0,28	0,12%	0,42%	1983	1999	2002
Tielmes	3,22	397		1,58	1,58	0,17		0,06%		1991	2004
Titulcia	4,96	524		3,02	3,02	0,08		0,06%		1989	2002
Torrejón de Ardoz	22,77	76	1,67	5,57	2,38	1,32	0,36%	1,34%	1975	1997	2002
Torrejón de la Calzada	13,78	252		4,61	4,61	0,18		0,23%		1991	2002
Torrejón de Velasco	2,52	562		6,02	6,02	0,17		0,30%		1991	2002
Torrelaguna	2,74	401			1,67	0,22			1983	1999	2002
Torrelodones	21,94	311	2,34	4,42	2,82	0,85	0,30%	0,70%	1974	1997	2004
Torremocha de Jarama	4,13	1773									
Torres de la Alameda	5,21	478	2,69	10,12	4,03	0,37	0,13%	0,65%	1975	1997	2002
Tres Cantos	11,2	117		2,90	2,90	0,64		0,54%	1983	1999	2002
Valdaracete	0,63	612		2,77	2,77	0,06		0,05%		1989	2002

Valdeavero	4,9	1285	1,78	30,87	5,90	0,13	0,03%	0,36%	1983	1999	2002
Valdelaguna	1,25	878		4,69	4,69	0,07		0,09%		1991	2004
Valdemanco	3,04	1000							1983	1983	1999
Valdemaqueda	2,13	1819				0,27				1991	2002
Valdemorillo	7,49	987	7,38	5,12	6,30	0,98	1,33%	2,22%	1974	1984	1993
Valdemoro	9,95	194		4,91	4,91	0,89		1,26%		1991	2002
Valdeolmos-Alalpardo	4,1	572	1,16	5,07	1,77	0,23	0,04%	0,13%	1983	1999	2002
Valdepiélagos	3,63	1953		21,48	21,48	0,1		0,32%	1983	1999	2002
Valdetorres de Jarama	7,9	1166	1,94	8,64	2,97	0,37	0,15%	0,51%	1983	1999	2002
Valdilecha	2,19	457		3,42	3,42	0,14		0,13%		1989	2002
Valverde de Alcalá	2,11	892		16,46	16,46	0,07	0,01%	0,13%		1997	2002
Velilla de San Antonio	9,69	171	4,84	8,83	5,57	0,22	0,13%	0,39%	1975	1997	2002
Vellón, El	3,41	1064	3,56	2,08	3,33	0,19	0,12%	0,15%	1983	1999	2002
Venturada	12,65	1332	2,12	5,29	2,61	0,22	0,08%	0,18%	1983	1999	2002
Villa del Prado	4,35	814		3,45	3,45	0,53		0,50%		1991	2002
Villaconejos	2,09	235		1,21	1,21	0,13		0,04%		1991	2004
Villalbilla	9,33	543	3,30	6,66	3,92	0,53	0,26%	0,71%	1975	1997	2002
Villamanrique de Tajo	2,08	1027		3,39	3,39	0,09		0,08%		1991	2004
Villamanta	2,05	698	0,85	3,90	2,04	0,24	0,07%	0,21%	1974	1991	2002
Villamantilla	1,79	1159	0,76	6,44	2,95	0,07	0,02%	0,10%	1974	1991	2002
Villanueva de la Cañada	12,24	364	5,78	2,76	4,58	0,68	0,55%	0,51%	1974	1991	2002
Villanueva de Perales	2,2	883	2,31	3,85	2,91	0,11	0,05%	0,11%	1974	1991	2002
Villanueva del Pardillo	8,18	323	5,41	6,91	6,00	0,32	0,22%	0,53%	1974	1991	2002
Villar del Olmo	5,66	998		9,61	9,61	0,15		0,52%		1997	2002
Villarejo de Salvanes	1,81	372		3,49	3,49	0,33		0,29%		1991	2004
Villaviciosa de Odón	11,18	337	6,57	3,49	5,35	1,19	1,03%	1,12%	1974	1991	2002
Villavieja del Lozoya	2,26	2863		16,56	16,56	0,04		0,39%		1994	1999
Zarzalejo	4,69	826	0,08	7,98	1,87	0,19		0,18%	1974	1997	2004
CA Madrid	7,36	109	3,63	3,47	3,42	100	100,00%	100,00%	1980	1995	2002

**ANEXO IV.2. IDU (*índice de dispersión urbana*) por
municipios, 1980, 1995 y 2002**

Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU_02	Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU 02
Alameda del Valle	97,35		80,25	Navacerrada	74,75	72,00	78,09
Álamo, El	64,53	60,70	47,83	Navalafuente	88,41	86,34	80,74
Alcalá de Henares	63,26	58,34	55,00	Navalagamella	89,09	83,89	81,63
Alcobendas		49,50	49,60	Navalcarnero	76,23	71,02	71,80
Alcorcón	57,76	55,00	53,92	Navarredonda y San Mamés		98,23	93,22
Aldea del Fresno	98,72	77,50	78,88	Navas del Rey		80,25	73,97
Algete	99,41	62,86	63,06	Nuevo Baztán		67,28	48,62
Alpedrete	70,92	60,80	55,79	Olmeda de las Fuentes		89,39	88,01
Ambite	96,07	77,99	80,35	Orusco de Tajuña		83,00	76,03
Anchuelo	87,42	83,89	78,09	Paracuellos de Jarama	93,52	73,18	72,79
Aranjuez	93,71	65,22	63,94	Parla		50,19	48,62
Arganda del Rey	98,72	62,27	59,23	Patones	99,02		86,84
Arroyomolinos	92,44	67,19	62,77	Pedrezuela	79,27	75,14	74,75
Atazar, El	98,92		95,58	Pelayos de la Presa		76,62	60,60
Batres	86,44	88,90	76,13	Perales de Tajuña		83,59	82,32
Becerril de la Sierra	71,12	65,42	66,11	Pezuela de las Torres	83,50		81,63
Belmonte de Tajo	99,61	75,05	69,25	Pinilla del Valle			86,93
Berrueco, El	89,00		88,01	Pinto		60,51	55,20
Berzosa del Lozoya	95,68		92,04	Piñuécar-Gandullas		94,30	92,24
Boadilla del Monte	84,48	65,22	59,43	Pozuelo de Alarcón	68,66	54,91	51,57
Boalo, El	80,25	76,13	75,05	Pozuelo del Rey	99,31	84,58	79,07
Braojos	99,21	88,60	85,26	Prádena del Rincón	99,71	90,18	88,70
Brea de Tajo	99,61	86,84	83,00	Puebla de la Sierra	95,38		93,22
Brunete	92,04	73,67	71,80	Puentes Viejas	91,26	91,85	90,08
Buitrago del Lozoya	82,12	97,15	82,71	Quijorna	91,16	79,66	71,31
Bustarviejo	80,55	99,02	80,55	Rascafría	93,12	79,76	81,63
Cabanillas de la Sierra	89,09	86,54	84,48	Redueña	91,85	92,24	90,47

Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU_02	Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU 02
Cabrera, La	67,28		67,19	Ribatejada	99,71	74,55	72,00
Cadalso de los Vidrios	99,31	76,03	73,18	Rivas-Vaciamadrid	92,44	61,19	53,24
Camarma de Esteruelas	80,94	76,42	73,77	Robledillo de la Jara	94,89		93,61
Campo Real	75,14	73,28	77,50	Robledo de Chavela	97,64	88,51	71,41
Canencia	83,89		82,51	Robregordo		91,26	91,16
Carabaña		80,65	74,85	Rozas de Madrid, Las	65,22	64,53	58,05
Casarrubuelos		86,84	77,90	Rozas de Puerto Real		88,11	77,60
Cenicientos	99,21	66,70	73,47	San Agustín de Guadalix	77,60	75,93	76,81
Cercedilla	66,01	67,19	64,34	San Fernando de Henares	69,35	60,01	59,33
Cervera de Buitrago	87,72		85,26	San Lorenzo de El Escorial	65,52	66,20	67,28
Chapinería	99,51	79,37	67,78	San Martín de la Vega		74,85	68,86
Chinchón	99,02	73,87	81,33	San Martín de Valdeiglesias		76,23	74,16
Ciempozuelos	98,82	54,61	56,18	San Sebastián de los Reyes		64,93	65,03
Cobeña	74,06	69,64	70,13	Santa María de la Alameda	99,12	98,92	78,09
Collado Mediano	76,03	69,94	71,41	Santorcaz	77,99	78,09	73,28
Collado Villalba	68,37	57,76	53,33	Santos de la Humosa, Los	96,56	82,02	80,25
Colmenar de Oreja		75,05	72,69	Serna del Monte, La		94,89	92,34
Colmenar del Arroyo	98,82	82,91	78,68	Serranillos del Valle	87,62	80,65	63,65
Colmenar Viejo	79,37	60,60	63,45	Sevilla la Nueva	85,07	76,91	69,05
Colmenarejo	79,17	69,94	63,55	Somosierra	99,90	91,35	90,67
Corpa	89,59	83,10	82,12	Soto del Real	67,87	57,36	57,07
Coslada	58,44	44,79	42,43	Talamanca de Jarama	97,84	78,68	77,60
Cubas de la Sagra	92,73	85,26	75,14	Tielmes		69,74	73,47
Daganzo de Arriba	77,50	67,19	68,66	Titulcia		82,41	82,61
Escorial, El	77,40	73,08	68,95	Torrejón de Ardoz	51,76	48,23	50,09
Estremera	93,91	75,93	82,22	Torrejón de la Calzada		77,40	71,31
Fresnedillas de la Oliva	81,33	79,07	76,91	Torrejón de Velasco		75,83	77,60
Fresno de Torote		82,71	69,94	Torrelaguna	71,80	66,89	75,54

Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU_02	Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU 02
Fuenlabrada		48,62	45,97	Torrelodones	74,46	67,78	59,62
Fuente el Saz de Jarama	99,31	73,87	75,34	Torremocha de Jarama	93,81	98,33	83,00
Fuentidueña de Tajo	78,19	97,94	78,09	Torres de la Alameda	81,92	70,53	66,79
Galapagar	75,14	68,27	62,57	Tres Cantos		60,11	61,19
Garganta de los Montes	89,19		89,68	Valdaracete		80,65	82,41
Gargantilla del Lozoya	99,02	99,61	86,34	Valdeavero		83,99	73,47
Gascones		94,60	93,32	Valdelaguna		84,18	79,66
Getafe		53,43	50,98	Valdemanco	89,49		87,72
Griñón	77,21	71,21	55,30	Valdemaqueda		98,82	72,10
Guadalix de la Sierra	80,94	76,72	75,54	Valdemorillo	83,99	74,06	67,28
Guadarrama	76,81	69,94	69,54	Valdemoro		63,36	56,18
Hiruela, La	95,68		96,46	Valdeolmos-Alalpardo		82,22	83,20
Horcajo de la Sierra		93,12	91,06	Valdepiélagos		85,56	74,16
Horcajuelo de la Sierra		93,61	92,63	Valdetorres de Jarama	70,92	70,63	69,45
Hoyo de Manzanares		72,59	67,09	Valdilecha		73,47	73,18
Humanes de Madrid	80,15	65,71	58,05	Valverde de Alcalá	95,09	94,11	87,72
Leganés	73,77	55,00	53,24	Velilla de San Antonio	82,02	68,37	63,16
Loeches	83,79	79,66	71,02	Vellón, El	84,28	81,33	81,63
Lozoya	99,41	98,62	80,65	Venturada	77,31	72,20	67,68
Lozoyuela-Navas-Sieteiglesias	87,13		84,87	Villa del Prado		72,00	71,61
Madarcos		95,87	95,48	Villaconejos		59,72	64,24
Madrid	41,84	40,86	40,37	Villalbilla	86,34	73,77	69,64
Majadahonda	70,82	53,24	49,31	Villamanrique de Tajo		83,00	80,35
Manzanares el Real	72,10	67,28	65,52	Villamanta	85,85	77,80	81,33
Meco		60,31	60,51	Villamantilla	90,67	88,80	82,91
Mejorada del Campo	69,64	62,37	58,05	Villanueva de la Cañada	84,28	64,83	61,19
Miraflores de la Sierra	71,21	70,82	71,80	Villanueva de Perales	94,30	86,64	81,82
Molar, El	80,06	76,03	81,04	Villanueva del Pardillo	91,85	79,47	68,56
Molinos, Los	65,91	62,08	64,14	Villar del Olmo		69,05	52,35
Montejo de la Sierra	98,53	87,42	87,72	Villarejo de Salván		61,68	66,40

Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU_02	Municipios	IDU 80	IDU 95	IDU 02
Moraleja de Enmedio	84,18	79,07	70,33	Villaviciosa de Odón	82,71	64,73	56,87
Moralzarzal	70,63	63,45	67,68	Villavieja del Lozoya	99,71	93,42	88,51
Morata de Tajuña		63,36	68,76	Zarzalejo	82,41	83,30	79,17
Móstoles	62,37	55,30	53,04				

Tercer ensayo**Descripción y análisis del crecimiento urbano
en el área central de Asturias**

En los capítulos anteriores hemos estudiado el crecimiento urbano en España, prestando especial atención al fenómeno de dispersión urbana (capítulo III), y el crecimiento específico de la principal metrópolis de nuestro país: Madrid (capítulo IV). Dedicamos este tercer ensayo a un caso específico particular: el Principado de Asturias. La razón por la que prestamos atención al caso de Asturias no es sólo porque esta tesis se realice desde esta región sino porque en la misma existe un fenómeno urbano sumamente interesante: la emergencia en el área central de la región de una gran metrópolis a partir de la conurbación de tres ciudades previamente existentes y varios núcleos poblacionales de diferente importancia que han crecido al su alrededor. Este fenómeno unido a la convivencia de espacios urbanos y rurales muy próximos y la simultánea y rápida emergencia de una fuerte industria turística en algunas zonas tradicionalmente rurales hacen a esta región especialmente interesante.

El objetivo de este ensayo es describir el proceso de desarrollo urbano seguido por Asturias durante el periodo 1996-2006 y tratar de buscar

algunos de los factores que han contribuido a darle su forma particular. Para ello, se ha construido una base de datos basada en cartografías digitales de los años 1994-96, 2003 y 2006. Estas cartografías permiten identificar con precisión la evolución del uso del suelo en el Principado de Asturias y, por lo tanto, cuantificar y describir el proceso de su utilización para usos urbanos (residencial y económico), infraestructuras o uso industrial durante el periodo considerado.

En el siguiente apartado se presenta y describe de modo detallado la metodología propuesta y la base de datos de la que se dispone: la cartografía foto-referenciada del Principado de Asturias. Tras ello se utiliza la información que es posible deducir con esta metodología para cuantificar y describir las características más importantes del proceso de utilización del suelo en esta región en el periodo que se extiende de 1994-96 a 2006 y que podemos dividir en dos etapas claramente diferenciadas: 1994-96-2003 y 2003-2006. En el apartado cuarto se trata de buscar algunos factores explicativos de las dinámicas de crecimiento identificadas, tratando de diferenciar entre los elementos endógenos de cada municipio, los exógenos al municipio pero endógenos a la región y los completamente exógenos al municipio y a la región. Por último, en el quinto apartado, se completa el trabajo con una revisión final y se sugieren recomendaciones de política regional y ordenación del territorio.

Descripción de la evolución del uso del suelo en Asturias: 1996-2006

La metodología descrita en el capítulo II y ya utilizada de diverso modo en las aplicaciones contenidas en los capítulos III y IV permite cuantificar la ocupación del territorio para usos residenciales y económicos y sus cambios a lo largo del periodo estudiado. Hemos procedido a aplicar una comparación entre los mapas disponibles para tres momentos en el tiempo: 1996, 2003 y 2006. Eso nos permite disponer de una perspectiva de cómo ha evolucionado el uso del suelo y algunos aspectos ya comentados en los capítulos anteriores como la concentración o la dispersión de las edificaciones.

En el Cuadro V.1 se ofrecen los principales resultados de este ejercicio. En la primera columna se muestra el porcentaje de superficie urbanizada (excluyendo vías de comunicación) de cada municipio en el año inicial 1996. En la segunda columna se presenta una medida de consumo de suelo (m² por habitante) para el año 2006. En las columnas tercera, cuarta y quinta se detalla el porcentaje de crecimiento del suelo urbanizado para el conjunto del periodo y para cada uno de los sub-periodos. En la última columna se recoge la participación de cada municipio en el total de superficie urbanizada para el conjunto del periodo.

El total de superficie urbanizada era en 1996 el 4,08% del total de la superficie asturiana, una tasa relativamente baja. Pero esta ocupación del suelo varía enormemente entre municipios. Es máxima en los municipios de Avilés (32,61%), Muros de Nalón (26,11%) y Noreña (23,94%). En el extremo opuesto se encuentran los municipios de Allande (0,85%), Degaña (0,75%), Ibias (0,64%) o Villanueva de Oscos (0,81%).

El proceso de crecimiento de la urbanización durante la década de 1996-2006 ha sido relativamente intenso, con una media en el periodo del 0,47% con diferencias que son también muy apreciables entre los municipios con altas tasas de crecimiento como Llanera (1,25%), Corvera (1,19%) y Noreña (1,17%) frente a otros con tasas de crecimiento mínimas como Caso (0,01%) y Proaza (0,03%).

Cuadro V.1. Porcentajes de tierra urbanizada y crecimiento del uso del suelo, 1996-2003-2006.

Municipio	% Suelo urbanizado 1996	m2 construido/habitante 2006	Crecimiento (% anual)			s/ crecimiento total regional
			1996-2003	2003-2006	1996-2006	
Allande	0,85	1,48	0,29	0,06	0,21	0,31
Aller	3,25	1,01	0,08	0,28	0,16	0,97
Amieva	1,98	2,97	0,07	0,20	0,12	0,14
Avilés	32,61	0,12	0,99	0,52	0,84	3,53
Belmonte de Miranda	2,41	2,85	0,07	0,07	0,07	0,18
Bimenes	7,55	1,45	0,02	0,49	0,19	0,24
Boal	2,23	1,40	0,10	0,03	0,07	0,10
Cabrales	1,49	1,76	0,06	0,33	0,16	0,28
Cabranes	3,93	1,56	0,04	0,30	0,14	0,11
Candamo	6,12	2,14	0,00	0,16	0,06	0,13
Cangas de Onís	2,80	1,01	0,10	0,53	0,26	0,77
Cangas del Narcea	1,16	0,69	0,22	0,11	0,18	0,87
Caravia	5,16	1,38	0,29	1,79	0,85	0,28
Carreño	9,80	0,68	1,13	0,46	0,90	2,82
Caso	1,18	2,07	0,01	0,02	0,01	0,03
Castrillón	14,32	0,40	0,57	0,93	0,72	2,81
Castropol	3,13	1,08	0,44	0,37	0,42	0,80
Coaña	4,99	1,05	0,66	0,75	0,70	1,11
Colunga	4,38	1,25	0,18	0,57	0,32	0,70
Corvera de Asturias	11,36	0,36	0,94	1,52	1,19	2,78
Cudillero	7,52	1,44	0,13	1,03	0,46	1,75
Degaña	0,75	0,56	0,12	0,07	0,10	0,03
Franco (El)	4,58	0,98	0,21	0,71	0,39	0,70
Gijón	18,81	0,14	1,00	1,02	1,04	16,46
Gozón	8,20	0,70	0,27	0,98	0,54	1,77
Grado	6,45	1,45	0,04	0,05	0,04	0,33
Grandas de Salime	1,31	1,46	0,18	0,16	0,18	0,14
Ibias	0,64	1,30	0,11	0,06	0,09	0,10
Illano	1,09	2,37	0,21	0,00	0,13	0,08
Illas	4,42	1,22	0,01	0,71	0,26	0,15
Langreo	14,17	0,28	0,43	0,33	0,40	2,33

Municipio	% Suelo urbanizado 1996	m2 construido/habitante 2006	Crecimiento (% anual)			s/ crecimiento total regional
			1996-2003	2003-2006	1996-2006	
Laviana	5,91	0,60	0,06	0,33	0,16	0,62
Lena	2,79	0,75	0,01	0,43	0,16	0,72
Llanera	8,50	0,76	1,39	0,91	1,25	5,21
Llanes	4,38	0,98	0,13	1,67	0,70	3,93
Mieres	9,02	0,32	0,43	0,19	0,34	2,28
Morcín	4,89	0,90	1,01	0,38	0,79	0,91
Muros de Nalón	26,11	1,25	0,02	0,35	0,14	0,16
Nava	4,81	0,93	0,11	0,83	0,37	0,85
Navia	7,39	0,58	0,49	0,54	0,52	1,19
Noreña	23,94	0,30	0,98	1,17	1,08	0,69
Onís	2,36	2,38	0,04	0,45	0,19	0,17
Oviedo	13,15	0,13	0,90	1,03	0,97	11,21
Parres	3,84	0,94	0,15	0,37	0,23	0,57
Peñamellera Alta	1,42	2,21	0,09	0,23	0,14	0,09
Peñamellera Baja	2,12	1,37	0,03	0,35	0,15	0,13
Pesoz	0,87	1,83	0,08	0,07	0,07	0,01
Piloña	3,20	1,20	0,16	0,36	0,23	1,08
Ponga	0,89	2,94	0,01	0,12	0,05	0,05
Pravia	8,54	1,07	0,12	0,05	0,09	0,42
Proaza	3,81	4,04	0,00	0,09	0,03	0,05
Quirós	1,75	2,89	0,00	0,10	0,04	0,07
Regueras (Las)	3,95	1,41	0,02	1,09	0,41	0,53
Ribadedeva	5,37	1,11	0,21	2,82	1,18	1,03
Ribadesella	4,92	0,75	0,28	1,96	0,91	1,79
Ribera de Arriba	6,93	0,83	0,48	0,91	0,65	0,47
Riosa	4,56	1,02	0,02	0,33	0,13	0,14
Salas	4,04	1,64	0,23	0,08	0,17	0,81
San Martín de Oscos	1,20	1,90	0,18	0,00	0,11	0,05
San Martín del Rey Aurelio	12,58	0,40	0,37	0,22	0,32	1,13
San Tirso de Abres	2,44	1,44	0,36	0,06	0,25	0,10
Santa Eulalia de Oscos	1,72	1,64	0,11	0,11	0,11	0,05
Santo Adriano	2,78	2,67	0,08	0,17	0,11	0,04
Sariego	5,83	1,25	0,19	0,75	0,39	0,30
Siero	11,60	0,55	0,68	1,39	0,96	10,97

Municipio	% Suelo urbanizado 1996	m ² construido/habitante 2006	Crecimiento (% anual)			s/ crecimiento total regional
			1996-2003	2003-2006	1996-2006	
Sobrescobio	1,70	1,50	0,11	0,27	0,17	0,10
Somiedo	1,10	2,30	0,03	0,17	0,08	0,13
Soto del Barco	13,64	1,25	0,03	0,44	0,18	0,43
Tapia de Casariego	4,86	0,85	0,60	0,59	0,61	0,96
Taramundi	1,42	1,62	0,16	0,00	0,10	0,06
Teverga	3,41	3,24	0,01	0,08	0,04	0,11
Tineo	2,28	1,16	0,36	0,15	0,29	1,78
Valdés	3,54	0,99	0,28	0,34	0,31	1,92
Vegadeo	2,37	0,50	0,72	0,31	0,58	0,55
Villanueva de Oscos	0,81	1,62	0,43	0,00	0,27	0,08
Villaviciosa	6,29	1,32	0,08	0,84	0,36	3,06
Villayón	1,61	1,39	0,15	0,21	0,17	0,19
Yernes y Tameza	3,54	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Asturias	4,08	0,45	0,60	0,38	0,47	100

Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía digital del Principado de Asturias.

Una presentación visual de estos datos se recoge en el Mapa V.1. En él se han representado, en color rojo, los nuevos espacios construidos en el periodo analizado frente a, color gris, los espacios ya urbanizados. Se observan con claridad las principales pautas de este proceso. En primer lugar, aparece el crecimiento alrededor de los principales núcleos urbanos de la región. En segundo lugar se aprecia el fuerte crecimiento a lo largo de la costa. Finalmente, se puede observar la expansión dispersa de la zona central.

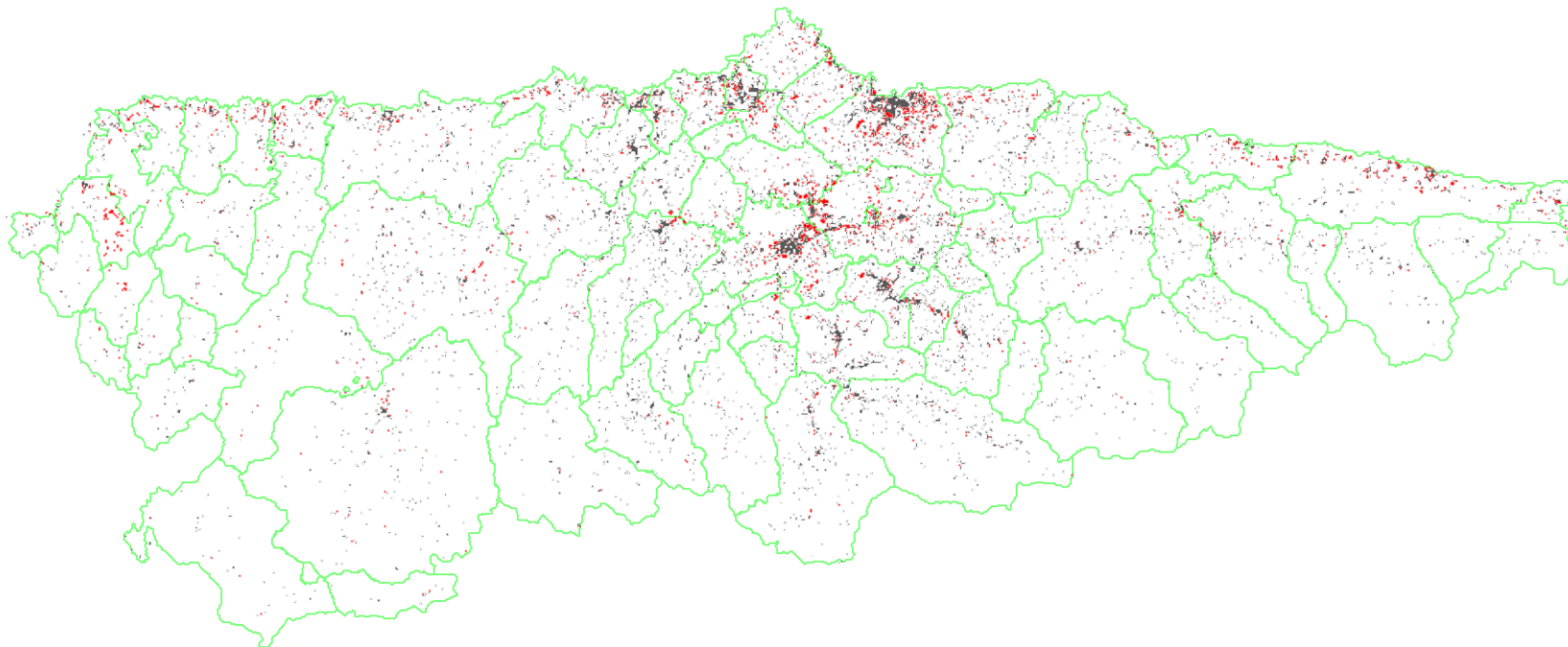
Prestando atención al crecimiento de la zona central se observa cómo la ciudad de Oviedo se disemina hacia el Norte y el Este (Llanera, Siero y Nava). Avilés también expulsa su crecimiento a los municipios colindantes aunque de un modo menos continuo que el de Oviedo con una ruptura entre la ciudad y su entorno. Gijón ha crecido de modo más auto contenido, muy disperso hacia el Este pero siempre dentro del término municipal.

Gracias al grado de información que ofrece la metodología usada es posible hacer un análisis más detallado. En la Figura V.2 se presenta la evolución del proceso de urbanización en torno a cinco núcleos urbanos representativos: las tres mayores ciudades (Gijón, Oviedo y Avilés), Llanes en el Oriente, Navia en el Occidente y un núcleo representativo de las comarcas mineras del interior. En amarillo se señala el suelo urbanizado en 1996 y en rojo el ocupado hasta 2006.

En el caso de Gijón se puede ver que el crecimiento ha sido más compacto ampliando los límites del área urbanizada y con una mayor intensidad de edificación en la propia ciudad. Gijón partía de una realidad más dispersa al inicio del periodo que ha moderado en a lo largo del periodo analizado.

Mapa V.1. Crecimiento urbano en Asturias, 1996-2006

En tono gris se representan las zonas urbanizadas antes del periodo estudiado (1996-2006) y en rojo la nueva construcción realizada durante ese periodo



Oviedo ha crecido con una fuerte diseminación. Su desarrollo se produce, como decíamos antes, hacia el Norte y el Este. La mayor parte del crecimiento ha caído en los municipios de Siero, Llanera y Nava. Al Oeste apenas ha existido crecimiento. La dispersión ha aumentado en el área Noroeste en dirección a Gijón.

Avilés combina ambos modelos. La ciudad de Avilés ha crecido hacia dentro y en los límites al estilo de Gijón, menos apreciable por ser un crecimiento más moderado. Pero los municipios del entorno han capturado parte de su crecimiento. La menor proximidad a la ciudad, ubicada en el interior del término municipal, ha ocasionado un crecimiento menos continuo que el de Oviedo con una corona verde entre los municipios del entorno y la propia ciudad de Avilés.

Tanto en Oviedo como en Avilés se han desarrollado grandes centros comerciales en los límites mismos de cada municipio (Parque Principado en la frontera entre Siero y Oviedo y Parque Astur en la frontera entre Corvera y Avilés). Estos centros comerciales han reforzado el desarrollo urbanístico de ambos municipios. No se da un caso similar en Gijón. Los nuevos centros comerciales han quedado contenidos dentro del área municipal alrededor de las nuevas áreas urbanizadas.

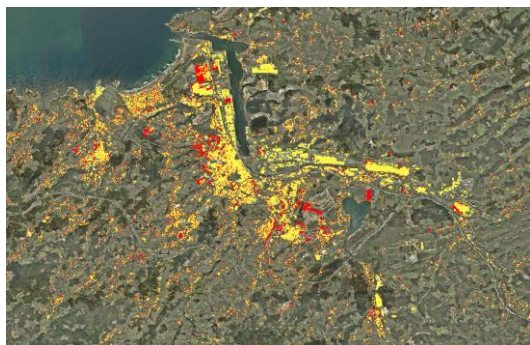
En las villas costeras de Oriente y Occidente es interesante constatar la intensidad de la urbanización que se produce alrededor de los núcleos urbanos.

Por último el crecimiento del Valle del Nalón es un ejemplo de la limitación que impone el medio físico común en toda la cuenca minera donde las pendientes medias son muy elevadas.

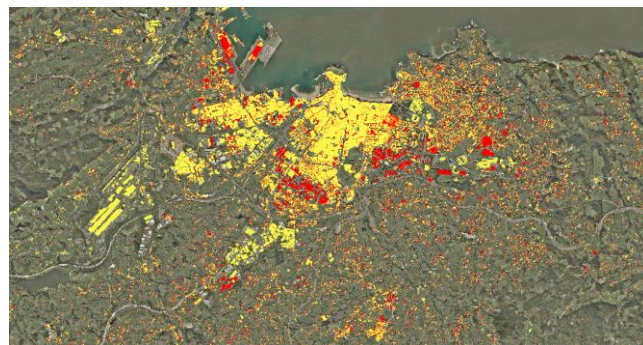
Podemos completar el análisis hecho hasta el momento con un estudio del crecimiento del suelo urbanizado por municipios acompañado de un análisis de la aceleración de este crecimiento en los años más intensos de burbuja inmobiliaria.

Mapa V.2. Comparativa de Crecimiento sobre orto-foto de Avilés, Gijón, Oviedo, Navia, Llanes y Cuencas Mineras en el periodo 1994.96-2006.

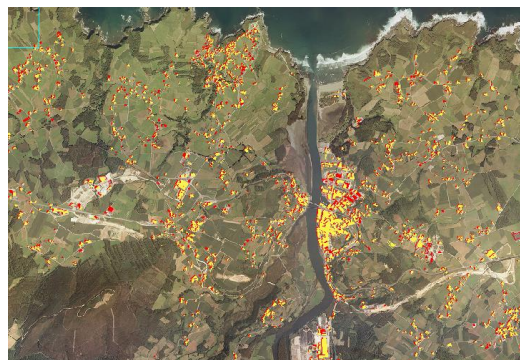
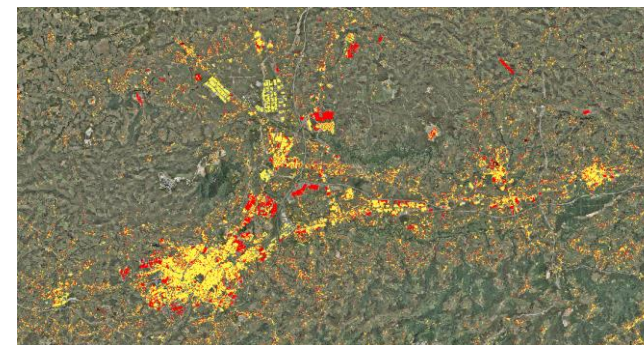
Avilés



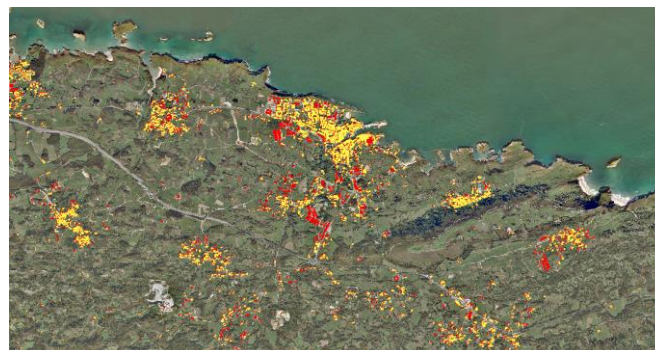
Gijón



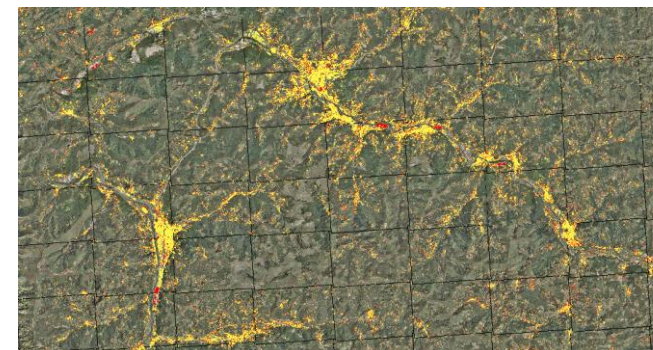
Oviedo



Navia



Llanes



Cuencas Mineras

El mapa V.3 muestra primero (mapa V.3.a) el crecimiento medio anual por municipios para todo el periodo. En él se observa cómo el crecimiento es más intenso en los municipios del área central y los costeros del oriente y occidente de la región, mientras que los municipios del sur, tanto en el oriente como en el occidente, crecen a tasas muy reducidas. El mapa V.3.b presentan las diferencias del crecimiento entre el primer periodo para el que disponemos de datos (1996-2003) y el segundo (2003-2006). En general se produce una caída del ritmo de crecimiento, de 0,60% a 0,35%. Sin embargo, el comportamiento entre municipios es muy dispar. Algunos experimentan una muy notable aceleración. Esto ocurre principalmente en algunos municipios del centro y, sobre todo, en los costeros más orientales.

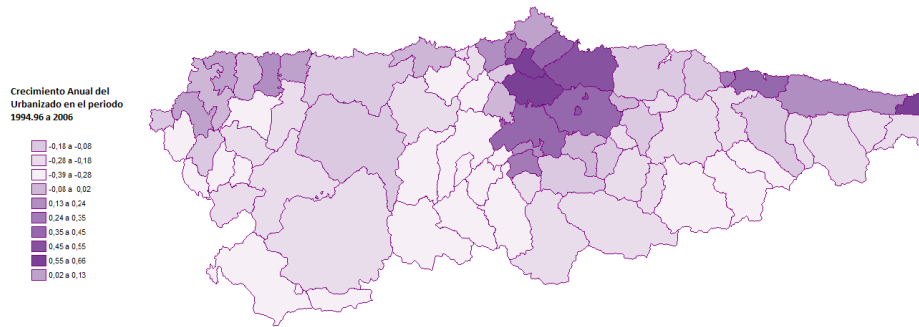
La Figura V.1 presenta un gráfico que resume todo este análisis comparado de crecimiento y aceleración. En el eje vertical se representa la variación en la tasa de crecimiento de la urbanización entre los dos periodos (aceleración) y en el eje horizontal la tasa de crecimiento media de todo el periodo. Los municipios limítrofes que forman áreas comarcales se destacan por colores. Distinguimos siete áreas: la costera oriental, la costera occidental, zonas mineras, oriente interior y las tres principales ciudades y su área de influencia (Oviedo, Gijón y Avilés).

Es posible observar patrones similares por zonas. La comarca del oriente costero asturiano se señala con claridad como el lugar donde se ha producido el “boom” inmobiliario más intenso en la región con un crecimiento medio elevado y las más fuertes aceleraciones. En contraste con este comportamiento la comarca costera occidental muestra un crecimiento cercano a la media y con baja aceleración, negativa en algunos casos. Los municipios más poblados, Gijón y Oviedo, se comportan de forma similar con crecimientos medios elevados pero no excesivamente una marcada aceleración. Sin embargo, los municipios de su entorno sí que presentan niveles de aceleración más altos como ocurre con Corvera, Siero o Noreña. Resulta curiosa la evolución de Villaviciosa y Colunga, municipios que comparten características con los más orientales y que, sin embargo, crecen

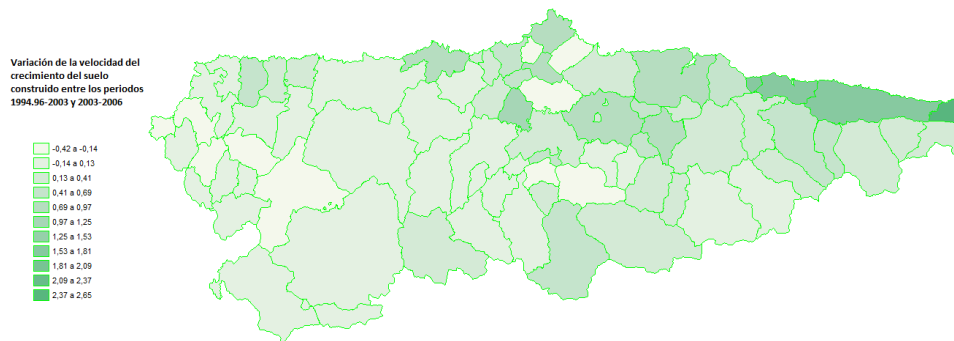
en el conjunto del periodo menos que la media regional con una aceleración moderada. Finalmente los municipios mineros siguen también un patrón común de bajo crecimiento medio y reducida aceleración.

Mapa V.3. Mapas del crecimiento y aceleración de la urbanización en los distintos municipios Asturianos, 1996-2003-2006.

Mapa V.3.a. Crecimiento anual medio del suelo urbanizado, 1996-2006.



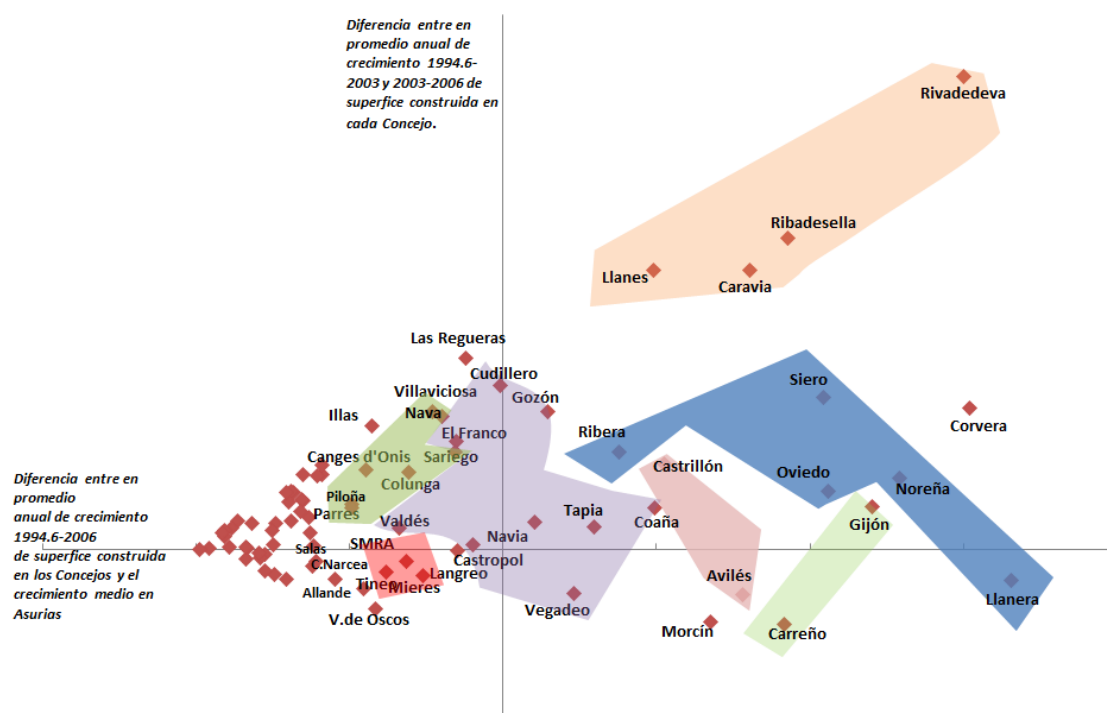
Mapa V.3.b. Aceleración del suelo urbanizado, crecimiento anual medio de 2003-2006 menos 1996-2003.



Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía digital del Principado de Asturias.

Todo este análisis comparado de crecimiento medio y aceleración permite identificar que la mayor parte de Asturias sigue un patrón de crecimiento urbano motivado por factores endógenos al propio municipio o a los municipios de su entorno. La excepción la establece la parte costera oriental que se escapa totalmente de los patrones regionales seguramente impulsados por factores exógenos a la región.

Figura V.1. Representación simultanea del crecimiento y la aceleración de la urbanización en los distintos municipios Asturianos, 1996-2003-2006.



Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía digital del Principado de Asturias.

Identificación de los elementos explicativos del crecimiento urbano experimentado

Con la intención de precisar y ayudar a cuantificar las ideas que hemos ido deduciendo en el análisis descriptivo realizado en el apartado anterior en este apartado podemos completar el trabajo con un sencillo análisis econométrico que trate de capturar y cuantificar las causas explicativas del crecimiento urbano y la aceleración sufrida en los años más recientes. En el planteamiento de este modelo nos inspiramos en trabajos similares formulados principalmente para Estados Unidos como Geoghegan (2002), Black y Henderson (2003), Glaeser y Kahn (2004) o, entre otros que serán citados a continuación, Burchfield *et al.* (2005). Estos trabajos tratan de identificar los factores que influyen en el crecimiento del suelo urbano

aunque muchos de ellos están principalmente preocupados por estudiar las causas de la expansión urbana dispersa⁵.

El suelo urbanizado de un municipio puede crecer porque exista una presión sobre la demanda de bienes inmuebles generada dentro del propio municipio (endógena) o porque exista esta presión sobre la demanda de manera exógena: por fuerzas externas al municipio. La presión exógena, a su vez, puede proceder de otros municipios de la región (exógena al municipio pero endógena a la región), bien por mera proximidad como consecuencia de un proceso de expulsión de residentes debido a una expansión espacial de las dinámicas de *commuting* o bien por una demanda de segundas residencias costeras o rurales desde las zonas urbanas más desarrolladas de la región. También puede haber una presión completamente exógena (exógena al municipio y a la región) fundamentalmente generada por la demanda de segundas residencias desde zonas urbanas de otras regiones.

Entre los factores endógenos a cada municipio el que esperaríamos, *a priori*, fuera el más relevante es el crecimiento de la población. La demanda endógena de vivienda debería estar fundamentalmente explicada por este crecimiento municipal de población durante un periodo previo al que se analice (Muth, 1969). Para capturar este efecto endógeno de crecimiento de la población proponemos tomar crecimiento experimentado en cada municipio entre 1991 y 2001, periodo para el que tenemos información precisa por ser los dos años de realización del Censo de Población del INE. Esperamos que la influencia de la variable de crecimiento de la población sea significativa y positiva.

Adicionalmente puede ser interesante considerar el efecto del tamaño poblacional de partida. En caso de que esta variable resulte significativa es aceptable esperar tanto que su coeficiente tome signo positivo, indicando que las mayores concentraciones de la población generan mayor crecimiento, o signo negativo, indicando un efecto expulsión desde las zonas más pobladas

⁵ Una revisión de los distintos modelos y conclusiones empíricas está disponible en Polèse y Rubiera (2012).

a las menos pobladas. Usando la terminología económica el signo de este coeficiente que acompaña a la variable tamaño poblacional nos dará una idea de la prevalencia de las *fuerzas centrípetas* o *centrífugas* alrededor de los principales centros urbanos (véase Colby (1933) o más recientemente Krugman (1997) entre otros). Signos positivos y significativos indicarían dominio de las *fuerzas centrípetas* atrayendo población. Del mismo modo signos negativos y significativos indicaría prevalencia de las *fuerzas centrífugas* expulsando población. Este elemento indicará asimismo cómo de importante debe ser tener en cuenta la posibilidad de efectos de interacción o dependencia espacial. Si se identifican procesos de expulsión es previsible que hallemos significativas relaciones espaciales entre municipios (Viñuela *et al.*, 2012).

Dentro de los elementos endógenos una segunda razón que puede llevar a una expansión urbana, aparte del mero crecimiento de la población municipal, es el crecimiento de la actividad económica general (Overman y Ioannides, 2001). Podemos aproximar este crecimiento general a través del crecimiento del Valor Añadido Bruto (VAB) agregado de cada municipio. Debido a las limitaciones estadísticas para disponer del VAB municipal debemos ceñirnos a los datos disponibles gracias a SADEI⁶. Usamos, por lo tanto, el crecimiento del VAB entre 1996 y 2002, momentos para los que disponemos de esta información.

Otros elementos que pueden atraer desarrollo urbano o limitarlo están vinculados a las características orográficas y de geografía de cada municipio. Aquellos municipios con una orografía compleja ven limitadas sus posibilidades de expansión urbana (Burchfield *et al.*, 2005). Podemos capturar este efecto de la orografía por la pendiente media del municipio. Asimismo la presencia de costa hace más atractivo al municipio para convertirse en lugar de segunda residencia (Rappaport y Sachs, 2003). Para medir este efecto de la costa introducimos una variable dicotómica que toma

⁶ Gracias al estudio *La Renta de los Municipios Asturianos* disponible cada dos años a partir de 1996.

el valor 1 si es un municipio costero y 0 en caso contrario. Por último, en una región como Asturias, con su actividad económica y desarrollo urbano fuertemente concentrado en el área central, es interesante introducir una variable de distancia a dicho área central (Partridge *et al.*, 2009). En la medida que este centro, en el caso asturiano, es policéntrico lo que proponemos es tomar la distancia menor con respecto a una de las tres ciudades que conforman el triángulo urbano de la Asturias central: Oviedo, Gijón y Avilés.

Descontados los efectos claramente endógenos, población y actividad económica del municipio, así como su caracterización geográfica, posición respecto al área central, la costa y orografía, un tercer grupo de elementos que puede generar el crecimiento urbano de un municipio al facilitar sus interacciones con otros es la mayor o menor presencia de infraestructuras en el mismo (Glaeser *et al.*, 1995). Hemos considerado relevantes las infraestructuras de la red de trenes de cercanías, incorporando a la regresión el número de estaciones de RENFE o FEVE⁷ en cada municipio, así como el número de accesos a autopistas. En todas estas variables tomamos el dato en la mitad del periodo analizado, dado que cualquiera de estas infraestructuras es planificada y conocida con antelación de modo que afecta al desarrollo urbano en su entorno antes de que esté finalmente disponible.

⁷ Las dos compañías ferroviarias que operan en Asturias. RENFE es la compañía nacional y FEVE. Esta última es una red ferroviaria de vía estrecha que opera en el norte de España creada a mediados del siglo pasado con una funcionalidad industrial para conectar la industria del norte del país y fundamentalmente de uso militar. Desde finales del siglo la red ha sido reutilizada para trenes de cercanías junto con la oferta de RENFE.

Finalmente, la influencia exógena al municipio pero endógena a la región, procedente por lo tanto de otros municipios del entorno, puede ser capturada mediante la formulación de un modelo de dependencia espacial en la variable dependiente: un *modelo espacial autoregresivo* (Anselin, 1988). La formulación matemática de un modelo de este tipo es:

$$y = \rho W y + X \beta + \varepsilon \quad [V.1]$$

donde y es la variable dependiente, crecimiento del suelo urbano, X es un vector de las variables independientes endógenas como las que hemos previamente comentado y ε es el término de error de la regresión. W es la matriz de pesos espaciales que establece los municipios que pueden estar correlados espacialmente entre sí. Hemos empleado una matriz de pesos espaciales tipo *queen*, estándar en la literatura⁸. De este modo el coeficiente ρ es el que nos da la información de la relación que existe entre el crecimiento urbano en un municipio y el crecimiento urbano de su entorno.

La aplicación de un modelo con dependencia espacial como el propuesto exige que el análisis se haga en dos etapas: primero se estima sólo el vector de variables X y sobre dicha estimación se estudia la presencia de estructura espacial de los errores mediante un contraste *I-Moran* (Moran, 1950). En caso de que proceda aplicar un modelo con estructura espacial porque el citado contraste identifique la presencia de esta estructura aplicaríamos la estimación de un modelo como el presentado en [1]. En la literatura existen otros modos de tratar la dependencia espacial, con estructura en las variables independientes o en la dependiente y las independientes simultáneamente (ver Anselin, 1999 o más recientemente Mayor y Fernández, 2012). Sin embargo, dadas las características concretas de nuestro estudio aplicaremos sólo el modelo que entendemos que mejor se adapta al análisis, con estructura espacial en el término de error o, lo que es lo mismo, en la variable dependiente.

⁸ Una matriz W tipo *queen* toma como referencia los movimientos de la reina en ajedrez. Es decir, se consideran todos los municipios contiguos al analizado en todas las direcciones. También se le conoce como criterio de contigüidad (ver Anselin, 1988).

Finalmente estarían el conjunto de elementos absolutamente exógenos, exógenos al municipio y exógenos a la región, fundamentalmente vinculados a que ciertas zonas puedan ser atractivas para desarrollo de núcleos de segunda residencia de población residente en otras regiones. No es posible disponer de variables que capturen estos elementos pero una aproximación de su relevancia vendrá dada por el porcentaje del crecimiento urbano que logre ser explicado por las variables consideradas. R^2 altos indicarán una alta capacidad explicativa, en ausencia de multi-colinealidad u otros problemas estadísticos revisados en las estimaciones con los contrastes al uso. Ello implica que hay poco margen a elementos exógenos no considerados⁹.

Cuadro V.2. Resumen de las variables utilizadas

Variable	Año	Fuente
<i>Población residente en el municipio en el año inicial del periodo (1996)</i>	1996	Padrón Municipal, Instituto Nacional de Estadística (INE).
<i>Crecimiento de la población entre 1991 y 2001</i>	1991, 2001	Censo de Población y Viviendas, Instituto Nacional de Estadística (INE).
<i>Flujo total de commuters</i>	2001	
<i>Crecimiento del VAB entre 1996 y 2002</i>	1996, 2002	Renta de los municipios asturianos, Sociedad Asturiana de Estudios Industriales, (SADEI)
<i>Pendiente media de los municipios asturianos</i>	-	Mapas digitales de los municipios españoles. SITPA (Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias)
<i>Variable dicotómica que toma el valor 1 en presencia de costa en el municipio y 0 en caso contrario</i>	-	
<i>Distancia lineal al área central tomando la menor distancia a una de las tres principales ciudades del área central (Gijón, Oviedo o Avilés)</i>	-	
<i>Número de accesos a las autopistas en cada municipio</i>	2006	
<i>Acceso a estaciones RENFE</i>	2006	
<i>Acceso a estaciones FEVE</i>	2006	

⁹ Lo contrario no se puede inferir ya que un R^2 bajo puede ser motivado por ausencia de variables internas o por factores realmente exógenos por lo que no podríamos precisar que parte de lo no explicado depende de lo exógeno a la región.

El Cuadro V.3 presenta los resultados del modelo de regresión lineal, sin dependencia espacial. Las variables significativas con efecto positivo sobre el crecimiento del suelo urbano son el crecimiento de la población y del valor añadido, la presencia de costa en el municipio, la presencia de estación ferroviaria de la compañía de mayor implantación en las zonas más pobladas (RENFE), y la existencia de elevados flujos de *commuting*. Por el contrario, la población en el año inicial tiene efecto negativo, indicando la prevalencia de un efecto expulsión o centrifugo. La capacidad explicativa del modelo es bastante alta teniendo en cuenta las limitaciones de información existentes (R^2 corregido de 0,6680). No existen problemas de no normalidad (*estadístico Jarque-Bera*) o no significatividad global del modelo (*F-Snedecor*).

El aspecto más importante de esta primera regresión es el valor que toma el contraste *I-Moran*. Éste es de 0,4189 indicando una correlación significativa entre el crecimiento del suelo urbano en cada municipio y los municipios de su entorno. Esto indica que existe estructura espacial que podemos capturar aplicando un modelo como el propuesto en [1] que se presenta en el Cuadro V.4.

Los resultados del *modelo espacial autoregresivo* mejoran significativamente al modelo de regresión lineal clásico. El R^2 es más elevado. La variable que relaciona el crecimiento en cada municipio con los de su entorno de acuerdo con una matriz de pesos espaciales tipo *queen* es altamente significativa y positiva. Se mantienen la significatividad de las variables y sus signos alcanzadas en la regresión clásica, Cuadro V.3, pero ahora pasa a ser significativa y positiva la distancia al área central y la presencia de estaciones de tren FEVE. Es significativa y negativa la pendiente media del municipio.

Cuadro V.3. Factores explicativos del crecimiento urbano de los municipios asturianos, 1996-2006.

Modelo de regresión lineal

$$(y = X\beta + \varepsilon)$$

VARIABLES DEPENDIENTE: *crecimiento del suelo urbanizado entre 1996 y 2006*

Variables independientes	Coefficiente	t-Student
<i>Población en 1996</i>	-1,3685	-2,1465**
<i>Crecimiento de la población entre 1991 y 2001</i>	0,1698	3,6443***
<i>Crecimiento del VAB entre 1996 y 2002</i>	0,0185	2,1989**
<i>Pendiente media</i>	-0,0001	-0,5004
<i>Presencia de costa en el municipio</i>	0,0325	4,3640***
<i>Distancia lineal al área central</i>	0,0116	1,3802
<i>Número de accesos a las autopistas en 2006</i>	0,0001	0,0373
<i>Acceso a estaciones RENFE</i>	0,0405	4,0805***
<i>Acceso a estaciones FEVE</i>	0,0095	1,5537**
<i>Flujo total de commuters</i>	1,9183	2,1433**

R²	0,7076
R² corregido	0,6680
F-Snedecor	17,9078***
Jarque-Bera	21,1220***
I-Moran	0,4189
Número de Observaciones	78

*Nota: */** y *** Indica significatividad al 10/5 y 1% respectivamente.*

Cuadro V.4. Factores explicativos del crecimiento urbano de los municipios asturianos, 1996-2006.

Modelo espacial autoregresivo

$$(y = \rho W y + X\beta + \varepsilon)$$

VARIABLES DEPENDIENTE: *crecimiento del suelo urbanizado entre 1996 y 2006*

VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTE	Z
<i>Crecimiento del suelo urbanizado de los municipios del entorno</i>	0,3732	4,9216***
<i>Población en 1996</i>	-1,5151	-2,8288**
<i>Crecimiento de la población entre 1991 y 2001</i>	0,1514	3,8512***
<i>Crecimiento del VAB entre 1996 y 2002</i>	0,0118	1,6504*
<i>Pendiente media</i>	-0,0005	-1,6642*
<i>Presencia de costa en el municipio</i>	0,0288	4,5440***
<i>Distancia lineal al área central</i>	0,0136	1,9235*
<i>Número de accesos a las autopistas en 2006</i>	0,0008	0,5504
<i>Acceso a estaciones RENFE</i>	0,0324	3,8643***
<i>Acceso a estaciones FEVE</i>	0,0120	2,3410**
<i>Flujo total de commuters</i>	0,0001	2,7186***

R²	0,7634
Razón de verosimilitud de tipo Chow	16,9932***
Número de Observaciones	78

*Nota: */** y *** Indica significatividad al 10/5 y 1% respectivamente.*

El haber alcanzado un R² que indica una capacidad explicativa superior al 75% teniendo en cuenta la limitación de variables indica que la parte exógena a la región no es esencial para comprender las dinámicas de crecimiento de suelo urbano en Asturias.

Sin embargo, la existencia de una clara estructura espacial y la alta significatividad de la variable dependiente ponderada espacialmente indican la gran relevancia que en el crecimiento urbano de un municipio ejerce la evolución de los de su entorno. Éste es el fenómeno que ya observamos con los mapas presentados en las secciones previas pero que ahora podemos cuantificar a través del coeficiente estimado. Como se puede observar este

factor es incluso más relevante que los crecimientos endógenos de población o actividad económica.

Esta conclusión es reforzada por la significatividad de la intensidad de los flujos de *commuting*, que nos dan una aproximación adicional de la interacción de un municipio con su entorno, y por el valor negativo de la población en el año base que indica presencia de efectos expulsión o prevalencia de fuerzas centrífugas.

Hay factores geográficos que amplifican ese efecto del entorno municipal, como es la existencia de costa. Otros lo reducen como ocurre con la presencia de fuertes pendientes medias.

Finalmente, como es obvio y esperable, la evolución endógena del municipio en términos de crecimiento de población y actividad económica, acaba de completar la explicación de la evolución de su suelo urbano.

Siguiendo la misma estrategia que en el apartado anterior, además de entender el crecimiento, puede ser interesante comprender y comparar las causas del concepto de aceleración: crecimiento de 2003 a 2006 menos crecimiento de 1996 a 2003. Esto es lo que se propone en el Cuadro V.5 donde se presentan ya directamente los resultados del *modelo espacial autoregresivo*.

Se ha estimado previamente un modelo de regresión lineal simple donde tan solo la variable dicotómica que indica el carácter costero o no costero de cada municipio resulto significativa con signo positivo. El resto de variables que resultaban significativas en el análisis del crecimiento no lo son cuando tratamos de explicar la aceleración experimentada por algún municipio en la segunda fase del periodo estudiado. El R^2 en esa regresión lineal es lógicamente muy bajo: 0,1433. Indudablemente estamos ante un problema de variables omitidas, pero en la medida que obteníamos R^2 altos con el mismo conjunto de variables en el caso del crecimiento, la conclusión que podemos deducir es que el proceso de aceleración de la urbanización de algunos municipios asturianos, identificable en los focos donde parece

desarrollarse una burbuja, responde a factores diferentes a los del crecimiento y posiblemente exógenos al municipio y a la región.

El contraste *I-Moran* de dependencia espacial arroja un resultado indicativo de una fuerte estructura espacial: valor 0,2720. Aplicamos por lo tanto el modelo espacial autoregresivo cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro V.5. Factores explicativos de la aceleración del crecimiento urbano de los municipios asturianos, 1996-2003-2006.

Modelo espacial autoregresivo

$$(y' = \rho W y' + X\beta + \varepsilon)$$

VARIABLES DEPENDIENTE: *aceleración, crecimiento del suelo urbanizado entre 1996 y 2003 menos crecimiento del suelo urbanizado entre 2003 y 2006*

VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTE	Z
<i>Crecimiento del suelo urbanizado de los municipios del entorno</i>	0,3540	2,8687***
<i>Población en 1996</i>	-0,0001	-0,3917
<i>Crecimiento de la población entre 1991 y 2001</i>	-0,0001	-0,5668
<i>Crecimiento del VAB entre 1996 y 2004</i>	-0,0712	-0,08433
<i>Pendiente media</i>	0,0329	0,8101
<i>Presencia de costa en el municipio</i>	1,5913	1,8805*
<i>Distancia lineal al área central</i>	-0,6869	-0,8060
<i>Número de accesos a las autopistas en 2006</i>	-0,2383	0,7585
<i>Acceso a estaciones RENFE</i>	-0,7523	-0,7133
<i>Acceso a estaciones FEVE</i>	-0,2252	-0,3614
<i>Flujo total de commuters</i>	0,0001	0,2390

R²	0,2457
Razón de verosimilitud de tipo Chow	0,4414***
Número de Observaciones	78

*Nota: */** y *** Indica significatividad al 10/5 y 1% respectivamente.*

Se confirma la ausencia de significatividad en el conjunto de variables que habíamos tomado para el análisis del crecimiento urbano en la explicación de los focos de aceleración. Sólo la presencia de costa es nuevamente positiva y significativa. La aceleración del entorno es, sin embargo, claramente significativa. Este resultado era esperable y simplemente cuantifica lo que visualmente identificábamos en la Figura V.1 de la sección anterior: la aceleración, como aproximación a la burbuja inmobiliaria en Asturias, se concentra en la costa oriental y no es posible explicarlo, en el conjunto de municipios afectados, por ninguna de las variables endógenas. Dos factores podrían ayudar a explicar la aceleración en estos municipios. Por un lado, la demanda creciente de segundas residencias, una parte de las cuales puede provenir de residentes en el País Vasco. Parece un fenómeno reconocible, aunque no cuantificado, que la aproximación de la autopista del cantábrico a Asturias desde el Este ha ido dirigiendo esta demanda desde los municipios de Cantabria hacia los de la costa oriental asturiana. Por otro lado, estos municipios parecen haber compartido algunas de las características de la burbuja nacional, como indicaría la pertenencia significativa de dos de las inmobiliarias (Nozar y Vejar) protagonistas de las primeras quiebras dentro de este sector.

La dispersión urbana en Asturias: hipótesis e indicadores para su estudio

De manera coherente con el resto de esta tesis una vez descrito el crecimiento urbano de Asturias nos interesa profundizar en el fenómeno de la dispersión en esta región. En concreto este fenómeno alcanza especial interés en el caso específico del área central de Asturias. Esta emergente área metropolitana, en proceso de consolidación, nace a partir del crecimiento de tres ciudades de muy similares características y abarca una población superior a los 800.000 habitantes, con una integración en flujos diarios muy acusada. Sin embargo, administrativamente se divide en más de diez áreas locales con independencia en sus políticas y cierto grado de autonomía fiscal.

Nuestro objetivo es estudiar en qué medida una realidad de este tipo favorece al crecimiento disperso y urbanísticamente desordenado. Para ello proponemos un análisis del crecimiento urbano experimentado en la última década (1996-2006), caracterizada por un desarrollo residencial muy intenso, con sistemas de información geo-referenciada. Se proponen tres medidas concretas: del crecimiento, de la dispersión y de la capacidad de control urbanístico; a partir de las que se van dando respuestas a hipótesis vinculadas al objetivo central del trabajo.

En el trabajo de Burchfield *et al.* (2005) se señala la importancia que ejerce el modelo de organización político-administrativa de una ciudad sobre su dinámica de dispersión. En la investigación ya citada de Polèse y Champaign (2003) para Latinoamérica se identifica también la relevancia de la estructura política de las grandes metrópolis a la hora de experimentar crecimientos más concentrados o dispersos. En Rubiera y Aponte (2010) se analiza en concreto el caso de Bogotá identificando el peso que tienen una cierta independencia administrativa de los principales barrios de la ciudad sobre la degradación del centro y la deriva por una senda de crecimiento disperso a pesar de los grandes esfuerzos en dotar a la ciudad de un eficiente sistema de transporte público.

En esta línea es especialmente interesante el estudio propuesto por Le Roy *et al.* (2000) sobre el caso de Anoke y Minneapolis. Anoke es un pequeño municipio situado a menos de 20 km de la ciudad de Minneapolis capaz de atraer población y actividad desde la metrópolis principal del sistema urbano local. La existencia de unidades locales administrativas independientes que eran financiadas por la actividad económica que se ubicaba dentro de cada unidad dentro de un mismo mercado de trabajo local propició una competencia fuerte por la atracción de negocios. Esto llevó al gobierno local de Anoke a poner en marcha un fuerte programa de incentivos fiscales para las firmas que decidieran reubicarse dentro de su espacio administrativo. Lejos de atraer nuevas inversiones externas esta política provocó que en tan sólo un año 29 firmas con más de 1.600 puestos

de trabajo reubicaran su sede desde Mineapolis a Anoke, contribuyendo a una más rápida dispersión y descentralización del sistema urbano local.

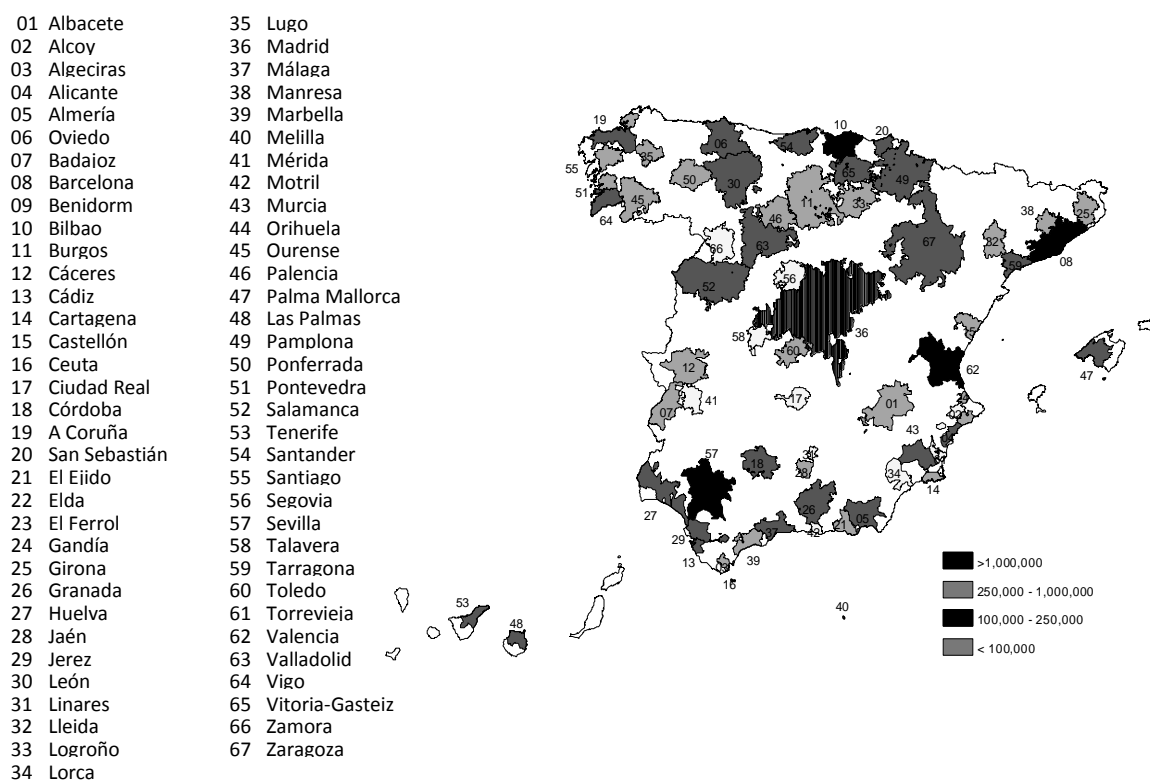
Todos estos trabajos señalan con claridad que la fragmentación en diferentes unidades político-administrativas de un espacio urbano integrado suele traer consigo una dinámica de dispersión. La conclusión de política urbana que se puede deducir de estos trabajos es evitar los procesos de fragmentación política de espacios integrados. Sin embargo, es posible que lleguemos a un espacio fragmentado a consecuencia del crecimiento de ciudades independientes previas: procesos de conurbación que conducen a la conformación de áreas metropolitanas dispersas.

En Europa, y más en concreto en España, la presencia de ciudades con descentralización político-administrativa por zonas o grandes barrios no es frecuente. Sin embargo, un hecho cada vez más habitual es el de identificar áreas metropolitanas o conurbaciones que surgen a partir del crecimiento de núcleos urbanos próximos entre sí. En la Unión Europea (en adelante, UE), el *European Observation Network, Territorial Development and Cohesion* (en adelante, ESPON) ha desarrollado un índice de policentrismo y un mapa de Áreas Funcionales Urbanas (en adelante y por sus siglas en inglés, FUAs) y Áreas Metropolitanas Europeas de Crecimiento (en adelante y por sus siglas en inglés, MEGAs) que señalan 110 de estas unidades en España (Espón, 2005). También el Ministerio de Fomento español ha elaborado un catálogo de Grandes Áreas Urbanas (Ministerio de Fomento, 2012). En el Campo académico Boix *et al.* (2012) realizan una clasificación que muestra los casos en los que a lo largo de la geografía española están apareciendo realidades metropolitanas policéntricas. Identifican 67 casos sólo en la península que se muestran en el Mapa V.4. Algunos de ellos, a pesar de su carácter policéntrico crecen claramente alrededor de un núcleo principal, tal y como ocurre en Madrid, Sevilla o Valencia. El tamaño poblacional de otros es muy limitado tal y como pasa con Ciudad Real, Mérida o Albacete, entre otros. Pero hay múltiples casos en los que a partir de un crecimiento de varias ciudades diferentes asistimos a la consolidación de un área metropolitana policéntrica aunque descentralizada administrativamente a consecuencia

del modo en que ha nacido el espacio metropolitano: mediante la integración varias ciudades o núcleos urbanos previamente existentes. Son muy pocos los casos en los que existan políticas de coordinación supra-municipal. En la mayoría los intentos de establecer políticas comunes al área local fracasan.

Uno de los casos más claros de área metropolitana emergente a partir de varios núcleos urbanos de tamaño muy similar entre sí lo constituye el del área central de Asturias, región situada en el Norte de España (área 06 del Mapa V.4). Este será el caso sobre el que realizaremos nuestro análisis.

Mapa V.4. Áreas metropolitanas policéntricas en España



Fuente: Boix *et al.* (2012).

Según se concluye en Burchfield *et al.* (2005) la dispersión urbana es la tendencia dominante en las sociedades que alcanzan un alto nivel de renta. Para frenarla es necesario articular una regulación urbana estricta que conduzca a un crecimiento planificado compacto. Cuando la rigidez planificadora se relaja en países de renta alta normalmente observaremos

procesos de dispersión más o menos intensos dependiendo de las características geográficas, sociales y económicas de cada lugar.

La descentralización de las políticas urbanas y fiscales se ha identificado en varios trabajos como uno de los principales factores explicativos de la dispersión urbana. Una fuerte descentralización de las políticas locales, en concreto la urbanística y fiscal, puede dar lugar a una descoordinación entre unidades políticas aprovechada para el impulso de crecimientos urbanos dispersos.

En áreas metropolitanas emergentes, surgidas a partir del crecimiento de varias ciudades medias próximas entre sí, existen especiales incentivos a la dispersión. Los principales núcleos del nuevo espacio metropolitano tenderán a expulsar población que se verá atraída por entornos locales menos densos poblacionalmente. Las unidades político administrativas de menor tamaño e integradas en el espacio metropolitano tendrán, además, fuertes incentivos a capturar esa población expulsada, especialmente si sus ingresos fiscales dependen de la población residente. Para atraer esa población es muy probable que diseñen planes urbanos de crecimiento intenso y previsiblemente disperso, con lo que empezaremos a asistir a una creciente dispersión de la nueva área metropolitana en su conjunto. Aunque las ciudades principales apliquen planes de crecimiento compacto, el resultado del área metropolitana dependerá más del comportamiento de las unidades locales pequeñas con pocos incentivos a un diseño compacto y fuerte tendencia a la dispersión.

Podemos expresar lo desarrollado a lo largo de esta sección en un conjunto de hipótesis que podamos medir y contrastar empíricamente.

Una primera hipótesis se refiere a la relación entre el tamaño poblacional de las unidades político-administrativas (municipios en el caso español) y la disciplina urbanística. Según lo expuesto arriba es previsible que esta relación sea directa de modo que a mayor tamaño poblacional mayor disciplina urbanística encontremos (ver *Hip. I* en la Figura V.2). Además, las unidades administrativas de un cierto tamaño disponen de mayores

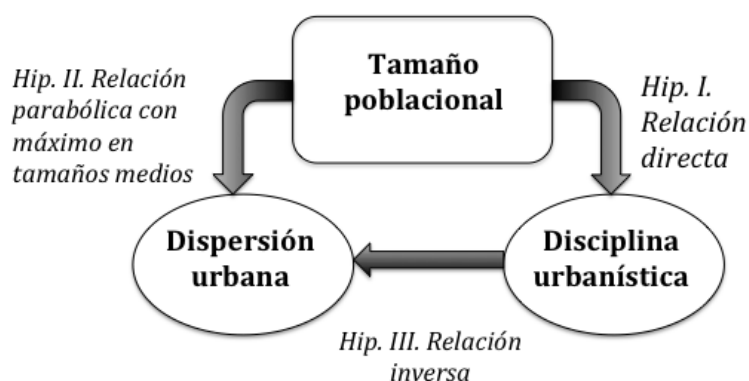
recursos para la gestión y control de sus políticas, lo que refuerza la relación directa apuntada.

Una segunda hipótesis vuelve a relacionar el tamaño poblacional pero, en esta ocasión, con la propia dispersión urbana. Tanto las grandes ciudades como los núcleos rurales tienen incentivos a la concentración. En las primeras las economías externas de aglomeración elevan el valor de un centro denso con lo que la ciudad tiende a crecer compacta minimizando distancias. Siempre que no ocurra algo que no haga caer el valor del centro su fuerza centrípeta hace que se tienda a la concentración. En las zonas rurales la economía local suele depender del sector agrario que necesita maximizar el suelo disponible para ganadería o agricultura, por lo que se tiende a la concentración poblacional. Son las unidades de tamaño medio las que más pueden dispersar su crecimiento urbano. Su centro es menos fuerte que el de una gran ciudad, especialmente si se trata de ciudades dormitorio satélite de otra gran ciudad, con lo que pierde fuerza gravitacional de compactación. Su actividad económica ya no es agraria, y como consecuencia, hay interés en urbanizar todo el suelo disponible, ya sea para usos residenciales o industriales. Según esto deberíamos esperar una relación curvilínea donde las grandes ciudades y los pequeños núcleos rurales dispersan menos, y los núcleos de tamaño medio tienden a una mayor dispersión con mayor variabilidad que vendrá dada por su carácter más central o periférico (ver *Hip. II* en la Figura V.2).

Finalmente, la tercera hipótesis de este trabajo, deducida de la reflexión realizada al inicio de este apartado, es que existe una relación entre la disciplina y la dispersión. Conscientes en la actualidad de los costes de la dispersión, es previsible que se use la política urbana para evitarla y planificar crecimientos compactos. Por lo tanto, a mayor disciplina menor dispersión, (ver *Hip. III* en la Figura V.2).

Se resumen las tres hipótesis planteadas en el esquema de la Figura V.2.

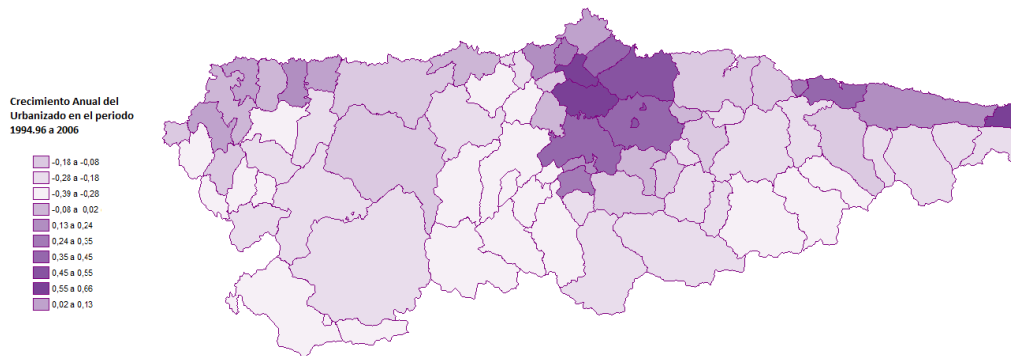
Figura V.2. Relaciones entre las hipótesis de trabajo



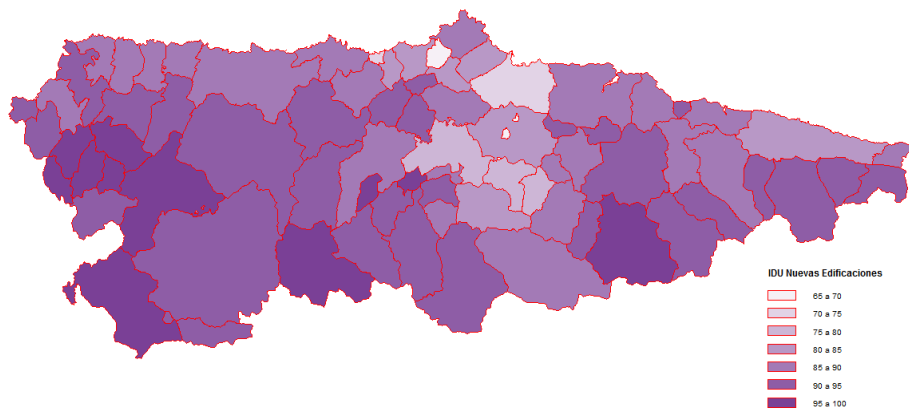
Si estas hipótesis no son rechazadas la deducción a la que llegaríamos es que las áreas metropolitanas, como las recogidas en Mapa V.5 y especialmente las de carácter policéntrico, son un contexto ideal para el desarrollo del fenómeno de dispersión urbana. En ellas hay municipios de mayor tamaño poblacional, los principales núcleos urbanos, conviviendo en interacción y proximidad geográfica a otros pequeños o medianos que se conformarán como zonas residenciales satélite de los anteriores. Los de menor tamaño son los que tendrán una tendencia a la dispersión mucho mayor y una disciplina urbanística más baja. Esto hará que haya una tendencia a la dispersión del área metropolitana en su conjunto causada por los municipios pequeños próximos a los de mayor población. En el caso español esto se verá reforzado por el diseño que se le ha dado a la fiscalidad local: los ayuntamientos están principalmente financiados bien por impuestos locales como el impuesto de construcción o licencia de obras (en adelante, ICIO) y el Impuesto de Bienes Inmuebles (en adelante, IBI), que determinan su recaudación en función de la obra existente y los m² construidos; o bien por transferencias del gobierno central en función del tamaño poblacional alcanzado. Luego existirán incentivos fuertes para capturar el crecimiento de las ciudades próximas relajando la disciplina urbanística.

Mapa V.5. Mapas de crecimiento, dispersión y disciplina Urbanística en Asturias, 1996-2006

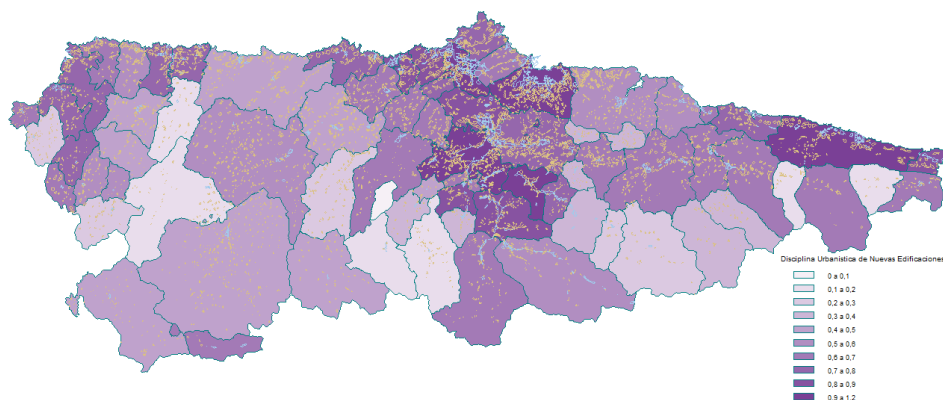
Crecimiento anual medio del suelo urbanizado, 1996-2006



Evolución del *Índice de dispersión urbana*, 1996-2006



Evolución del Índice de disciplina urbanística, 1996-2006

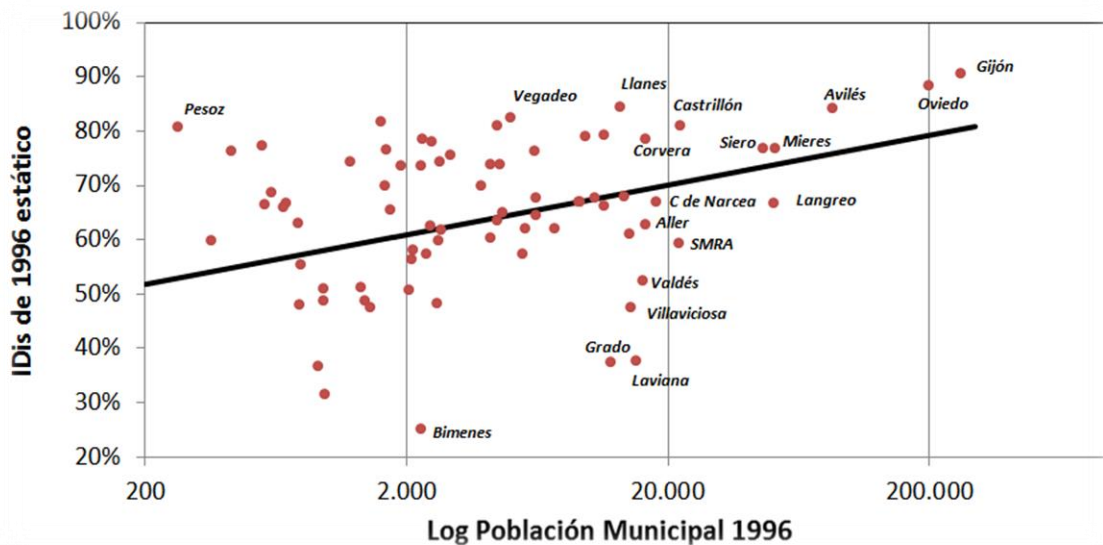


Tamaño poblacional, disciplina urbanística y dispersión: contraste de hipótesis para el caso asturiano

En esta sección estudiaremos las hipótesis propuestas al final del apartado anterior: hipótesis *I*, existe una relación positiva y significativa entre el tamaño poblacional y la *disciplina urbanística*; hipótesis *II*, existe también una relación parabólica entre el tamaño poblacional y la *dispersión* de modo que se alcanza el máximo de dispersión en los núcleos de tamaño intermedio y ésta desciende, tanto para los núcleos rurales más pequeños como para las grandes ciudades; e hipótesis *III*, existe una relación entre *disciplina* y *dispersión* de modo que, a mayor *disciplina*, menor *dispersión*. Si estas tres hipótesis se verifican constituyen, como decíamos al final del apartado segundo, el clima ideal para la *dispersión urbana* como comprobaremos en la sección siguiente que completa el análisis.

La Figura V.3 recoge la relación entre disciplina urbanística y tamaño poblacional en el año inicial de nuestra base de datos: 1996. Se puede observar que la relación es positiva: a mayor tamaño poblacional del municipio al inicio del periodo, mayor valor del *IDis*. La recta de regresión toma los valores $IDis_{96}=0,31+0,09\log(POBL_{96})$ con un R^2 de 0,13. Esto indica que las ganancias en disciplina son moderadas dado el reducido valor del parámetro que acompaña al logaritmo de la población, pero cuando se acumulan fuertes diferencias de tamaño se hacen relevantes. Los municipios más disciplinados son las tres ciudades principales de la región: Gijón, Oviedo y Avilés; con poblaciones muy superiores al resto. A continuación, con mayor variabilidad, van apareciendo el resto de principales municipios en términos de tamaño poblacional: Mieres, Siero, Castellón, Langreo, etc. Finalmente se encuentran los municipios más pequeños donde la disciplina urbanística va siendo cada vez menos efectiva según el valor que toma el *IDis*.

Figura V.3. Relación entre Disciplina urbanística (*IDis*) y tamaño poblacional, 1996

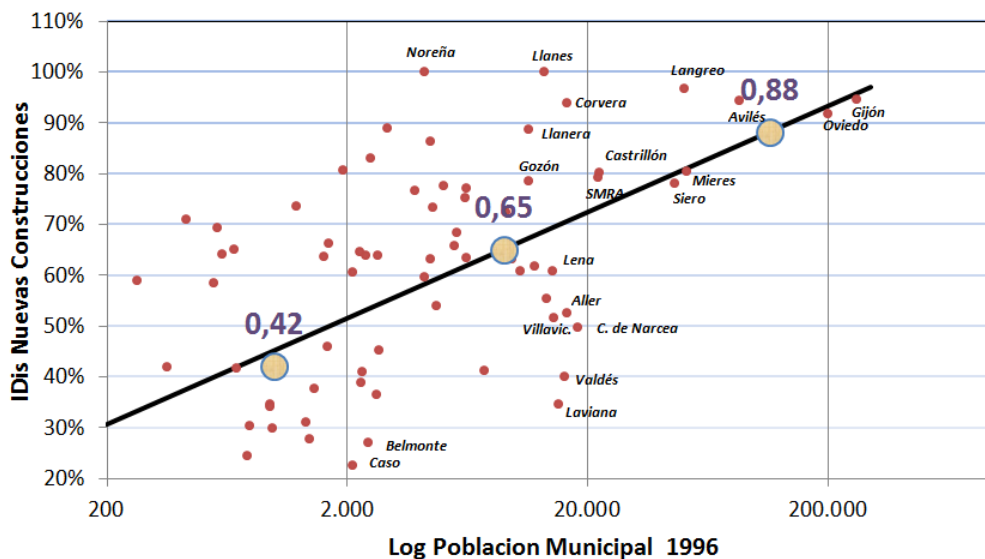


Pero más importante que conocer la relación de partida es identificar la tendencia en el periodo considerado. En la Figura V.4 se presenta la misma relación entre el valor del *IDis* y el tamaño poblacional pero observando no el valor estático del índice, sino su variación entre 1996 y 2006. Para calcular esta variación del índice, se calcula el *IDis* relativo a las nuevas construcciones realizadas en el periodo estudiado. Lo que encontramos nuevamente es una relación positiva, incluso más intensa que la obtenida con el valor estático del *IDis*: el valor la regresión es $IDis_{96,06} = -0,17 + 0,21 \log(POBL_{96})$ con un R^2 de 0,31. Es decir, se sigue confirmando que los municipios más grandes son más capaces de mejorar progresivamente su disciplina urbana, mientras que los más pequeños la empeoran cada vez más siguiendo un marcado patrón de divergencia en este aspecto. El parámetro que acompaña al logaritmo de la población toma ahora un valor más elevado, mostrando una aceleración en las diferencias entre municipios. Obsérvese como los municipios más grandes, de más de 20.000 habitantes, contribuyen todos en positivo a mejorar el *IDis* en el periodo estudiado, mientras que los municipios de menos de 2.000 habitantes son los que presentan un empeoramiento muy significativo del *IDis*, que se sitúa de media en un 15,6%. Los municipios de tamaño medio, de más de 2.000 pero

menos de 20.000 habitantes, son los que presentan más variabilidad en su comportamiento. De media apenas modifican su situación inicial empeorando un 3,45%. Finalmente, los municipios más grandes, de más de 20.000 habitantes, mejoran significativamente su disciplina, un 9%.

Por último, en la Figura V.4 se calculan también las medias del *IDis* en cada bloque de tamaño. Podemos comprobar que son marcadamente diferentes entre sí y crecientes con el tamaño: 0,42 en municipios de menos de 2.000 habitantes; 0,65 en municipios de entre 2.000 y 20.000 habitantes; y 0,88 en municipios de más de 20.000 habitantes. Hemos comprobado, mediante un contraste de medias, que éstas son significativamente diferentes: el *t-student* se sitúa siempre en valores que permite rechazar que sean medias iguales a un 99 por ciento de significatividad.

Figura V.4. Relación entre el incremento de la Disciplina urbanística (*IDis*) entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional



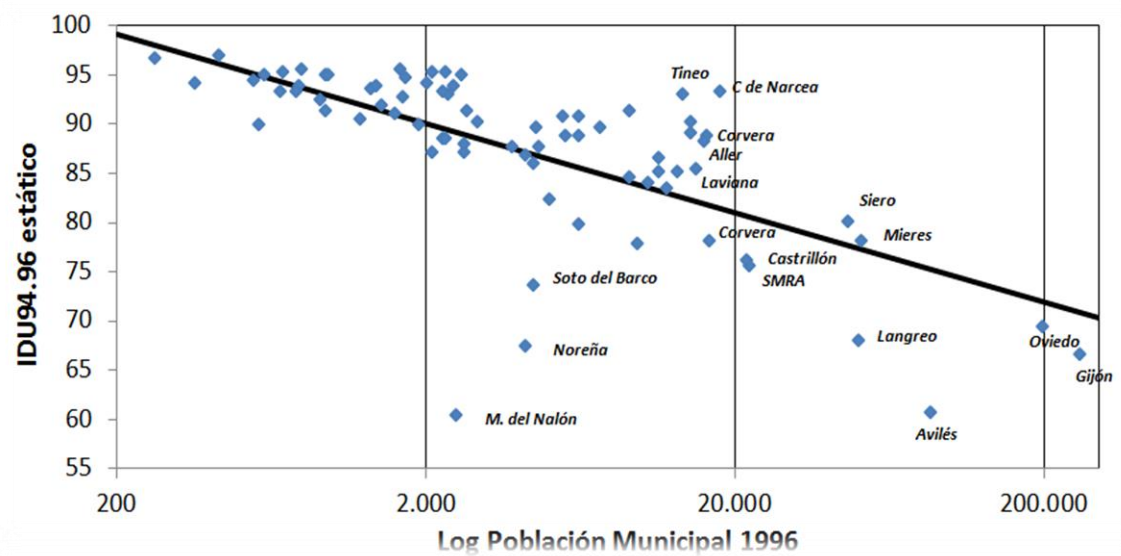
Por lo tanto podemos afirmar que existe una relación significativa entre el tamaño poblacional y la disciplina urbanística. A mayor tamaño poblacional del municipio, mayor disciplina. Esta relación positiva, lejos de moderarse, se ha intensificado en los últimos años.

Nos interesa ahora comprobar cómo es la relación entre el tamaño poblacional y la dispersión urbana. Evidentemente la dispersión estará

relacionada con la capacidad de ejercer disciplina urbanística que vimos en la sección anterior y que, a su vez, hemos comprobado que está relacionada con el tamaño poblacional. Trataremos de explorar las relaciones entre las tres variables posteriormente. Nuestra atención se centra ahora en ver si también hay relación entre tamaño y dispersión. Como decíamos en la segunda sección de este trabajo, a priori se pueden aceptar varias posibilidades, por lo que el contraste empírico es fundamental en este caso.

Repitiendo la estrategia seguida con la disciplina, en la Figura V.5 presentamos la relación entre tamaño poblacional en el año base y el *IDU* estático alcanzado. Lo que observamos en esta ocasión es una relación negativa y significativa: el resultado de la regresión es $IDU_{96} = 120,16 - 9,11 \log(POBL_{96})$ con un R^2 de 0,48. Los municipios de mayor tamaño poblacional logran evitar la dispersión con comportamientos mucho más concentrados, mientras que los municipios más pequeños presentan mayor dispersión. La mayor variabilidad se produce en los municipios intermedios: algunos como Noreña, Soto del Barco o Muros del Nalón presentan niveles de dispersión equivalentes a los de las grandes ciudades; mientras que otros como Cangas de Narcea o Tineo presentan niveles equivalentes a las zonas rurales más pequeñas. El resultado no verificaría, por el momento, el planteamiento de nuestra hipótesis ya que no observamos una relación parabólica sino lineal negativa. También se observa que en los dos primeros tramos de tamaño, hasta núcleos de 20.000 habitantes, la pendiente sería muy moderada mientras que a partir de más de 20.000 habitantes se haría más fuerte.

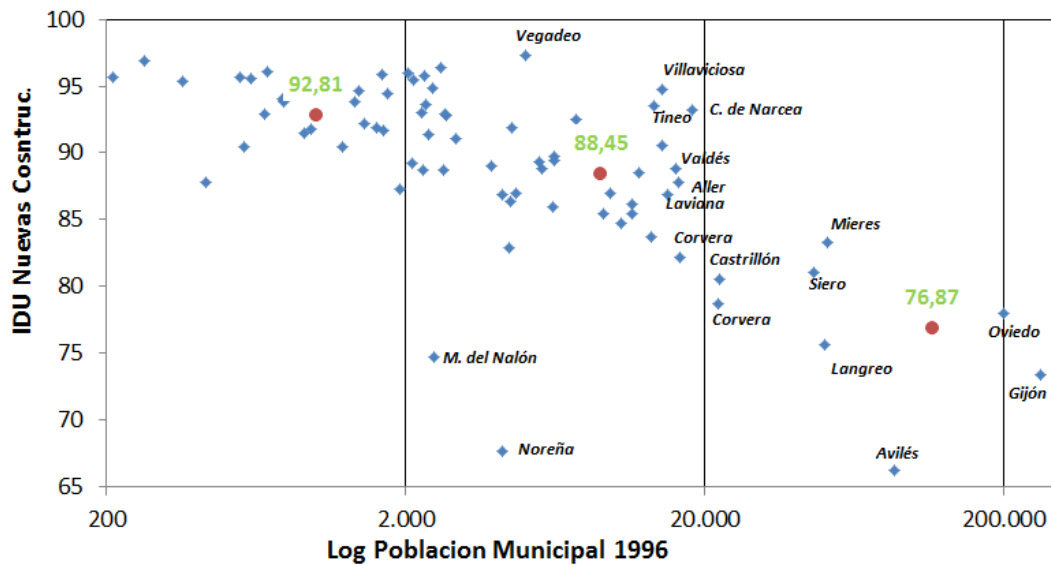
Figura V.5. Relación entre la Dispersión Urbana (IDU) y el tamaño poblacional, 1996



Para precisar estos resultados, en la Figura V.6 representamos la relación entre la evolución seguida por el *IDU* entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional en el año base, 1996. Se puede admitir una relación lineal negativa que ajustaría a los valores $IDU_{96,06} = 114,11 - 6,93 \log(POBL_{96,06})$ con un R^2 de 0,45. Sin embargo, obsérvese que ahora sí hay un patrón curvilíneo más evidente, aunque siga siendo moderado: la dispersión se mantiene para tamaños pequeños y medios y desciende para tamaños grandes. Las medias de dispersión en municipios de menos de 2.000 habitantes y entre 2.000 y 20.000 son muy similares: 92,81 y 88,45 respectivamente. La desviación típica en el segundo bloque es mucho mayor que en el primero, lo que impide rechazar que sean una misma media. Sin embargo el comportamiento de los municipios de más de 20.000 habitantes varía significativamente si se considera el valor medio, con una media significativamente distinta de las anteriores, de 76,87.

En definitiva, en estos resultados parece encontrarse una relación inversa entre el tamaño poblacional y la dispersión.

Figura V.6. Relación entre el incremento de la Dispersión Urbana (IDU) entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional

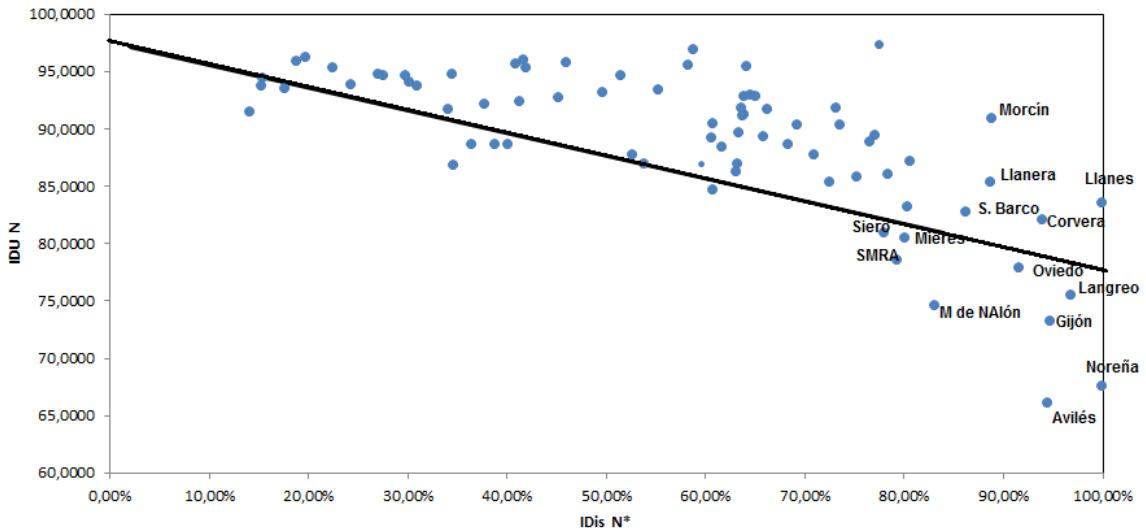


Disciplina urbanística y dispersión urbana estarán correlacionadas dado que ambas están influidas con signo similar por el tamaño, como hemos visto en las secciones anteriores. Nos interesa saber, no obstante, hasta qué punto se verifica una relación inversa entre disciplina urbanista y dispersión urbana, independientemente a la relación de ambas con el tamaño tal y como se sostiene en la tercera hipótesis.

Para comprobarlo, sin el error que produciría la correlación entre ambas variables, podemos introducir una variable instrumental siguiendo el modo habitual de resolver este tipo de problemas. Estimamos la regresión lineal entre disciplina urbanística y dispersión urbana indirectamente a través de los residuos de una regresión previa entre la disciplina urbana y el tamaño poblacional. Es decir, queremos comprobar en qué medida la disciplina urbanística, medida a través del *IDis*, tiene una relación inversa y significativa con la evolución de la dispersión. Primero regresamos el *IDis* con el tamaño poblacional (Figura V.4), tras lo que tomamos los residuos de esta regresión. Este sería el efecto del *IDis* descontada su relación con el tamaño poblacional. Estos residuos son los que pueden ser regresados con la evolución del *IDU*. De este modo dicha regresión no se verá afectada por la

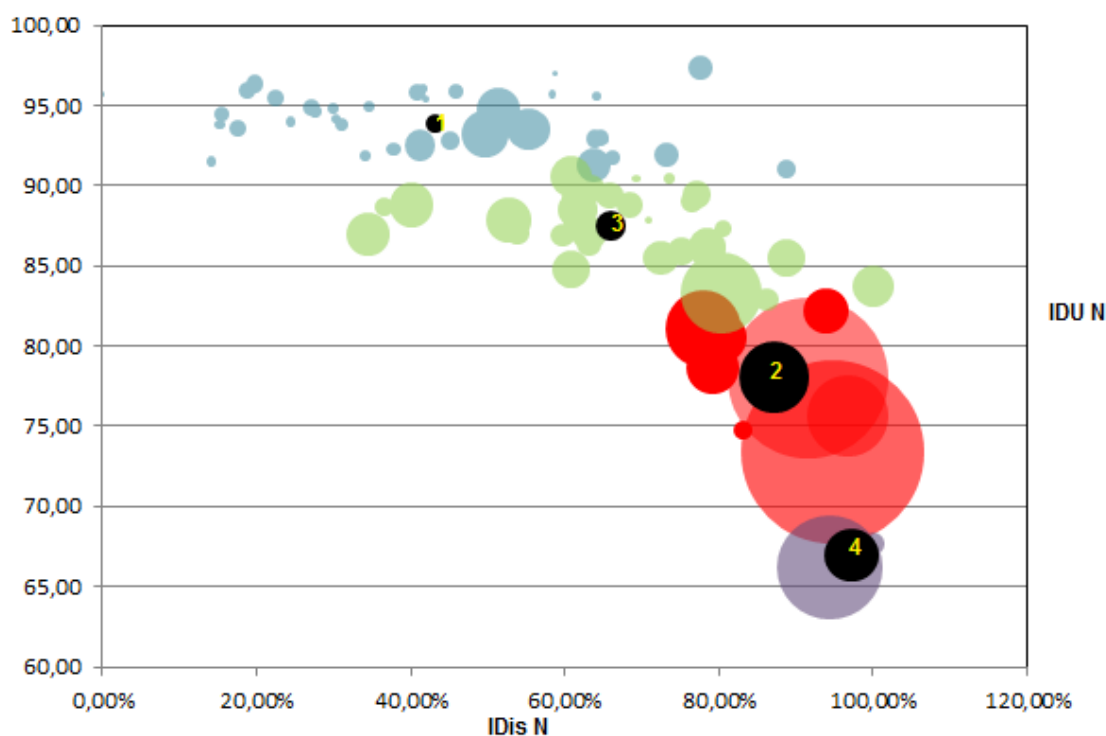
relación conjunta con el tamaño que ya ha sido descontada. El resultado obtenido es $IDU_{96,06} = 97,575 - 19,654 RIDis_{96}$, donde $RIDis$ son los residuos de la relación entre $IDis$ y tamaño poblacional. El R^2 de esta regresión es de 0,484. Esto confirma que existe una relación fuerte e inversa entre la disciplina y la dispersión, como era de esperar (ver Figura V.7).

Figura V.7 Relación entre el incremento de la dispersión urbana (IDU) y la disciplina urbanística (IDis) entre 1996 y 2006



Como venimos viendo tanto la disciplina como la dispersión urbana parecen estar relacionadas con el tamaño urbano. Especialmente la disciplina, que aumenta claramente en los municipios de mayor población. Existe además una tercera relación cruzada: la relación entre disciplina y dispersión, que hemos comprobado que es inversa, a mayor disciplina menor dispersión. La Figura V.8 sirve a modo de síntesis de lo visto hasta el momento incorporando esta relación cruzada. El radio del círculo nos indica el tamaño poblacional de cada unidad. El eje de abscisas recoge la variación en cuanto a disciplina urbanística medida a través el $IDis$ (mejora en positivo y empeoramiento en negativo). El eje de ordenadas recoge la variación en cuanto a dispersión medida a través del IDU (mayor dispersión en positivo y menor en negativo). Como siempre, trabajamos con el periodo comprendido entre 1996 y 2006.

Figura V.8. Relación entre el incremento de la dispersión urbana (IDU), la disciplina urbanística (IDis) entre 1996 y 2006 y el tamaño poblacional



	Población media 1996	% IDis nuevas construcciones 1996-2006	% IDU nuevas construcciones 1996-2006
Grupo 1	1.742	43,2	93,9
Grupo 2	35.508	87,2	78,0
Grupo 3	5.595	66,0	87,5
Grupo 4	18.987	97,2	66,9

Este gráfico confirma y resume los comportamientos explicados a lo largo del trabajo. La relación entre disciplina urbanística y dispersión es negativa de modo que los municipios más disciplinados logran reducir su dispersión. Pero hay una relación muy fuerte entre tamaño y disciplina: los municipios más grandes son más disciplinados.

Sobre las tres variables se ha aplicado un análisis *clúster* que permita identificar comportamientos similares en las mismas. Este análisis refleja la existencia de cuatro grupos significativamente diferentes:

- Un primer grupo lo constituyen los municipios pequeños, siendo la mayor parte de ellos zonas rurales alejadas de las principales ciudades. Presentan niveles de dispersión altos y comportamientos muy heterogéneos en la disciplina. Sin embargo no se identifica una relación clara entre disciplina y dispersión.
- Un segundo grupo, muy diferenciado en su comportamiento del anterior, lo constituyen los municipios de mayor tamaño: Oviedo y Gijón, las dos principales ciudades de la región; y alguno de los municipios anexos a las mismas de mayor tamaño. En este caso la dispersión es menor y la relación entre disciplina y dispersión es claramente significativa e inversa: a mayor disciplina menor dispersión.
- El tercer grupo es el más interesante por su carácter intermedio. Son municipios de tamaño medio, muchos de ellos cercanos a las principales ciudades de la región. La relación entre dispersión y disciplina es del mismo signo que en los municipios grandes pero más moderada. Es en estos municipios donde más variabilidad en términos de dispersión existe y donde es más importante reforzar la disciplina para evitar procesos de dispersión.
- Finalmente hay un cuarto grupo de dos municipios que no se pueden identificar claramente con el resto: Avilés (la tercera ciudad más importante de la región) y Noreña. Su comportamiento es muy poco disperso, pero se trata de dos municipios en donde la extensión de su territorio es muy reducida (los dos municipios más pequeños de la región) y altamente urbanizados, sobre todo Avilés. Esto fuerza en ambos casos a un crecimiento concentrado. La dispersión, de producirse, se materializa en los municipios anexos.

VI

Resumen, conclusiones y recomendaciones de política económica

El crecimiento urbano disperso es una de las cuestiones más relevantes en los estudios urbanos. Es un fenómeno, que comenzó hace varias décadas en el desarrollo de muchas ciudades de América del Norte en asociación con el uso generalizado del automóvil y la urbanización acelerada, se ha extendido globalmente. Ciudades de América Latina y de Asia están experimentando procesos similares de dispersión. Normalmente se ha aceptado que, con algunas excepciones, las ciudades europeas no presentaban problemas relevantes de dispersión. Las zonas urbanas del viejo continente son mucho más compactas y se han desarrollado principalmente antes del uso generalizado del automóvil provocando que, normalmente, respondan a un modelo de ciudad más monocentrico y compacto. Pero las costumbres están cambiando rápidamente y se está empezando a notar cómo el nuevo desarrollo de la Europa del Este, Alemania y los países del sur de Europa también se tiende a la dispersión en los nuevos desarrollos urbanísticos.

En esta tesis se ha estudiado este fenómeno aprovechando las potencialidades de los Sistemas de Información Geográfica. Estas técnicas han experimentado un extraordinario desarrollo en los últimos años y gracias a ello ahora es posible disponer de cartografía digital georeferenciada y conectable con la información socioeconómica. Tras definir el fenómeno de dispersión urbana y establecer un marco conceptual de referencia en el capítulo I, introductorio, el capítulo II se ha dedicado a revisar las potencialidades de estas metodologías y proponer una serie de índices para el análisis del crecimiento de las ciudades. Concretamente, partiendo del trabajo de Burchfield *et al.* (2005) hemos tomado el Índice Dispersión Urbana (IDU). Este índice nos da información precisa sobre el nivel de dispersión en cada área. Se puede combinar con otros índices basados en la misma idea que permiten analizar el crecimiento o la disciplina del mismo. Todo ello se ha empleado en tres ensayos que analizan tres aspectos concretos en España.

El Capítulo III contiene el primero de estos tres ensayos. En él se estudia la dispersión de las ciudades españolas en su conjunto. Este análisis es pertinente, debido a la importancia del sector de la construcción y la gran burbuja inmobiliaria que se produjo durante la última década. La presión sobre el suelo potencialmente urbano en lugares como la costa mediterránea o el entorno de las principales áreas metropolitanas, como Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia entre otras, fue especialmente alto en las dos últimas décadas. Nuestro primer objetivo es medir si el crecimiento de las ciudades españolas presenta un problema creciente de dispersión urbana. En segundo lugar, estamos interesados en la identificación de las áreas en las que la dispersión es más frecuente, tratando de identificar sus causas. Aplicamos la división oficial del territorio en las Zonas Urbanas (ZU) y municipios.

El nivel crecimiento disperso de las nuevas áreas de construcción en España es similar a la observada en las ciudades de América del Norte, en algunos

casos incluso más elevados. Cuando nos acercamos dentro de las Zonas Urbanas, a nivel municipal, se observa que los más periféricos son las más dispersos. El rápido crecimiento de la población tiende a mantener la ciudad compacta. Sin embargo, la especialización industrial de algunas ciudades conlleva un debilitamiento del poder de concentración de Distrito Central de Negocios (*CBD*) con la aparición de subcentros dispersos.

Se pueden extraer recomendaciones a partir de este trabajo dirigidas a las autoridades urbanas. Éstas deberían tenerse en cuenta al diseñar Planes de Ordenación Urbana. Si el objetivo es mantener el tipo tradicional de ciudad europea, se deben introducir restricciones en el uso del suelo sobre todo en las zonas costeras o en los que tienen las mejores condiciones de emplazamiento. Se deben considerar acciones para reforzar la fortaleza del centro al igual que planificación urbana para evitar el crecimiento a saltos (*leapfrogging*).

Madrid, la principal ciudad española, es un buen ejemplo de ciudad afectada por el *leapfrogging*. Por ello, de manera natural, el segundo ensayo de esta tesis, capítulo IV, se dedica al análisis concreto de esta ciudad. Madrid es una de las áreas urbanas europeas que más ha crecido en los últimos 25 años desarrollando un amplio área metropolitana.

Hemos propuesto una metodología basada en la cartografía digital georeferenciada para identificar como ha sido este crecimiento. El primer paso ha sido construir una base de datos homogénea y comparable en el tiempo a partir de los vuelos cartográficos hechos en distintos momentos. Tras organizar la información disponemos de una cartografía homogeneizada y que podemos comparar en tres momentos del tiempo: 1980, 1995 y 2002. De este modo podemos analizar la evolución de la ciudad durante el final del siglo pasado. Para aprovechar esta información se han propuesto varios índices que miden la intensidad del crecimiento, la aceleración en la urbanización, la densidad de construcción y la dispersión urbana. Se han calculado estos índices para los 179 municipios que

conforman la región de Madrid lo que incluye la capital, su área metropolitana y nuevas zonas hacia donde el área metropolitana se está extendiendo.

Se ha constatado que el área metropolitana de Madrid tiende a expandirse hacia la periferia antes de que la presión sobre el uso del suelo en las zonas más cercanas al centro fuerce el que sea necesario. Dicho de otro modo, los municipios más alejados son los que más están creciendo a pesar de que hay posibilidades de crecimiento en los más cercanos. La tendencia en estos municipios de la periferia es a crecer de modo disperso. Esto no está ocurriendo porque haya un cambio de modelo urbanístico significativo sino simplemente, porque se tiende a usar el suelo periférico demasiado pronto. Es decir, concluimos que Madrid está entrando en un modelo de ciudad que aunque sigue siendo esencialmente monocéntrico, abusa de la dispersión y del desarrollo expandido hacia la periferia, incluso más allá de los límites del área metropolitana oficialmente definida.

Creemos que la principal razón por la que la ciudad entra en esta dinámica depredadora de suelo, con peligrosas consecuencias medioambientales, es una competencia entre los municipios periféricos para atraer población. El volumen poblacional de un municipio son, junto con la actividad constructora, las principales fuentes de financiación de los ayuntamientos en España, especialmente en los más pequeños. Estos disponen de libertad en su política urbanística. El hecho de que en la región de Madrid haya muy pocas limitaciones a la calificación del suelo como urbanizable, con pocos espacios protegidos, ha facilitado esta “carrera” por la atracción de zonas residenciales, provocando un patrón de crecimiento urbano expandido que pone en peligro el equilibrio urbanístico de la ciudad de Madrid.

Un caso en el que esta competencia de distintos municipios por atraer población es especialmente fuerte es el del área central de Asturias. Un área metropolitana emergente fruto de la integración de tres ciudades principales y varios núcleos poblacionales que suma cerca de 800 mil habitantes en un

radio de 25 kilómetros. Por ello, el tercer ensayo, capítulo V, se dedica a este área de particulares características.

En el caso de Asturias aplicamos nuevos indicadores y una base de datos más precisa. Esto nos permite evaluar no solo la dispersión y morfología del crecimiento, como en Madrid, sino también la disciplina urbanística de los municipios. Esto es, en que grado el crecimiento urbano ocurre donde realmente se programa en los planes urbanos. Planteamos una serie de hipótesis respecto a la tendencia a la dispersión y la disciplina que podemos contrastar en el caso específico del área central de Asturias.

El análisis de la cartografía digital asturiana y los índices de dispersión y disciplina nos conduce a concluir que, ciertamente, existe una relación entre tamaño poblacional y disciplina urbanística, así como entre la disciplina urbanística y la dispersión. Los municipios más grandes son menos dispersos y más disciplinados. Los pequeños próximos a los grandes son muy poco disciplinados y tienden a la dispersión. De este modo, los municipios pequeños próximos a los grandes anulan sus directrices urbanas, pero atraen población gracias a un urbanismo más laxo.

Teniendo en cuenta los signos de estas relaciones, un proceso de conurbación urbana como el que se produce en el centro de Asturias presentará grandes riesgos de dispersión en los municipios de poca población, que queden dentro o muy cerca del área metropolitana que emerge. La forma de evitar una evolución urbana dispersa y asegurar un crecimiento planificado es coordinar políticas y, en particular, integrar la política urbanística de la emergente nueva área metropolitana.

De modo global y a partir de los resultados de este trabajo se deduce la necesidad de revisar la planificación urbanística de la ciudad que pasa por:

- (i) coordinar la política urbanística y de uso de suelo de los distintos municipios de la región,

- (ii) extender los límites del área metropolitana y crear un plan general único para el mismo que ayude a crecer de manera más compacta y concéntrica e
- (iii) introducir mayores restricciones al uso del suelo, especialmente en los municipios periféricos con recursos naturales de interés.

Existen otros muchos casos a lo largo de la geografía española cuyo análisis con estas metodologías puede ser extraordinariamente valioso. Entre ellos creemos que destacan:

- (i) el corredor gallego Vigo-Santiago-Coruña inmerso en una región con especiales problemas de dispersión rural,
- (ii) el crecimiento como mancha de aceite de la ciudad de Barcelona que se desparrama hacia el sur por la costa creando un corredor urbano en la costa mediterránea,
- (iii) la evolución de la costa mediterránea especialmente en el entorno de Valencia a parte de Barcelona,
- (iv) el curioso caso de Granada cuyo crecimiento salta desde una corona no urbanizada hasta los municipios colindantes,
- (v) la evolución y comparación de las zonas rurales a lo largo de la geografía española.
- (vi) (...)

A parte de estos y otros muchos casos es interesante contrastar nuestros resultados con otros enfoques que desarrollan otras metodologías basadas en cartografía digital. También se pueden integrar medidas de accesibilidad o la incorporación de nuestros índices en modelos econométricos espaciales explicativos de fenómenos socioeconómicos diversos. Todo ello constituye una amplia agenda de investigación que esperamos poder desarrollar en el futuro.

Referencias bibliográficas

- Akademie für Raumforschung und Landesplanung (1970): *Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung*, Band III, Gebrüder Järnecke Verlag. Hannover.
- Alonso, W., (1964): *Location and Land Use; Toward a General Theory of Land Rent*, Harvard University Press. Cambridge, MA.
- Anas, A., Arnott, R. y Small, K.A., (1998): “Urban spatial structure”, *Journal of Economic Literature* 36 (3), pp. 1426-1464.
- Anselin, L. (1988): *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic. Dordrecht.
- Anselin, L. (1999): “Spatial Econometrics: an updated review”, *REAL Working Paper (Regional Economics Applications Laboratory)*, University of Illinois.
- Black, D. y Henderson, V. (2003): “Urban evolution in the USA”, *Journal of Economic Geography*, 3 (4), pp. 343–372.
- Boix, R., Veneri, P. y Almenar, V. (2012): “Polycentric metropolitan areas in Europe: towards a unified proposal of delimitation”, en Fernandez, E. y Rubiera, F. (Eds.): *New challenges from data at*

local level. Defining the spatial scale in modern regional analysis. Advances in Spatial Science. Springer.

Brueckner, J.K., (1987): "The structure of urban equilibria: a unified treatment of the Muth-Mills model", en Mills, E. (Ed.) *Handbook of Regional and Urban Economics*, 2, pp. 821-845. North-Holland: Amsterdam.

Brueckner, J.K., (2000). "Urban growth models with durable housing: an overview". En Huriot, J.M. and Thisse, J.F., (eds.) *Economics of Cities: Theoretical Perspectives*, pp. 263-289. Cambridge University Press: Cambridge: MA.

Bunel, T., Drummond, L.B.W. y Ho, K.C., (2002): *Critical reflections on cities in Southern Asia*. Brill Academic Press: Singapur.

Burchell, R.W. y Galley, C. (2003): "Projecting incidence and costs of sprawl in USA", *Transportation Research Record*, 1831, pp. 150-157.

Burchfield, M.; Overman, H.G.; Puga, D. y Turner, M.A. (2005): "Causes of Sprawl: a portrait from space", *The Quarterly Journal of Economics*, 121 (2), pp. 587-633.

Calfee, J. y Winston.C. (1998): "The value of automobile travel time: implication for congestion policy", *Journal of Public Economics*, 69 (1), pp. 83-102.

Catalan, B.; Saurí, D. y Serra, P. (2008): "Urban sprawl in the Mediterranean?: Patterns of growth and change in Barcelona Metropolitan Region 1993-2000", *Landscape and Urban Planning*, 85 (3-4), pp. 174-184.

CNIG (varios años): *Mapas digitales de los municipios españoles*, Centro Nacional de Información Geográfica, Ministerio de Fomento: Madrid.

Colby, C.C. (1933): "Centrifugal and Centripetal Forces in Urban Geography", *Annals of the Association of American Geographers*, 23 (1), pp. 1-20.

- Couch, C.; Ldontidou, L. y Petschel-Held, G. (2007): *Urban Sprawl in Europe. Landscapes, Land-Use Change & Policy* Blackwell Publishing: Oxford.
- Downs, A. (1992): *Stuck in traffic*. Brookings Institution Press.
- Ermer, K.; Muhrmann,R.; Sukopp, H. (1994): "Stadt und Umwelt", *Ecological Indicators*, 10, pp: 397-406.
- ESPON (2005): *Potential for Polycentric Development in Europe*, Project Report. Espon 1.1.1. Nordregio, pp. 35-239.
- EUROPEAN COMMISSION (2006): *Enviromental aspects of urban spread in Europe*, Joint Research Centre.
- Ewing,R.; Pendall, R. y Chen D. (2002): "Measuring Sprawl and its impact", *Smart Growth America*, Transportation Research Board of the National Academies. Washinton DC.
- Ewing.R (1997): "Is Los Angeles-style sprawl desirable?", *Jornal of the American Planning Association*, 63 (1), pp. 107-126.
- Fischel, W.A. (1985): *The Economics of Zoning Laws: a Property Rights Approach to American Land Use Controls*. Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD
- Foresman, T.W. (1998): *The history of GIS: Perspectives from the pioneers*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River.
- Fujita, M. y Hideaki, O., (1982): "Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configuration", *Regional Science and Urban Economics*, 12 (2), pp.161-196.
- Geoghegan, J. (2002): "The value of open spaces in residential land use", *Land Use Policy*, 19 (1), pp. 91–98.
- Gilbert, A., (1996). *The Mega-city in Latin America*. United Nations University Press: Tokyo.

- Glaeser, E. y Kahn, M. (2001): “Decentralized employment and the transformation of the American city”, *Brookings-Wharton papers on Urban Affairs*, pp. 1-47.
- Glaeser, E. y Kahn, M. (2004): “Sprawl and urban growth”, en Henderson, V. y Thisse, J.F. (Eds.): *Handbook of Regional and Urban Economics*, 4, pp. 2481-2527. North-Holland: Amsterdam.
- Glaeser, E. y Kohlhase, J.E. (2004): “Cities, regions and the decline of transport cost”, *Papers in Regional Science*, 83(1), pp. 197-228.
- Glaeser, E.L., Scheinkman, J.A. y Shleifer, A. (1995): “Economic growth in a crosssection of cities”, *Journal of Monetary Economics*, 36 (1), pp. 117–143.
- González F., Rodríguez JR., González, V.M., Mora JR. y Peón A. (2002): “El sistema de información territorial del Principado de Asturias”, *Ordenación del territorio, política regional, medio ambiente y urbanismo*, FUNDICOT, pp. 903-916.
- González F., Rodríguez, J. R., González, V.M., Mora JR. y Peón A. (2001): “La modernización de la Administración a través de un Sistema de Información Geográfica Corporativo: el SITPA”, *Mapping*, 70, pp. 28-31.
- Gonzalez V. M. (1991): “Modelización Numérica de Capas de Carbón en la Cuenca Central Asturiana”, *Tesis Doctoral por la Universidad de Oviedo*.
- González V.M., Chans A., Jiménez J.M., Pedreira J.A. (2002): “Un ejemplo de integración en grandes instalaciones: el sistema de información de datos hidrográficos del IHM”, *Mapping*, 78, pp. 20-25.
- González V.M., Jiménez D., Coronado J.A., Garrido, J. (2001): “Una solución integral de tratamiento de información territorial: El Sistema de Información Geográfica del Ayuntamiento de Mérida (SIGAME)”, *Mapping*, 70, pp. 6-10

- González V.M., Carcedo L., Mier J., Fernández R., (1998): "Una aplicación de los SIG en los negocios aplicando tecnologías de interoperabilidad", *Mapping*, 45, pp. 33-38
- González, V.M., Rodríguez, J. Redondo, J. y Peón, A. (2004): "SITPA. Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias. Un enfoque tecnológico", *Mapping*, 91, pp. 62-64
- Gonzalez, V.M., Rubiera, F. y Rivero, J.L., (2013). "Descripción y análisis de la huella urbanística del "boom" inmobiliario en Asturias mediante SIG, 1996-2006.", *Investigaciones Regionales*, 25, pp. 115-140
- Gonzalez, V.M., Rubiera, F. y Rivero, J.L., (2013): "Dispersión urbana en áreas metropolitanas policéntricas: análisis del caso asturiano mediante el uso de sistemas de información geográfica", *ACE: Architecture, City and Environment*, 8 (24), pp. 38-63.
- Henderson, J.V., (1974): "The sizes and types of cities", *American Economic Review*, 64 (4), pp. 640-656.
- Henderson, J.V. (1987): "General equilibrium modeling systems of cities", en Mills, E. (Ed.): *Handbook of Regional and Urban Economics*, 2, pp. 927-956. North-Holland: Amsterdam.
- Imai, H., (1982): "CBD hypothesis and economics of agglomerations", *Journal of Economic Theory*, 28 (2), pp. 275-299.
- INE (1991): *Censo de Población y Viviendas, 1991*. Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>).
- INE (1996): *Padrón Municipal, 1996*. Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>).
- INE (2001): *Censo de Población y Viviendas, 2001*. Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>).
- INE (2011): *Censo de Población y Viviendas, 2011*. Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>).

- Jaeger, A.G.J., Bertiller, R., Schwick, C., Cavens, D., y Kienast, F. (2010): "Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl", *Ecological Indicators*, 10, pp 427-441.
- Jaeger, A.G.J, Bertiller, R. Schwick, C. y Kienast, F.(2010): "Suitability criteria for mesures of urban sprawl", *Ecological Indicators*, 10, pp. 397-406.
- Jaeger, A.G.J. y Schwick, C. (2014): "Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) ant its application to Switzerland", *Ecological Indicators*, 38, pp. 294-308.
- Krugman, P.R. (1997): *Development, Geography, and Economic Theory*, The MIT press: Cambridge, MA.
- Landscape Gesellschaft für Geo-Kommunikation (2000-2002): *Lexikon der Geowissenschaften*, Band V Spektrum Akademischer Verlag, Heidelber: Berlin.
- LeRoy, G., Hinkley, S. y Tallman, K., (2000): *Another way sprawl happens: economic development subsidies in a twin Cities Suburb*. Institute on Taxation and Economic Policy: Washington.
- Lucas, R.E. y Rossi-Hansberg, E., (2002): "On the internal structure of cities", *Econometrica*, 70 (4), pp. 1445-1476.
- Mayor, M. y Fernández, E. (2012): "Contributions to spatial econometrics: non-linearity, causality and empirical applications", número especial de *Investigaciones Regionales*, 21.
- Mills, E. S. (1967): "An aggregative model of resource allocation in metropolitan area", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 57 (2), pp. 197-210.
- Ministerio de Fomento (2011): *Las Áreas Urbanas*. Ministerio de Fomento: Madrid.
- Moran, P.A.P. (1950): "Notes on Continuous Stochastic Phenomena", *Biometrika*, 37 (1), pp. 17-23.

- Muñoz, F. (2003): “Lock living: urban sprawl in Mediterranean cities”, *Cities*, 20 (6), pp. 381-385.
- Muth, R. F. (1969): *Cities and Housing*, University of Chicago Press: Chicago.
- Ohls, J.C. y Pnes, D. (1975): “Discontinuous urban-development and economic efficiency”, *Land Economics*, 51 (3), pp. 224-234.
- Overman, H.G. y Ioannides, Y.M. (2001): “Crosssectional evolution of the US city size distribution”, *Journal of Urban Economics*, 49 (3), pp. 543-566.
- Partridge, M.D., Rickman, D.S., Ali, K. y Olfert, M.R. (2009): “Agglomeration spillovers and wage and housing cost gradients across the urban hierarchy”, *Journal of International Economics*, 78, pp. 126-140.
- Polèse, M. y Champain, C., (2003): *La evolución de los centros urbanos: La experiencia de América del Norte*, World Bank: Washington.
- Polèse, M. y Rubiera, F. (2009): *Economía Regional y Urbana. Introducción a la Geografía Económica*, Thomson-Civitas: Madrid.
- Principado de Asturias (2008): *Reglamento de Ordenación del Territorio y Urbanismo 38/2008 de 15 de Febrero*, Boletín Oficial del Principado de Asturias.
- Rappaport, J. y Sachs, J.D. (2003): “The United States as a coastal nation”, *Journal of Economic Growth*, 8 (1), pp. 5-46.
- Romero, J. (2012): “Construcción residencial y gobierno del territorio en España. De la burbuja especulativa a la recesión. Causas y consecuencias”, *Cuadernos Geográficos*, 47, pp. 17-46.
- Rubiera, F. y Aponte, E. (2009) “Retos para el crecimiento equilibrado de la ciudad de Bogotá. El declive del centro y el desamparo de la periferia meridional”, *Investigaciones Regionales*, 16, pp. 43-71.

- SADEI, (varios años): *La Renta de los municipios asturianos*, Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias.
- Sierra Club (1999): *The dark side of the American dream: the costs and consequences of urban sprawl*, Berkley: San Francisco, CA.
- Squires, G.D. (2002): *Urban sprawl: causes and consequences and policy responses*, The Urban Institute Press: Washington, DC.
- Tomlin, C.D., (1990): *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentidge Hall: Nueva Jersey.
- Turner, M.A. (2005): “Landscapes preferences and patterns of residential development”, *Journal of Urban Economics*, 57(1), pp. 19-54.
- USHUD (1999): *The state of the cities 1999; Third annual report*, US Department of Housing and Urban Development: Washintong, DC.
- Viñuela, A., Fernández, E. y Rubiera, F. (2012): “Una aproximación Input-Output al análisis de los procesos centrípetos y centrífugos en Madrid y Barcelona”, *Revista ACE – Arquitectura, Ciudad y Territorio*, 18, pp. 139-162.
- Wheaton, W.C., (1974): “A comparative static analysis of urban spatial structure”, *Journal of Economic Theory*, 9 (2), pp. 223-237.