

Análisis visual de imágenes «thematic mapper» para el estudio urbano. El caso de la ciudad de Madrid

José Manuel CASAS TORRES y
Emilio CHUVIECO SALINERO *

Bases conceptuales

La ciudad supone, casi por definición, un complejo entramado de actividades, frecuentemente interconexiónadas en un espacio relativamente reducido. Esto origina áreas de muy variado uso y ocupación del suelo, por lo que este tipo de estudios resultan bastante complejos en el medio ambiente urbano. Incluso con el empleo de la fotografía aérea de gran escala, pueden presentarse zonas difícilmente cartografiables, ya por la minuciosidad, ya por la yuxtaposición en altura de distintos usos.

A estas objeciones —válidas para cualquier sistema de teledetección, y que explican, a la postre, la necesidad de los trabajos de campo—, hay que añadir dos nuevos aspectos problemáticos, siempre que se pretenda partir de imágenes espaciales para esta cartografía.

El primero de ellos, se relaciona con la resolución espacial del sensor; dicho de otro modo, con la habilidad para distinguir unidades mínimas de información. Obviamente, la altura de vuelo de cualquier plataforma espacial no permite obtener una resolución muy detallada, especialmente si la comparamos con la obtenida por la foto aérea. No obstante, se están produciendo considerables avances en este terreno, gracias a ópticas o equipos electrónicos más sofisticados. De ahí que podamos obtener imágenes cada vez más valiosas, incluso considerando fenómenos espacialmente complejos y minuciosos, como sería el caso de la propia ciudad. Los 15 m logrados por la cámara de gran formato (LFC), o los 30 m que ofrece el equipo multispectral *Thematic Mapper* (TM), nos muestran el fruto actual de estas mejoras en los sensores espaciales ¹.

* Instituto de Geografía Aplicada (CSIC).

¹ La Cámara de Gran Formato (*Large Format Camera*), ha sido empleada en algunas mi-

La segunda objeción que se plantea, atendiendo ahora el trabajo con equipos multiespectrales, es la divergencia entre uso y ocupación del suelo que se presenta en los espacios urbanos. Un buen grupo de autores anglosajones (Anderson *et al.*, 1976; Link y Struve, 1978; Jensen *et al.*, 1983), distinguen entre el uso cultural del terreno (*Land use*) y los materiales que lo cubren (*Land cover*). Esta distinción es bastante importante para el estudio urbano, por cuanto existen numerosos usos (comercial, pequeña industria, servicios, etc.), que habitualmente no dan lugar a una específica ocupación. Si tenemos en cuenta que las imágenes multiespectrales expresan una traducción digital de la radiación detectada por el sensor, fácilmente se comprenderá cómo estos datos deben relacionarse con la cubierta/ocupación, más que con la actividad allí desarrollada, aunque en algunos casos ambos hechos se identifiquen². La correlación entre ocupación y uso es muy clara en algunos casos (asfalto-transporte), mientras que en otros no resulta tan evidente (comercial o servicios).

Con estas salvedades, pretenderemos aquí hacer una primera valoración de las imágenes ofrecidas por el sensor *Thematic Mapper* (TM), a bordo del satélite Landsat-5, sobre la ciudad de Madrid. Se trata de un equipo de exploración multiespectral, que continúa la fecunda labor informativa desarrollada por el sensor *Multispectral Scanner* (MSS), a bordo de anteriores Landsat. Sin entrar a fondo en sus características técnicas³, baste aquí con indicar que presenta notables mejoras en la resolución espacial y espectral, que lo hacen, hoy por hoy, el sensor más idóneo para estudios de recursos naturales.

Antes de presentar estas imágenes encuadraremos nuestro propósito dentro de un marco general, trazando una breve panorámica de las aplicaciones más interesantes sobre el entorno urbano, efectuadas, hasta el momento, a partir de imágenes espaciales.

La ciudad desde el espacio

Dada la novedad que conllevan las imágenes TM no es muy abundante la información disponible sobre su aplicación al medio urbano. No obstante, tenemos confirmación de que es un tema de bastante actualidad,

siones del transbordador espacial norteamericano. Por su parte, el *Thematic Mapper*, se ha incorporado a la carga útil de observación en los satélites Landsat-4 y Landsat-5, si bien sólo funciona actualmente en este último.

² Un ejemplo muy claro, sería el caso de un área fabril abandonada, que poseyera ocupación/cubierta, aunque no uso, industrial.

³ Pueden éstas estudiarse en la bibliografía más reciente sobre teledetección. Entre otras, cabe destacar las siguientes obras: Curran, 1985; Colwell (ed), 1983; Chuvieco, 1985; Short, 1982; Townshend *et al.*, 1983.

gracias a los *abstracts* que hemos obtenido de algunos de los Congresos Internacionales más recientes ⁴.

Trabajos incluidos en las revistas de investigación más accesibles, nos informan de las enormes posibilidades abiertas por este nuevo sensor, sobre todo en lo que atañe a la cartografía de espacios edificados (Haack, 1983; Owe y Ormsby, 1984). Establecer diferencias internas ya resulta más complejo, especialmente en lo que se refiere a las áreas suburbanas (Atkinson *et al.*, 1985; Chuvieco, 1985), debido a la dificultad para señalar clases espectrales homogéneas.

Como quiera que el TM hereda la configuración informativa de anteriores equipos de exploración, parece conveniente señalar algunas de las aplicaciones más interesantes realizadas previamente. Esto nos dará idea también de vías potenciales de investigación, a partir de este tipo de datos.

En el primero de estos grupos se encuentran aquellos intentos de delimitar exactamente el área ocupada por la ciudad, tanto en vistas a actualizar los límites censales (Dietrich y Lachowski, 1978), como para estudiar el crecimiento urbano (Carter *et al.*, 1976; Carter y Stow, 1979; Jensen y Toll, 1982). Los problemas más importantes surgen de las zonas suburbanas residenciales, por cuanto acogen respuestas intermedias entre el sustrato vegetal y los materiales de construcción. Este problema lleva a emplear otros sensores auxiliares del MSS, como sería el caso del rádar (Henderson, 1983) o de imágenes térmicas (Ormsby, 1982). En ocasiones se emplea, asimismo, la fotografía aérea, ya como elemento adicional de la información (Jensen, 1979), ya como fuente de referencia para contrastar los resultados (Bozet *et al.*, 1978; Bruijn, 1978).

Un segundo grupo de trabajos, se conduce hacia el cálculo del volumen de población urbana. Para ello, se correlaciona, normalmente, la población con la superficie edificada, deduciendo un modelo de regresión que pueda servir para estimaciones intercensales. Este es el método seguido por Ogrosky (1975), a partir de imágenes del Skylab, que posteriormente refinarían Welch (1980), y, sobre todo, Iisaka y Hegedus (1982), si bien estos emplean ya la información digital proporcionada por el MSS.

Nuestro propósito resulta más modesto, puesto que sólo se trata de presentar algunos aspectos de la morfología urbana de Madrid, a partir de imágenes TM. Nos hemos limitado al análisis visual, puesto que nos resultaba de mayor interés para estos aspectos morfológicos que la propia clasificación digital. No obstante, estamos actualmente trabajando en este tratamiento de la imagen, con objeto de estratificar la densidad urbana, y caracterizar espectralmente las clases de cobertura más significativas.

⁴ Una excelente fuente bibliográfica es la publicación: *Earth Resources. A Continuing Bibliography with indexes*, compilada y publicada por la Oficina de Información Científica y Técnica de la NASA.

Análisis visual de la ciudad de Madrid: Obtención de la imagen y tratamientos previos

Tras consultar el archivo de imágenes TM disponible sobre nuestra zona de estudio, decidimos seleccionar la correspondiente al 2 de agosto de 1984, con óptimas condiciones de adquisición.

Esta fecha, además de garantizar mayor claridad atmosférica, representa uno de los momentos culminantes en cuanto a los valores medios de reflectancia, ya que se cuenta con un ángulo de elevación solar bastante alto (56°).

Obtenida —a través de la CONIE— la cinta magnética con los datos originales, comenzamos inmediatamente su tratamiento. Como se indicó antes, nos hemos limitado aquí al análisis visual de la imagen, si bien se han realizado previamente algunos procesos de tratamiento digital, con objeto de mejorar su calidad inicial.

Para este fin, se contó con la inestimable ayuda del Instituto Geográfico Nacional, que cuenta con un equipo de tratamiento digital PICTRAL-MATRA, idóneo para nuestros fines. Una vez transformado el formato de la cinta magnética original iniciamos las operaciones en este sistema.

Básicamente los pasos seguidos para conseguir una visualización más adecuada de la imagen son dos: expansión frecuencial del contraste y realce de fronteras.

El primer proceso tiende a un mejor ajuste entre la variación original de los pixels y el abanico de intensidades permitido por el equipo de visualización. Se optó por una expansión del contraste aislada para cada banda, de cuerdo a los valores de sus histogramas.

En cuanto al realce de fronteras se pretendía resaltar con más nitidez las estructuras lineales de la imagen, principalmente al trazado viario. Para ello se empleó una matriz de filtraje denominada «de paso alto», que permite distanciar los valores de cada pixel respecto a los valores vecinos, agudizando así las áreas de transición.

El resultado de este proceso puede observarse en las fotografías 1 a 3, que recogen una visión de conjunto de la ciudad y dos ampliaciones sectoriales, en falso color convencional ⁵.

Análisis general

Como fácilmente se advierte, estas imágenes ponen una vez más de manifiesto el salto cualitativo que el TM representa respecto a anteriores

⁵ Se trata de una imagen en falso color convencional, obtenida mediante la aplicación de los colores azul, verde y rojo, a las bandas del TM 2, 3 y 4, respectivamente.

sensores. Ya no sólo se permite un estudio general de la ciudad (superficie edificada, grandes viales de comunicación, etc.), asequible a anteriores sensores, sino también análisis más minuciosos sobre algunos elementos morfológicos de la ciudad.

A modo de ejemplo, y refiriéndonos al trazado viario, en la imagen de conjunto pueden apreciarse las seis autopistas nacionales, más la M-30 y la Nacional 401 a Toledo, y algunos ejes interiores, como serían la Castellana y Arturo Soria, por citar sólo dos destacados ejemplos.

Ya en el interior de la ciudad, se distinguen las principales áreas de desarrollo histórico: un *centro* compacto, sin grandes ejes de comunicación, salvo el caso de Alcalá y la Gran Vía; el *ensanche decimonónico*, bien definido por su carácter organizado, geométrico, muy especialmente entre la Castellana y las rondas exteriores; y, por último, una serie de *barrios periféricos*, consecuencia algunos del crecimiento anárquico de la ciudad, y otros de tentativas planificadoras. Entre los primeros cabe citar los barrios de la periferia sur, bastante compactos, y extendidos a lo largo de vías industriales o de comunicación (N-V, N-401, N-IV, Albufera), como sería el caso de Villaverde, Leganés, Carabanchel o Vallecas. Con tendencia más ordenada, y también con mejor calidad residencial, se encuentran algunos núcleos de la zona norte, caso del Pinar del Rey o Chamartín.

Dejando a un lado la superficie edificada, sobre la que volveremos más tarde, esta imagen nos resulta asimismo de enorme interés para la cartografía de los espacios verdes en la ciudad. Gracias a la inclusión de la banda 4 (infrarrojo cercano), aparecen bien contrastadas todas aquellas superficies con cubierta ajardinada, ya sean especies herbáceas o forestales. Cabe señalar la clara presencia del parque del Retiro, Parque del Oeste, Parque de la Emperatriz María de Austria, Campo del Moro, Fuente del Berro y Parque Roma, entre otros. De su distribución se desprende la ausencia de espacios verdes en las áreas centrales, y la localización periférica de la mayor parte de las zonas de esparcimiento, incluyendo la Casa de Campo en el límite occidental de la ciudad.

Dentro de los espacios verdes, pueden también incluirse algunas superficies deportivas, como sería el caso del Hipódromo de la Zarzuela, de los estadios Santiago Bernabéu, Vallehermoso, Orcasitas y Vicente Calderón, o de las pistas de golf del Real Club Puerta de Hierro y Club de Campo, que suponen uno de los espacios verdes más extensos del conjunto de la imagen, ocupando un amplio sector del cuadrante noroccidental. También de importante extensión son los espacios verdes pertenecientes al Canal de Isabel II, en las inmediaciones de Cuatro Caminos, y algunas instalaciones de la ciudad universitaria.

Si analizamos con más detalle algún sector de esta imagen global, podemos ampliar en variedad e intensidad los aspectos que pueden ser detectados sobre imágenes TM. En el caso de la zona centro, pueden ejemplificarse con bastante detalle dos de las aplicaciones antes citadas: estu-

dio de los sectores de desarrollo histórico en la ciudad y de los espacios verdes.

Análisis del crecimiento histórico

Ateniéndonos al primer punto, la imagen resulta particularmente expresiva, puesto que nos ofrece los tres sectores más destacados en el crecimiento histórico de la urbe.

En primer lugar, observamos la presencia de un espacio central, definido por su alta densidad de edificación (tonos azul metálico a grises), y por la ausencia de espacios verdes y de grandes viales internos. Se trata del núcleo más antiguo de la ciudad, bien delimitado por las huellas del trazado de la cerca que construyera Felipe IV. Resulta interesante observar, cómo se marca el perímetro de esta superficie con bastante nitidez, gracias a un anillo interior de rondas, reflejo de la antigua cerca. Las puertas originales de acceso a la ciudad se conservan en forma de plazas o espacios abiertos, de donde parte las principales vías que atraviesan el sector. En la imagen sólo son éstas apreciables, ya que el resto presenta dimensiones muy reducidas. Ejemplo de estos ejes interiores son las calles de Alcalá-Mayor, Gran Vía-Princesa y —en menos medida— Atocha, Toledo y Fuencarral.

Respecto a los límites exteriores, pueden seguirse con bastante claridad en la imagen, puesto que se identifican con el anillo exterior de rondas: Bailén, Ronda de Toledo y de Atocha (en el sur); Paseo del Prado-Recoletos (en el este), y Génova, Sagasta, Carranza, Alberto Aguilera (en el norte), para cerrarse en el Palacio Real, bien reconocible en la imagen por su color blanco.

El segundo sector morfológico corresponde al ensanche planificado —aunque no realizado— por Carlos María de Castro. Su trazado es geométrico, octogonal, con ejes de comunicación más anchos y mejor definidos y, por tanto, con una menor densidad de edificación y algunos testimonios de espacios verdes. Estas características se presentan con más claridad en el sector más nororiental —entre la Castellana y los «bulevaros»—, mientras en otras zonas se produce una mayor adaptación al plano primitivo. En el citado sector, más genuino, del Ensanche, se presentan también sus viales más destacados, caso de Serrano, Velázquez, Príncipe de Vergara, y Narváez-Conde de Peñalver, cortados en ángulo recto por ejes secundarios, peor continuados al oeste de la Castellana: Diego de León, Juan Bravo, Goya, O'Donnell. La única «anomalía» geométrica en este esquema se presenta en la calle de Alcalá, que corta en diagonal esa dirección dominante, gracias, muy probablemente, a su preeminencia dentro del núcleo central anterior al Ensanche.

Al norte y sur del Madrid Central, ya no resulta tan clara —siempre refiriéndonos a la imagen— esa disposición geométrica. Los ejes más des-

tacados ya no presentan la misma orientación norte-sur, mientras intentan acoplarse a los caminos de acceso al núcleo interior. Ese sería el caso de Almagro-Miguel Angel, San Bernardo-Bravo Murillo o Princesa.

También se refleja en la imagen, el carácter inconcluso del Ensanche, pues se individualizan algunos sectores no adaptados a la disposición regular que lo caracteriza. El ejemplo más claro es el del sur de la ciudad, entre las Rondas y el Manzanares, que presenta un trazado viario más caótico y frecuente aparición de áreas industriales o de almacenaje (tonos azulclaro-blanco).

Una vez transpasadas las rondas, también conocidas por «bulevares»: Doctor Esquerdo, Francisco Silvela, Joaquín Costa, Raimundo Fernández Villaverde, Reina Victoria, San Francisco de Sales; entramos en el tercer sector de desarrollo histórico. Corresponde éste a la expansión urbana de posguerra, una vez que Madrid inicia su gran crecimiento industrial, residencial y comercial. En la imagen aparecen sólo algunas superficies correspondientes a esta expansión posbélica, pero sirven de ejemplo para caracterizar gran parte de los barrios periféricos de la ciudad. Los barrios de la Guindalera, de la Fuente del Berro, de Vallehermoso o de Carabanchel, se distinguen aquí con nitidez. Sus características más sobresalientes son: ausencia de trazado geométrico; densidad intermedia de edificación, con mayor presencia de espacios abiertos y espacios verdes, y carencia de vías de comunicación internas, dominando los ejes exteriores de acceso: Alcalá, Avenida de América, Santa María de la Cabeza, Puerta de Hierro, etc. En definitiva, se corresponden con áreas de expansión más o menos espontánea, al margen de una organización global de la ciudad.

Localización de espacios verdes

Culminando este comentario morfológico, podemos hacer algunas apreciaciones sobre otro aspecto de gran interés en los estudios urbanos: la presencia de espacios verdes. Gracias a tratarse de una imagen estival, resulta bastante clara la localización de todas las zonas verdes, puesto que, en este momento del año, es máximo el contraste que presentan frente a otras superficies vegetales no sometidas a riego.

En este sector central, se aprecian con toda nitidez los principales parques y jardines, así como áreas deportivas o de esparcimiento. No sólo podemos localizar con claridad el Parque del Retiro —con algunas de sus instalaciones interiores, como el estanque o el paseo de coches—, sino también, y lo que es más importante, valorar el papel que desempeña en la organización de la ciudad. El Retiro aparece en la imagen como un elemento de primera magnitud, por su tamaño y localización, en la estructura urbana de Madrid, el Parque del Oeste y la Casa de Campo, aparecen más bien como áreas de esparcimiento marginal, pese a su indudable valor para la ciudad, en virtud de su localización periférica.



FOTO 1. *Imagen del sensor Thematic Mapper sobre la ciudad de Madrid (2-8-84).*

¿Qué otros espacios verdes destacan en la zona centro? Por encima de los mapas más al uso, que habitualmente incluyen como espacios verdes, áreas poco o mal ajardinadas, en esta imagen se presentan con nitidez todas las superficies donde la cubierta de herbáceas o caducifolias tiene verdadera importancia. Este es el caso, en la zona norte, de las instalaciones de la Ciudad Universitaria (especialmente los campos de rugby próximos a la ETSI Agrónomos, el Paraninfo y las inmediaciones del Museo de Arte Contemporáneo), del estadio Vallehermoso, instalaciones del Canal de Isabel II, Plaza de España y Cuartel del Conde Duque, Parque Eva Duarte de Perón, Fuente del Berro y Parque Roma. En el centro de la imagen se localizan, además del Retiro y Parque del Oeste, el Campo del Moro, Jardín Botánico y Casa de Campo, especialmente en las inmediaciones del Lago, en donde también se sitúan viveros ornamentales. En el Sur, es notable la menor presencia de espacios ajardinados, ya que sólo pueden destacarse como zonas verdes el entorno al estadio Vicente Calderón, Parque de la Arganzuela y Parque de San Isidro, todos ellos de menor importancia que los situados en anteriores sectores. En conclusión, parece notorio que una imagen TM en infrarrojo color, nos proporciona una visión certera de los espacios vegetales en el seno de la ciudad.

Intento de diferenciación residencial

El último aspecto que hemos querido aquí analizar, también en referencia al medio urbano, es la posible aplicación de estas imágenes a la diferenciación de unidades residenciales. En otras palabras, se pretende contrastar si, con el único apoyo de un estudio visual, se pueden delimitar sobre las imágenes TM áreas de distinta calidad residencial. Este intento necesariamente ha de apoyarse en los elementos visuales de la escena: tonalidad, que indica mayor o menor densidad de edificación (tonos azules), o presencia de espacios verdes (rojo-magenta), y textura, relacionada más bien con la estructura del viario. Con estos dos elementos, intentaremos realizar un pequeño ensayo de diferenciación morfológica sobre la misma imagen que venimos comentando.

La fotografía número 2 nos proporciona un buen instrumento para este cometido. Recoge la franja septentrional de la ciudad, si bien nos centraremos aquí únicamente en un sector más reducido, comprendido entre la Plaza de Castilla y el Estadio Santiago Bernabeu, por citar puntos bien claros en la imagen.

En esta zona, aparecen con bastante nitidez dos ejes de desarrollo urbano hacia el norte: la calle Bravo Murillo y el Paseo de la Castellana, más oriental que la anterior. Ambas convergen en la Plaza de Castilla; por su orientación y trazado, parecería lógico pensar que se trata de ejes que han desarrollado una similar morfología urbana, pero nada más lejos de la realidad. En la imagen puede apreciarse cómo el eje de Bravo

Murillo ha dado lugar a un entramado denso, casi amontonado, sin ejes subsidiarios de importancia, ni espacios verdes. Así, desde la plaza de Cuatro Caminos no son perceptibles en la imagen vías perpendiculares a esta calle, excepción hecha de Marqués de Viana y de un sector de Francos Rodríguez.



FOTO 2. *Imagen TM sobre la zona norte de Madrid. Ejes de Bravo Murillo y Castellana. (Magnificación local).*

Por el contrario, la Castellana, y sus ejes accesorios, denotan un trazado más regular y menos denso, con una mayor anchura del viario, y presencia de espacios verdes. Son muy claros en la imagen las calles de General Perón, Concha Espina, General Yagüe y Sor Angela de la Cruz-Alberto Alcocer, todos ellos perpendiculares a la Castellana.

A ambos lados de este paseo aparecen pixels en tonos azul blanquecino, como consecuencia de áreas de baja densidad de edificación, ya sea por la presencia de organismos oficiales, ya por grandes sedes privadas.

En cuanto a los espacios verdes, no se perciben en la imagen conjuntos uniformes, a excepción hecha del estadio Santiago Bernabeu y del Parque de Berlín, si bien éste ya se aleja bastante de nuestra zona de atención. Más que estos espacios colectivos, se denuncia en la imagen una edificación ajardinada, puesto que los tonos magenta se salpican abundantemente en el interior del entramado urbano. Esto, como decimos, parece consecuencia inmediata de una edificación alternante con pequeños jardines y/o especies ornamentales, que definen bien la estructura residencial de barrios como el Viso, Hispanoamérica o Nueva España.

Todos estos comentarios, basados únicamente en la visualización de la imagen, parecen confirmarse en los trabajos de campo. La fuerte contraposición entre el distrito de Tetuán y el de Chamartín, es tal vez uno de los fenómenos más interesantes en la dinámica urbana madrileña. Su explicación resulta, no obstante, bastante clara: mientras la calle Bravo Murillo fue testigo del establecimiento de barrios populares, ya desde inicios de siglo, el eje de la Castellana se utiliza en los años 50 en un intento de dotar a Madrid de una entrada norte, moderna y monumental. Esta es la razón, por la que, en apenas un kilómetro, se recogen contrastes tan destacados en la morfología urbana, consecuencia evidente de la distinta funcionalidad y nivel socio-económico entre estos dos importantes ejes de desarrollo urbano.

Si el contraste funcional es claro entre estas dos calles, resulta aún mucho más patente si comparamos el sector norte con el sur de la ciudad. La foto 3, recoge una visión de esta zona meridional, destacando la presencia de espacios fabriles o de baja densidad, junto a zonas urbanas muy densas, con notable escasez de viales de comunicación y de espacios verdes. El núcleo primitivo del barrio de Vallecas se incluye con claridad en este sector aglomerado, mientras las áreas fabriles o de almacenaje aparecen a lo largo del segundo cinturón urbano (futura M-40). Las instalaciones del nuevo mercado de Frutas y Verduras (Merca-Madrid), se delimitan en la imagen con toda claridad.

Conclusiones

El ensayo que aquí se comenta, es más una presentación que un resultado final. Parece claro que hemos de seguir trabajando en esta línea,



FOTO 3. Imagen TM sobre la zona sur de Madrid. El área comprende desde la carretera de Valencia (N-III) hasta Merca-Madrid, bien diferenciado en el borde inferior de la imagen. (Magnificación local).

especialmente en lo que atañe al tratamiento digital de las imágenes. No obstante, y aún dentro del análisis visual, convendrá estudiar otras combinaciones de bandas que puedan manifestarnos fenómenos urbanos de interés, —caso de estudios de contaminación o dinámica urbana—.

Pese a todo lo dicho, parece que la conclusión más importante de nuestro trabajo es demostrar cómo estas imágenes pueden aportar al estudio urbano nuevos e interesantes elementos, que complementen al tradicional uso de la fotografía aérea y a los insustituibles trabajos de campo. Especialmente la visión global de las ciudades, y la información sobre regiones no visibles del espectro, se apuntan aquí como principales virtudes.

BIBLIOGRAFÍA

- ATKINSON, P., et al. (1985). «Improving Thematic Mapper Land Cover classification using filtered data», *International Journal of Remote Sensing*, vol. 6(6), pp. 955-961.
- BOZET, J., et al. (1978). «Visual interpretation and classification of Landsat data applied to the study of urban structures in Western Europe», *Proc. Intern. Symp. on Remote Sensing for Observation and Inventory of Earth Resources and the Endangered Environment*, Freiburg, pp. 885-902.
- BRUIJN, C. A. (1978). «Delineating urban areas from Landsat Images using digital processing: A comparison with grid-based photo-interpretation», *Proc. International Symposium on Remote Sensing for Observation and Inventory of Earth Resources and the Endangered Environment*, Freiburg, pp. 903-916.
- CARTER, P., et al. (1976). «The use of Landsat imagery for the automated recognition of Urban development», Collins y Van Genderen: *Land Use by Remote Sensing*, Reading, pp. 54-80.
- CARTER, P., y STOW, B. (1979): «Clean-up of digital Thematic Maps of Urban growth extracted from Landsat imagery», en Allan y Harris (eds.): *Remote Sensing and National Mapping*, Reading, pp. 27-40.
- CHUVIECO, E. (1985). *Aplicaciones del tratamiento digital de imágenes Landsat a la cartografía de ocupación del suelo*, Madrid, Tesis Doctoral, Facultad de Geografía e Historia de la Univ. Complutense (en prensa).
- COLWEL, R. N. (ed.) (1983). *Manual of Remote Sensing*, 2nd ed. Falls Church, American Society of Photogrammetry, 2 vols.
- CURRAN, P. J. (1985). *Principles of remote sensing*, London, Longman.
- DIETRICH, D. L. y LACHOWSKI, H. M. (1978). «Identification and delineation of urbanized areas using Landsat data», *Proc. 12th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Ann Arbor, pp. 1083-90.
- HENDERSON, R. M. (1983): «A comparison of SAR brightness levels and urban land cover classes», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 49(11), pp. 1585-91.
- IISAKA, J., y HEGEDUS, E. (1982). «Population estimation from Landsat imagery», *Remote Sensing of Environment*, vol. 12 (4), pp. 259-72.
- JENSEN, J. R. (1979): «Spectral and textural features to classify effusive land cover an the urban fringe», *Professional Geographer*, 31 (4), pp. 400-409.

- JENSEN, J. R., y TOLL, D. L. (1982). «Detecting residential landuse development at the urban fringe», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 48 (4), pp. 629-43.
- OGROSKY, C. E. (1975). «Population estimation from satellite imagery», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 41, pp. 707-12.
- ORMSBY, J. (1982). «The use of Landsat-3 thermal data to help differentiate land covers», *Remote-Sensing of Environment*, vol. 12 (2), pp. 97-105.
- OWE, M. y ORSMBY, J. (1984): «Improved classification of small scale urban watersheds using Thematic Mapper simulator data», *International Journal of Remote Sensing*, vol. 5 (5), pp. 761-770.
- SHORT, N. M. (1982). *The Landsat tutorial Workbook: Basics of satellite remote sensing*, Washington, D.C., NASA.
- TOWNSHEN, J. R.G., et al. (1983). «Preliminary analysis of Landsat-4 Thematic Mapper products», *International Journal of Remote Sensing*, vol. 4 (4), pp. 817-28.
- WELCH, R. (1980). «Monitoring urban population and energy utilization from satellite data», *Remote Sensing of Environment*, vol. 9 (1), pp. 1-9.