

La delimitación del espacio urbano de Valencia a través de la red viaria: Análisis de fuentes de información libre y primeros resultados¹

J. Salom¹, C. Zornoza¹

¹ Instituto de Desarrollo Local, Departamento de Geografía, Universidad de Valencia. Avda. Blasco Ibáñez, 28. 46010. Valencia.

Julia.Salom@uv.es, Carmen.Zornoza@uv.es

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es testar la utilidad de la información de redes viarias procedente de fuentes de datos libres para delimitar los espacios urbanos españoles y su idoneidad para realizar un seguimiento en el tiempo de los procesos urbanos. La necesidad de esta delimitación se fundamenta en que el modelo de ciudad ha cambiado tras intensos procesos de urbanización dispersa, por lo que resulta complejo establecer un límite preciso para el entorno urbano. El análisis realizado permite concluir que tanto *Cartociudad* como *OpenStreetMap* permiten identificar con relativa precisión las zonas urbanas, pero ninguna de ellas presenta información uniforme de todo el territorio que permita delimitar adecuadamente los continuos urbanizados de baja densidad. Por otra parte, la distinta naturaleza de las fuentes analizadas y el hecho de que estén aún en proceso de construcción (caso de *OpenStreetMap*), o que hayan experimentado una notable mejora en la información recogida a lo largo del periodo analizado (caso de *CartoCiudad*) impide utilizarlas, al menos de momento, como fuente para realizar un seguimiento temporal de los procesos urbanización. Sin embargo, la información disponible aumenta con rapidez, por lo que esta situación puede cambiar a corto o medio plazo.

Palabras-clave: Sistemas de Información Geográfica, Urbanización Dispersa, Información libre, Áreas Metropolitanas, Valencia

1. INTRODUCCIÓN: LA DELIMITACIÓN DE LOS ESPACIOS URBANOS

La correcta delimitación de los espacios urbanos en los estudios territoriales, especialmente en el caso de las áreas metropolitanas, es un tema relevante, ya que condiciona los resultados en el análisis de aspectos tan cruciales como la dinámica demográfica, el desarrollo urbanístico y la identificación de los procesos de dispersión urbana. Sólo una delimitación adecuada del espacio urbano permite realizar de forma correcta la comparación entre distintos ámbitos geográficos y el análisis interrelacionado de las variables de todo tipo que explican el funcionamiento de las ciudades.

Para cumplir este objetivo, se han desarrollado distintas metodologías que podemos resumir en tres enfoques principales: las basadas en el uso de indicadores indirectos que identifican las características sociales, económicas y demográficas relacionadas con el funcionamiento de la ciudad; las que se apoyan en características morfológicas tales como la densidad del espacio construido y la continuidad del área urbanizada; y las que utilizan indicadores de la existencia de una relación funcional entre los núcleos de poblamiento. Este abanico de métodos se dirige a recoger los distintos aspectos del funcionamiento urbano, que Parr (2007) ha definido como los ámbitos de “la ciudad construida”, la “ciudad del consumo”, la “ciudad del empleo” y la “ciudad de la fuerza de trabajo”. En cualquier caso, como señala el mismo autor, la ciudad construida representa siempre la base para el resto de los conceptos urbanos. Por ello, es habitual encontrar en las delimitaciones más utilizadas una complementariedad de criterios que incluya los aspectos morfológicos, como ocurre por ejemplo en las elaboradas por la OECD y la Unión Europea (OECD, 2012).

¹ Esta comunicación se ha elaborado en el marco del proyecto de investigación "Sostenibilidad y competitividad urbanas en un contexto global. El Área Metropolitana de Valencia" (CSO2013-46863-C3-1-R) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad dentro del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad, modalidad 1, "Retos Investigación": Proyectos de I+D+I.

Sin embargo, la definición de los espacios urbanos a partir de criterios morfológicos presenta hoy crecientes dificultades para su aplicación, ya que a los problemas tradicionales de porosidad en la delimitación administrativa de las áreas metropolitanas, se suma la forma adoptada por los procesos recientes de crecimiento urbano, caracterizados por el predominio de los modelos morfológicos de baja densidad, que han llevado a hablar de «ciudad sin límites» (Nel.lo, 2001). En este contexto, algunos autores han subrayado la necesidad de utilizar enfoques alternativos en la definición del espacio urbano construido.

Uno de los más novedosos es el uso de indicadores morfométricos basados en la geometría fractal, que parecería adaptarse mejor a la complejidad actual de la formación de las ciudades, producto de múltiples interacciones de actores públicos y privados y por tanto identificada con un proceso de auto-organización (Frankhauser, 2005). Este enfoque, que describiría mejor la forma actual de las manchas urbanas, se ha utilizado tanto para delimitar los espacios urbanos como para clasificar y comparar distintas ciudades en algunos países europeos (Tannier et al., 2011; Tannier y Thomas, 2013)

Otra aproximación alternativa, que es la que adoptamos en esta comunicación, es la que aborda la delimitación de la ciudad a partir de microdatos, sean éstos celdas, nodos o polígonos, que se agregan mediante un proceso iterativo a partir de distintos criterios. Las ciudades -denominadas “ciudades naturales”- son creadas por tanto “desde abajo”, en un proceso en cierta medida auto-organizado, distinto a los enfoques tradicionales basados en datos poblacionales o en fotointerpretación, que se caracterizan por un abordaje “desde arriba” (Rozenfeld et al., 2011). Esta aproximación permite superar algunas de las limitaciones de las técnicas basadas en la fotointerpretación de imágenes, un proceso costoso e inexacto, ya que incluye varias etapas de pre-procesamiento complejas, y que además se ve afectado por el problema de la unidad espacial modificable (Zhou, 2015).

Algunas de las metodologías desarrolladas desde esta perspectiva utilizan los edificios como unidades básicas de información (Rozenfeld et al., 2011); sin embargo, las aportaciones más numerosas se han basado en la utilización de la red viaria para delimitar los espacios urbanos de forma rápida y eficiente. La red de comunicaciones afecta las actividades humanas, condiciona el desarrollo urbano, y permite diferenciar las áreas urbanas de las rurales ya que las primeras tienen habitualmente redes de transporte más densas. Se ha constatado además la existencia de una relación estrecha entre la densidad de la red y el tamaño y crecimiento demográfico de la ciudad (Borruso, 2003; Jia y Jiang 2010; Jiang y Jia, 2011). Por otra parte, la información de datos detallados de los ejes viarios es más fácil de obtener que la de edificios, y existen numerosas fuentes disponibles de información libre y accesible, procedentes de la administración o de proyectos colaborativos.

Las delimitaciones así obtenidas han podido ser utilizadas para evaluar modelos teóricos de distribución por tamaños de las ciudades (Jiang y Jia, 2011) o, lo que resulta de especial interés en este caso, para identificar y tipificar los procesos de dispersión urbana (Jia and Jiang 2010, Liu y Jiang, 2011). Una característica común a la mayoría de estos trabajos es el uso de fuentes de datos libres, incluyendo por ejemplo el *OpenStreetMap*, de carácter colaborativo.

Zhou (2015) ha realizado recientemente un contraste de algunos de los métodos más utilizados, dos de ellos basados en el análisis de los nodos (intersecciones entre arcos) de la red, y el tercero en la construcción de manzanas a partir de los ejes de las calles (Liu and Jiang, 2011). Los métodos basados en el análisis de los nodos difieren en que, mientras que el primero superpone a la red una rejilla (*grid*) en cuyas celdas se almacena información referida al número de intersecciones o nodos (Borruso, 2003, Jia y Jiang, 2010), el segundo se basa en la determinación de umbrales de índices de densidad *kernel* de los nodos (Borruso, 2003; Jia y Jiang, 2011; Salom y Albertos, 2010, 2014). La comparación de estos tres métodos permite concluir que, mientras que el método basado en la construcción de manzanas es más rápido y permite procesar una gran cantidad de datos, los mejores resultados a la hora de detectar los espacios construidos se obtienen con los métodos basados en los nodos², que son además los más apropiados para monitorizar el desarrollo urbano y predecir el crecimiento de la población.

2. OBJETIVOS, FUENTES Y METODOLOGÍA

2.1. Objetivos y metodología

El objetivo de este trabajo es testar la utilidad de la información de redes viarias procedente de fuentes

² Ambos métodos permiten detectar $\geq 80\%$ de las áreas construidas.

de datos libres para delimitar los espacios urbanos españoles, caracterizados por intensos procesos de urbanización dispersa que dificultan el establecimiento de un límite preciso para el entorno urbano. Nuestro objetivo final es averiguar si estas fuentes son adecuadas para realizar un seguimiento de los procesos urbanos y, en tal caso, estudiar la evolución seguida en los últimos años.

Se han utilizado dos fuentes cartográficas libres, una oficial, *CartoCiudad*, disponible para descarga en la página web del Instituto Cartográfico Nacional; y otra procedente de un proyecto colaborativo, *OpenStreetMap*, también disponible a partir de su página web. La delimitación obtenida a partir de estas fuentes será contrastada con los resultados de una base de datos comercial, *Multinet Spain* de Teleatlas, que ha sido utilizada en ocasiones anteriores con buenos resultados (Salom y Albertos, 2010; 2014).

Se aplica el método de delimitación basado en las densidades *kernel* descrito más arriba (Borruso, 2003) y expuesto detalladamente en Salom y Albertos (2010), que ha demostrado ser eficiente para la delimitación de los espacios urbanos españoles, ya que tiene en cuenta tanto los espacios urbanos continuos como los discontinuos (Salom y Albertos, 2014).

La metodología de delimitación empleada consta de tres pasos:

- Cálculo de la densidad kernel de las redes viarias (TeleAtlas, CartoCiudad, OpenStreetMap) con un radio de búsqueda de 500m y una densidad de pixel de 10m.
- Definición de los umbrales de densidad asociados a los usos del suelo urbanos a partir del contraste con los usos del suelo del SIOSE.
- Delimitación de los espacios urbanos a partir de los umbrales calculados y agregación de los más próximos (distancias menores de 1 km.) para la delimitación del área urbana.

Utilizamos el Área Metropolitana de Valencia como caso de estudio.

2.2 Descripción de las fuentes

Hoy en día las nuevas políticas de datos abiertos en la administración y en algunas organizaciones han supuesto un gran aumento de la información disponible, pero su utilización requiere realizar una revisión previa de su utilidad y limitaciones.

Tal y como viene reflejado en la metodología, se requieren dos tipos de datos para el trabajo: red viaria y usos del suelo. En este apartado se hace una revisión de las características técnicas de cada fuente, lo cual nos permitirá comprender la complejidad de los resultados y validarlos convenientemente.

2.2.1. Redes viarias

En el trabajo inicial se utilizó información procedente de *TeleAtlas*, una fuente comercial orientada principalmente a la navegación. Se trata de una red completa y homogénea que data de 2007.

Actualmente las bases de datos libres con información sobre España más potentes son *CartoCiudad* y *OpenStreetMap*, por lo que serán las que se analicen en este trabajo.

En el primer caso, *CartoCiudad* es un proyecto colaborativo que lidera el Instituto Geográfico Nacional (IGN). La información sobre viales, según su portal informativo (www.cartociudad.es/portal/web/guest/que-es-cartociudad), procede de:

- Vías urbanas: Dirección General del Catastro, se completan posteriormente con: callejeros y bases cartográficas autonómicas o locales y ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Nombre oficial y tipo de vía urbana: El Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Vías interurbanas: IGN. Proceden de la Base Topográfica Nacional a escala 1/25.000 (BTN25) o de la Base Cartográfica Numérica a escala 1/25.000 (BCN25), también se utilizan las ortofotos del PNOA para su actualización.

Existen también convenios de colaboración entre el IGN y las comunidades autónomas de La Rioja, Comunidad Valenciana, Baleares y Andalucía, para garantizar la actualización eficiente de la información.

Para este trabajo emplearemos una publicación de *CartoCiudad* de Octubre de 2010 y otra de Abril 2014 con el fin de contrastar si es posible estimar el cambio ocurrido en este periodo.

En segundo lugar, *OpenStreetMap* es un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables. La información geográfica se distribuye bajo Licencia Abierta de Bases de Datos y la generan colaboradores mediante dispositivos GPS móviles, ortofotografías y otras fuentes libres (www.openstreetmap.es). Se parte

del problema de que la base de datos aún no está terminada, por lo que cabe la posibilidad de encontrar zonas sin cartografiar. Aun así, el crecimiento exponencial de información que está experimentando y la velocidad a la que se plasman las modificaciones la convierte en una base de datos potente, con una proyección de futuro considerable. Las estadísticas de cómo aumentan los viales cartografiados pueden observarse en la figura 1.

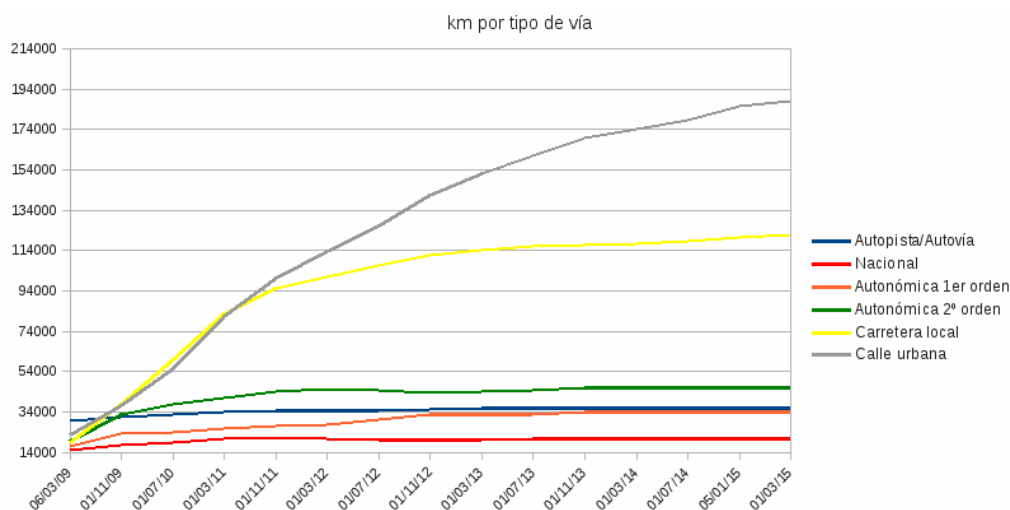


Figura 1. Estadísticas OpenStreetMap. Fuente: <http://mapas.alternativaslibres.es/>

2.2.2. Usos del suelo

La información de usos del suelo se utiliza para contrastar la adecuación de la información y seleccionar los umbrales de densidad que se utilizarán en la delimitación. En trabajos previos se ha utilizado la base de datos *CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover 2006*, que en la Comunidad Valenciana se elaboró sobre imágenes tomadas en 2005. La escala de trabajo es 1:100.000, lo cual significa que la precisión asociada a dicha escala es de 20 metros. El polígono mínimo se establece en 25 ha, por lo que cualquier zona de dimensiones menores no se verá cartografiada. Este hecho resulta especialmente importante para el estudio de la suburbanización, que se verá inevitablemente infrarrepresentada.

En este caso, la disponibilidad de información más detallada procedente del *SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España)* nos proporciona la posibilidad de realizar un análisis más preciso. El *SIOSE* empleado se referencia a 2009. La escala de trabajo es 1:25.000, por lo que la precisión asociada es de 5 metros. En este caso, la superficie mínima representada para las coberturas artificiales es de 1 ha, lo cual permite recoger con precisión los espacios urbanizados. La forma en que se presenta la información no es una clasificación única de los polígonos en un uso determinado, sino que cada polígono contiene información detallada de los porcentajes de ocupación de cada uso, lo que supone que un mismo polígono pueda contener usos distintos. Para el trabajo que nos ocupa resulta conveniente filtrar y simplificar los datos, de forma que se clasifiquen como artificiales los polígonos con la mitad o más de estos usos. Además de agruparlos en cuatro clases: compacto, disperso, industrial y otros.

Se utiliza esta fecha, con preferencia al *SIOSE 2005*, al considerarse que los cambios territoriales producidos entre 2005 y 2007 fueron superiores a los del siguiente periodo 2007-2009, por lo que la afinidad de la fuente con los datos de *Teletlas 2007* se considera mayor. Esta afirmación se hace en base a las fechas en las que se enmarca el boom inmobiliario, entre 1997-2007, cuando amplias zonas del territorio fueron sometidas a un intenso proceso de artificialización con altísimos ritmos de crecimiento.

Una vez conocidas las características básicas de las fuentes de datos se pasa al análisis de los resultados obtenidos con cada una de ellas.

3. RESULTADOS

3.1. Aproximación inicial a las fuentes viarias a partir de los usos del suelo

Se han realizado numerosas pruebas para reconocer cómo responden las bases de datos citadas a la

delimitación de ciudad. En este apartado se mostrarán los resultados que, a juicio de las autoras, son más claros e interesantes de analizar.

La visualización de los distintos viarios nos muestra que existen importantes diferencias entre ellos. Para plasmarlas de forma sencilla se realiza una primera intersección entre los nodos y los usos distintos del suelo. En la tabla 1 se muestran los valores obtenidos y las diferencias porcentuales, usando como fuente de referencia TeleAtlas 2007.

Tabla 1. Número de Nodos Viales según Usos SIOSE. Fuente: Teleatlas, Cartociudad, OpenStreetMap. Elaboración propia

	<i>Compacto</i>	<i>Disperso</i>	<i>Industrial</i>	<i>Otros</i>	<i>No artificial</i>	<i>TOTAL</i>
<i>TeleAtlas_07</i>	53.417	20.762	9.287	30.343	140.379	254.188
<i>Diferencia (%)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>CartoC_10</i>	44.227	13.220	4.777	11.031	6.107	79.362
<i>Diferencia (%)</i>	-17%	-36%	-49%	-64%	-96%	-69%
<i>CartoC_14</i>	50.296	27.246	10.633	41.132	276.106	405.413
<i>Diferencia (%)</i>	-6%	31%	14%	36%	97%	59%
<i>OpenStreetMap_15</i>	51.456	14.452	9.648	34.745	36.781	147.082
<i>Diferencia (%)</i>	-4%	-30%	4%	15%	-74%	-42%

Como puede observarse, en el caso de las áreas compactas todas las fuentes tienen una adecuación similar, algo menor en el caso de CartoCiudad 2010 (-17%), aunque no es una diferencia muy significativa.

El problema de esta fuente se detecta en las demás clases, donde el número de nodos es en general muy bajo. En total hay una diferencia negativa con TeleAtlas del 69%, lo cual significa que en ese momento CartoCiudad sólo contaba con información suficiente para las zonas estrictamente urbanas, pero no se puede considerar una red viaria suficientemente completa.

Sin embargo, la fuente cambia sustancialmente en cuatro años, densificándose de tal forma que en 2014 existe un total de nodos un 59% superior al de TeleAtlas. Este incremento se localiza principalmente sobre suelo no artificial, donde en esta fecha hay prácticamente el doble de nodos que en Teleatlas. Este cambio en la información de Cartociudad no se debe obviamente a un crecimiento de la red viaria, sino a una mejora en el volcado de datos, por lo que será imposible hacer una estimación del crecimiento urbano comparando Cartociudad 2010 y Cartociudad 2014.

Tampoco la red procedente de OpenStreetMap puede considerarse completa, ya que, muestra una buena adecuación en todas las categorías urbanas excepto en el caso del suelo urbano disperso. Esta infrarrepresentación, que es explicable por el proceso de creación de la base de datos, es preocupante ya que es justamente donde se pone el foco de este trabajo. La red tampoco se encuentra densificada en la parte no artificial.

3.2. Delimitación de umbrales

Un paso importante en la metodología es la selección del umbral de densidad de nodos que permita la identificación del mayor porcentaje de suelo urbano posible. El siguiente test se dirige a evaluar la idoneidad de las fuentes para identificar este umbral de forma eficiente, comparando los valores de densidad obtenidos con los usos del suelo contenidos en SIOSE. La tabla 2 muestra los valores máximos y mínimos de densidad *kernel* necesarios para identificar adecuadamente un 90% de la superficie para cada tipo de uso de suelo y cada una de las fuentes utilizadas. El objetivo es identificar unos valores que permitan diferenciar al máximo los usos del suelo urbanos, tanto dispersos como compactos, del resto de usos, en particular de los no artificiales. Es decir, se buscan los puntos de ruptura que permitan relacionar una densidad a un uso del suelo determinado. Se presentan también los resultados del análisis previo TeleAtlas-Corine a efectos comparativos.

Tabla 2. Valores límite de densidad *Kernel* de nodos/km² que permiten recoger el 90% de la superficie de cada uso del suelo

USO DEL SUELO	TeleAtlas-Corine		TeleAtlas-SIOSE		CartoCiudad 2010-SIOSE		CartoCiudad 2014-SIOSE		OpenStreetMap SIOSE	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Compacto	111	368	116	366	74	297	130	325	105	393
Disperso	33	171	26	149	0	112	54	160	0	146
Industrial	27	204	19	160	0	94	39	163	14	167
Otros Usos	0	168	6	180	0	103	15	182	0	225
No artificiales	0	39	0	25	0	0	0	55	0	4

La comparación de los resultados de densidad sobre TeleAtlas 2007 con los usos del suelo a partir del SIOSE permite, por la mayor precisión de esta última fuente, seleccionar un punto de corte más ajustado para el suelo urbano disperso que el determinado a partir de CORINE. Mientras que en este último caso se consideró útil un valor de 40 nodos/Km² para diferenciar el suelo urbano disperso de los usos no artificiales, de acuerdo con SIOSE es posible fijar el límite inferior para detectar la urbanización dispersa en 25.

Por otra parte, la falta de datos en suelo no urbano en CartoCiudad 2010 no permite la identificación correcta del suelo urbanizado disperso, ya que el límite inferior para detectar el 90% de la superficie se fija en 0 nodos, solapándose claramente con el suelo no artificial, lo que no nos permitiría obtener resultado alguno.

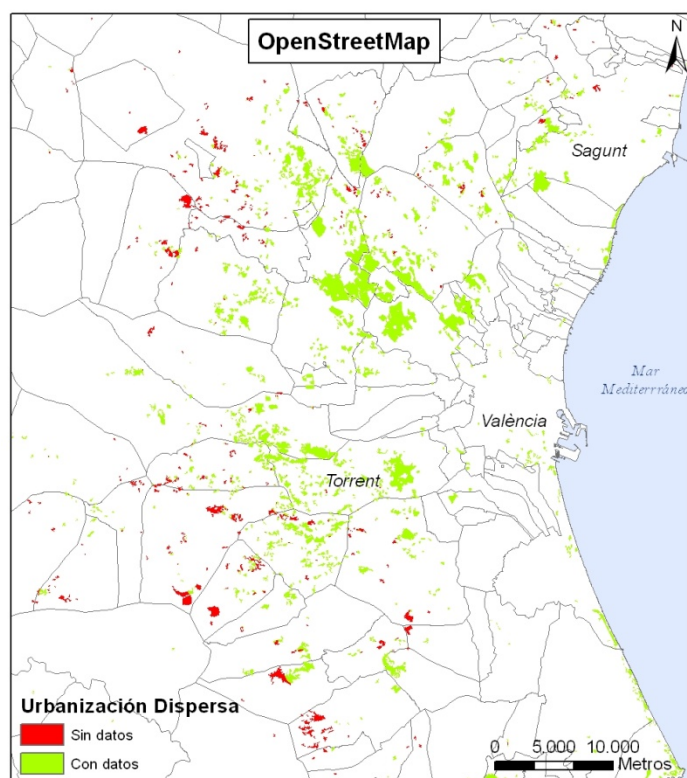


Figura 2. Información disponible en OpenStreetMap en las áreas de urbanización dispersa según SIOSE 2009.

En cambio, CartoCiudad 2014 sí permite identificar un punto de corte claro entre el suelo urbano disperso y el no artificial, ya que el 90% de los usos no artificiales está entre los valores de 0 y 55, mientras que el 90% del urbano disperso se encuentra en densidades que van desde el 54 al 160. De acuerdo con estos resultados, tomaremos los valores de 55-150 para delimitar los espacios dispersos y los valores mayores a

150 para espacios compactos.

En cuanto al OpenStreetMap, los resultados confirman que los datos en las zonas dispersas se encuentran por debajo de lo deseable para poder hacer una buena diferenciación entre ellas y las no artificiales, ya que, al igual que con Cartociudad 2010, se obtiene un umbral mínimo de densidad 0. Este dato nos impide emplear la fuente para una posible delimitación urbana. La figura 2 muestra la localización de las zonas dispersas que no se encuentran cartografiadas actualmente (abril 2015). Como puede observarse, las zonas litorales están generalmente cubiertas, mientras que las zonas interiores son las peor provistas de datos hasta el momento.

3.3. Delimitación de espacios urbanos

El proceso de trabajo finaliza con la delimitación de los espacios urbanos con los valores umbrales seleccionados a partir del análisis previo. Recogiendo los valores obtenidos el resultado se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Umbrales para delimitación de los espacios urbanos

	TeleAtlas	CartoCiudad	OpenStreetMap
Espacios no artificiales	0-25	0-55	-
Espacio urbano discontinuo	25-116	55-150	-
Espacio urbano continuo	>116	>150	>100

La figura 3 muestra el resultado de delimitación de las áreas urbanas. Como puede verse, la aplicación del modelo propuesto se ajusta muy bien a las áreas compactas con todas las fuentes de datos analizadas, obteniendo resultados muy similares y bien ajustados al territorio.

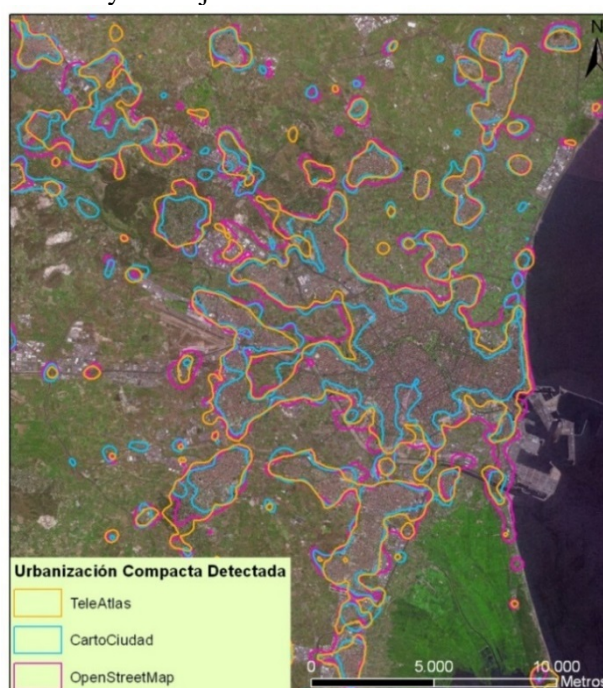


Figura 3. Delimitación del área urbana de Valencia a partir de datos del viario. Fuente: Teleatlas 2007, CartoCiudad 2014, y OpenStreetMap 2014. Elaboración propia.

Sin embargo, la delimitación de espacios urbanos que se busca en este estudio no se puede reducir a las zonas compactas, ya que, como se ha comentado anteriormente, el antiguo modelo de ciudad compacta ha cambiado hacia un modelo mucho más disperso en el territorio. La característica esencial de la dispersión es la mezcla de usos, por lo que no se pretende únicamente incluir estos nuevos usos artificiales, sino también zonas intermedias que se entremezclan con ellos y forman parte de este nuevo modelo de ciudad. La figura 4 muestra el resultado de la aplicación del modelo para detectar estos continuos urbanizados. La delimitación

basada en TeleAtlas con el umbral actualizado no presenta cambios significativos en relación con la realizada en trabajos anteriores. Por el contrario, la delimitación resultante del análisis de CartoCiudad 2014 muestra un resultado abrumador, que se prolonga más allá de los límites provinciales, debido a la continuidad de la urbanización a lo largo de la zona litoral.

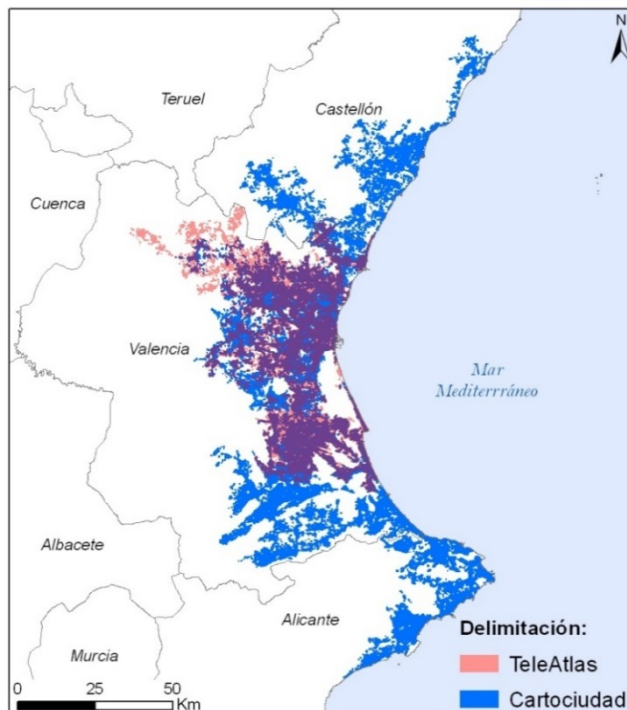


Figura 4. Delimitación del continuo urbano valenciano a partir de datos del viario. Fuente: Teleatlas 2007 y CartoCiudad 2014. Elaboración propia.

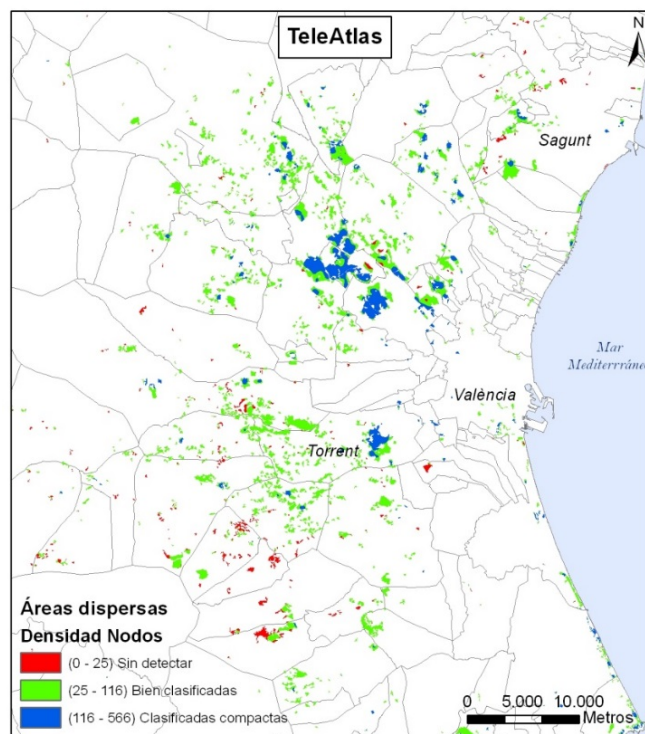


Figura 5. Densidad de nodos/Km² en suelo urbano disperso. Fuente: CartoCiudad 2014 y SIOSE 2009. Elaboración propia.

Estos resultados, aunque dan una idea del impacto que han tenido los procesos de ocupación del territorio, no pueden ser interpretados en términos exclusivamente urbanos. Un análisis específico muestra que la elevada densidad de la red viaria en zonas no artificiales que muestra la fuente y que ha interferido en la detección de las zonas de urbanización dispersa, está relacionada con el tipo de cultivo minifundista. Es decir, que el hecho de que *CartoCiudad* incorpore gran cantidad de vías en zonas de cultivos unido al tamaño parcelario ha hecho que la densidad en estas zonas sea alta y que los valores se confundan con los de urbano disperso y con la delimitación de ciudad.

Sin embargo, el análisis ha permitido identificar algunos aspectos interesantes del proceso de suburbanización, tales como la diferente compacidad de las zonas de urbanización dispersa, medida por la densidad de nodos viales (ver figura 5). El mapa muestra que la densidad de la urbanización dispersa sigue un patrón espacial en torno al municipio de Valencia, con una mayor densidad de nodos en las zonas más próximas que disminuye conforme aumenta la distancia a la capital. Es decir, la dispersión se hace más laxa conforme nos alejamos del municipio central, debido a dos factores principales: el menor precio del suelo a mayor distancia y la menor presión urbanística, lo que permite que se tomen zonas más amplias para construir un menor número de viviendas. Este resultado muestra el potencial de este tipo de índices a la hora de identificar las características morfológicas de la urbanización.

4. CONCLUSIONES

La metodología trabajada se plantea como una opción válida para trazar límites al nuevo concepto de ciudad compleja. Por un lado, se observa que las zonas de urbanización compactas se grafían con buena precisión, por lo que es posible conocer las áreas de mayor concentración urbana. Por otra parte, los índices de densidad de nodos se muestran como una herramienta adecuada para identificar las características morfológicas de la urbanización.

Respecto a la adecuación de las distintas fuentes libres analizadas, se concluye que tanto *CartoCiudad* como *OpenStreetMap* permiten identificar con relativa precisión las zonas urbanas, pero ninguna de ellas presenta información uniforme de todo el territorio para delimitar adecuadamente los continuos urbanizados de baja densidad. *CartoCiudad* es una fuente de excelente calidad, pero presenta una sobrerrepresentación de caminos rurales y ejes viarios secundarios que, unida al tipo de estructura parcelaria de la zona, hace que sea inadecuada para acotar los límites de la ciudad compleja. Para hacer una propuesta de delimitación del espacio urbanizado a partir de *CartoCiudad* se requeriría de un segundo análisis específico con el que limitar la zona detectada, o realizar un filtrado de caminos agrarios secundarios.

Finalmente, la distinta naturaleza de las fuentes analizadas y el hecho de que estén aún en proceso de construcción (caso de *OpenStreetMap*), o que hayan experimentado una notable mejora en la información recogida a lo largo del periodo analizado (caso de *CartoCiudad*) impide utilizarlas, al menos de momento, como fuente para realizar un seguimiento temporal de los procesos de urbanización. Sin embargo, como se ha visto, la información disponible aumenta con rapidez, por lo que la revisión de los resultados puede realizarse con cierta periodicidad. Se espera que la fuente de datos *OpenStreetMap* esté completa en un corto espacio de tiempo, por lo que no se debe desechar la posibilidad de que en breve sea la información de referencia.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Borruso, G. (2003): "Network density and the Delimitation of Urban Areas", *Transactions in GIS*, 7 (2), 177-191
- Frankhauser, P. (2005): « La morphologie des tissus urbains et périurbains à travers une lecture fractale, *Revue Géographique de l'Est*, vol. 45 / 3-4, pp. 21.
- Jia, T.; Jiang, B. (2010): "Measuring Urban Sprawl Based on Massive Street Nodes and the Novel Concept of Natural Cities", arXiv:1010.0541v2 [physics.data-an]
- Jiang, B. y Jia, T. (2011): "Zipf's law for all the natural cities in the United States: a geospatial perspective", *International Journal of Geographical Information Science*, 25:8,
- Liu, X and Jiang, B (2011): A novel approach to the identification of urban sprawl patches based on the scaling of geographic space". *International Journal of Geomatics and Geosciences* 2: 415-29
- Nel.lo, O. (2001): *Ciutat de ciutats*, Empúries, Barcelona.

- OECD (2012), Redefining “Urban”: A New Way to Measure Metropolitan Areas, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264174108-en>
- Parr, J.B (2007): “Spatial Definitions of the City: Four Perspectives” *Urban Studies*, 44:2, 381- 392
- Rozenfeld, H.D.; Rybski, D.; Gabaix X., y Makse, H. A. (2011): “The Area and Population of Cities: New Insights from a Different Perspective on Cities”, *American Economic Review*, 101, 2205–2225
- Salom, J. y Albertos, J.M. (2010): “Densidad de la red viaria y forma urbana: Delimitación del espacio urbano en ocho aglomeraciones españolas”. En Feria Toribio, J.M. y Albertos Puebla, J.M.: *La ciudad metropolitana en España: Procesos urbanos en los inicios del siglo XXI*, Thomson Reuters, Pamplona, 49-94
- Salom, J. y Albertos, J.M. (2014): “Delimitación y caracterización de los nuevos espacios urbanos valencianos”, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 64, 127-149
- Tannier, C., Thomas, I. (2013): “Defining and characterizing urban boundaries: A fractal analysis of theoretical cities and Belgian cities”, *Computers, Environment and Urban Systems* 41, 234-248
- Tannier, C. Isabelle Thomas, Gilles Vuidel, Pierre Frankhauser (2011): “A Fractal Approach to Identifying Urban Boundaries”, *Geographical Analysis*, 43, 211–227
- Zhou, Q. (2015): “Comparative Study of Approaches to Delineating Built-Up Areas Using Road Network Data”, *Transactions in GIS*, [En línea]. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tgis.12135/epdf>; Fecha: 01.04.2015