

UNA APROXIMACIÓN AL CRECIMIENTO DE ÁREAS URBANAS A TRAVÉS DE FOTOGRAFIA AÉREA Y DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. LA CIUDAD DE TERRASSA COMO CASO DE ESTUDIO

MARÍA ESTER NASARRE VÁZQUEZ* y ANNA BADIA PERPINYÀ**

Recibido: 1-11-06. Aceptado: 15-01-07. BIBLID [0210-5462 (2006-2); 39: 185-201].

PALABRAS CLAVE: Fotografía aérea, Sistemas de Información Geográfica, análisis espacio temporal, morfología urbana, planificación urbana.

KEY WORDS: Aerial photograph, Geographical Information Systems, spatial analysis, urban morphology, urban planning.

MOTS-CLEFS: Photographie aérienne, Systèmes d'Information Géographique, analyse espace temporaire, morphologie urbaine, planification urbaine

RESUMEN

El presente artículo analiza el crecimiento físico y la dinámica de expansión del tejido urbano de Terrassa entre la segunda mitad del siglo XX y el primer quinquenio del siglo XXI, por medio del tratamiento e interpretación de fotografía aérea en un Sistema de Información Geográfica. A lo largo de sus páginas se enfatiza en las propiedades intrínsecas a la fotografía aérea y se justifica su uso en el análisis de la morfología y del paisaje urbano. Asimismo, se muestra cómo la tecnología SIG dispone de un conjunto de funciones de geoproceto que permiten al usuario extraer y analizar, desde una perspectiva espacio-temporal, la información geográfica contenida en la fotografía aérea. La información obtenida se convierte así en una herramienta muy valiosa en el análisis de la morfología de una ciudad, un análisis que a nuestro entender puede aportar nuevos datos de partida para cualquier propósito de planificación urbana.

ABSTRACT

This paper analyzes the physical growth of Terrassa between the second half of the 20th century and the beginning of the 21st century, through the management and interpretation of aerial photograph in a Geographical Information System. Along its pages we focus on the properties and justify the use of aerial photograph in the analysis of the urban landscape and morphology. Moreover, it is showed how GIS technology has geoprocess functions that are useful for analysing the geographic information contained in aerial photograph from a spatial-time perspective. GIS becomes a tool that can be applied at the analysis of a city's morphology, an analysis that can provide new data for any project of urban planning.

* Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona. Mariaester.Nasarre@uab.es

** Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona. Anna.Badia@uab.cat

RÉSUMÉ

Le present article indique la croissance physique et la dynamique d'expansion du tissu urbain du Terrassa entre la seconde moitié du siècle XX et le premier quinquennat du siècle XXI, à partir du traitement et interprétation de la photographie aérienne dans un Système d'Information Géographique. Sur ces pages ce soulignent les propriétés intrinsèques de la photographie aérienne et ce justifie son utilisation dans l'analyse de la morphologie et du paysage urbain. De même, on montré comment la technologie SIG dispose d'un ensemble de fonctions de geoprocés qui permettent à la utilisation, extraction et analyse, dans une perspective spacio-temporelle, l'information géographique contenue dans la photographie aérienne. L'information obtenue se transforme ainsi un outil très précieux dans l'analyse de la morphologie d'une ville, une analyse qui à notre avis peut apporter de nouvelles données de départ pour tout but de planification urbaine.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de revisión del planeamiento municipal que han iniciado muchas ciudades en Catalunya durante la última década del siglo XX y el debate contemporáneo entorno a los modelos «opuestos» de urbanización «compacta y dispersa» hacen particularmente interesantes aquellos estudios vinculados al análisis de la morfología o forma de las ciudades, que intentan reconstruir, explicar y cuantificar el crecimiento físico que han experimentado las áreas urbanas a partir de la segunda mitad del siglo XX. Estos estudios pueden ayudar a documentar, alimentar y enriquecer la discusión desencadenada entorno la emergencia de nuevas pautas de ocupación «extensiva» del territorio, y por otro lado, constituir el punto de partida para cualquier propuesta de ordenación urbana a nivel municipal, ya que son susceptibles de aportar datos objetivos sobre: a) las dinámicas, procesos y actores que estimulan la expansión de los tejidos urbanos; b) la forma como se materializa el crecimiento físico de las ciudades; c) el ritmo con el que se produce la ocupación, artificialización y desaparición de aquel suelo agrícola distante o adyacente a las tramas urbanas construidas o edificadas; d) la dinámica natural de extensión futura de ciudades y áreas urbanas.

Partiendo de dicha premisa, el presente artículo se aproxima al análisis del crecimiento urbano de Terrassa entre la segunda mitad del siglo XX y el primer quinquenio del siglo XXI, con el fin de conseguir dos objetivos: caracterizar y cuantificar la dinámica de expansión, así como establecer una cronología de formación de los diferentes barrios que integran hoy en día el plano o trama urbana de dicha ciudad. Para ello parte del tratamiento e interpretación de fotografía aérea, así como del análisis espacio temporal de las nuevas capas de información generadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

El contenido de este artículo se estructura en cinco apartados. El primero de ellos constituye una aproximación teórica a la fotografía aérea y a los Sistemas de Información Geográfica, donde se justifica el uso de este documento cartográfico y de estas herramientas informáticas en el análisis de la morfología urbana. En el segundo apartado

se explican las causas que justifican la elección de Terrassa como ámbito de estudio, como ciudad en la que es particularmente interesante profundizar en las dinámicas de crecimiento de su trama urbana y de comprensión del espacio urbano heredado del pasado. En el tercer apartado se explica el marco temporal de la investigación y se especifica la fotografía aérea que ha sido seleccionada para reconstruir el crecimiento físico de Terrassa entre mediados del siglo XX y principios del siglo XXI. El cuarto apartado contiene las diferentes fases de trabajo que han estado vinculadas con el tratamiento de fotografía aérea en el programa de aplicación SIG MiraMon (PONS, X. 2004), con el objetivo de elaborar diferentes capas de información vectorial que visualicen cómo era el plano de Terrassa para diferentes años. En el quinto apartado, se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en el sexto y último apartado se muestra cómo a pesar de su larga historia, los estudios de morfología urbana vinculados a la reconstrucción del crecimiento físico de ciudades pueden convertirse hoy en día en fuentes de información y de provisión de datos para la planificación y ordenación urbanística a escala municipal.

2. MORFOLOGÍA URBANA, FOTOGRAFÍA AÉREA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El análisis de la evolución y de la configuración del plano de una ciudad es un tema clásico dentro de la disciplina geográfica, y de la Geografía Urbana en particular, enmarcándose dentro de los estudios de morfología urbana, desarrollados desde finales del siglo XIX. De acuerdo con Vilagrassa, uno de los máximos exponentes de la Geografía Urbana a nivel de Catalunya y de España, la identidad de los estudios de morfología urbana viene definida por su interés «en la forma urbana y los procesos y personas que la construyen» (VILAGRASA, J. 1991, 3), convirtiéndose así en estudios que intentan «comprender las causas sociales que fomentan los cambios -o las permanencias- del plano, de la edificación y de la propia imagen urbana entendida como paisaje global» (VILAGRASA, J. 1991, 14).

La fotografía aérea es una de las principales fuentes de información utilizadas hoy en día para reconstruir las dinámicas de crecimiento y de transformación interna de las áreas urbanas. Un uso que responde básicamente a dos razones. Lejos de mostrar una realidad territorial interpretada y simplificada, la fotografía aérea, como fotografía que se realiza desde un avión sobre un ámbito o fragmento de territorio, nos muestra de la forma más objetiva posible todos y cada uno de los componentes del paisaje, sus cualidades y sus interrelaciones particulares (RAISZ, E. 1974; FERNÁNDEZ, F. 2000). Por otro lado, la realización de vuelos fotográficos con una cobertura territorial no homogénea, pero con una cierta regularidad en el tiempo, desde mediados de la década de 1940, permite disponer hoy en día de un conjunto de imágenes relativas a un mismo ámbito territorial, que se convierten en la base para poder hacer un seguimiento y constatar así los cambios que cualquier ciudad ha experimentado (FERNÁNDEZ, F. 2000).

«[...] en la fotografía aérea se puede reconocer prácticamente casi toda su “historia urbana”, haciendo así una “lectura hacia atrás” a partir de las formas observables en las imágenes más antiguas y siguiendo, de otro, a través de las fotos, el proceso de evolución más reciente, incluida la aparición de áreas urbanas y metropolitanas» (FERNÁNDEZ, F. 2000, 184).

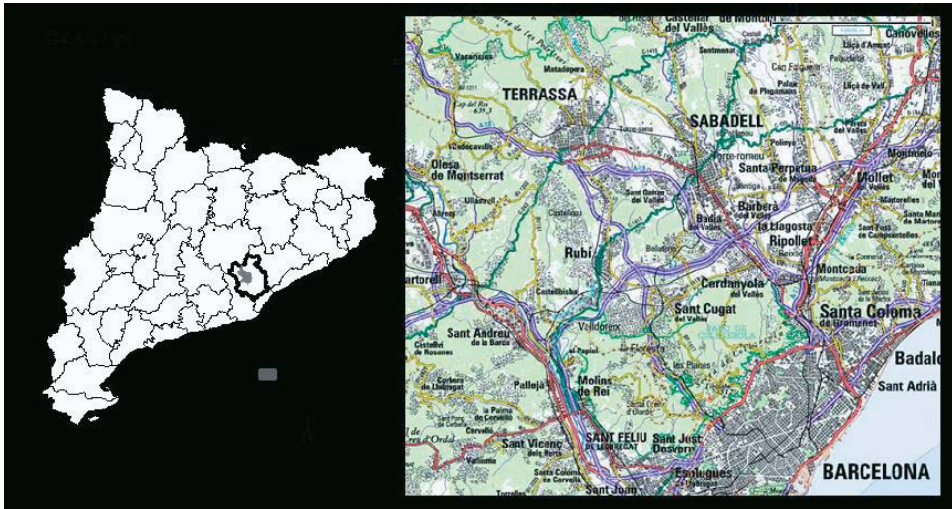
El desarrollo y la generalización de los SIG, durante la segunda mitad del siglo XX, ha contribuido a aumentar la condición de la fotografía aérea como fuente de datos para el análisis de la morfología urbana. Más allá de su condición de herramientas informáticas, la tecnología SIG dispone de funciones de geoproceso que permiten manipular, extraer y analizar la información geográfica implícita en la fotografía aérea. El simple análisis visual y manual de un fotograma, con vistas a comprender las interrelaciones que se establecen entre los componentes del paisaje urbano, pierde sentido frente a la posibilidad que ofrecen los SIG de analizar la información geográfica desde una perspectiva espacio-temporal. Cualquier fenómeno geográfico, como es el caso del crecimiento o extensión de las áreas urbanas, puede ser abordado a través de un SIG poniendo énfasis en la dimensión espacial y/o temporal de este fenómeno.

3. LA CIUDAD DE TERRASSA COMO ÁMBITO DE ESTUDIO

El interés mostrado por el estudio retrospectivo del plano de Terrassa, más que de cualquier otra polaridad del ámbito metropolitano de Barcelona, responde a las características inherentes y a la particular relación que se ha establecido históricamente en esta ciudad entre su dimensión geográfica, política y económica.

Tal como se muestra en el mapa 1, Terrassa es una localidad que se encuentra ubicada en la comarca del Vallès Occidental, entidad territorial que como su nombre evoca se extiende sobre la Depressió del Vallès-Penedès, planicie encajada entre los flancos de las Serralades Prelitoral y Litoral, dos unidades orográficas con gran valor ecológico y paisajístico, que forman parte de la Serralada Prelitoral. Dentro del marco geográfico de esta comarca, el núcleo urbano de Terrassa se configuró y se ha extendido sobre aquella plana situada al sur del actual Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. Por esta planicie discurren, encajados entre sus sedimentos cuaternarios, un importante número de torrentes y rieras pertenecientes a las cuencas de los ríos Llobregat y Ripoll, que nacen a partir de los 400 metros de altura en aquellas montañas que configuran el límite septentrional del municipio. La mayoría de aquellos cursos de agua intermitentes que se convirtieron, a partir del siglo XIX, en importantes barreras naturales para la expansión física de Terrassa fueron superados, en el transcurso del siglo XX, a través de obras de canalización, urbanización o de construcción de puentes. Configurándose en un primer momento, como factores determinantes en el diseño de la trama urbana, discontinuidades inservibles y olvidadas, torrentes y rieras pasan a ser considerados hoy en día espacios de valor añadido para la ciudad, espacios que pueden contribuir al bienestar y a las necesidades de ocio de la ciudadanía.

Mapa I. Localización del área de estudio



FUENTE: Elaboración propia.

Por lo que respecta a la historia económica de Terrassa es importante destacar que esta ciudad se convirtió, a finales del siglo XIX, en una de las principales ciudades vinculadas a la industria textil en España, especialización económica que perduró durante la mayor parte del siglo XX, asentada en una estructura de grandes fábricas, vapores y almacenes industriales. La ciudad ha experimentado un proceso de terciarización de su base económica desde principios de la década de 1980, que no sólo se ha visto favorecido por la continua decadencia experimentada por la industria textil desde la segunda mitad de la década de 1970, sino también por la voluntad de desarrollar y acentuar el perfil de Terrassa como ciudad universitaria y audiovisual.

Mientras que la actividad industrial ha contribuido directa e indirectamente a la expansión física de Terrassa, a través del asentamiento de sus estructuras y de su absorción paulatina por el crecimiento residencial inducido por su demanda de mano de obra, las actividades de servicios, además de contribuir e inducir a la urbanización de nuevos sectores, se han convertido en protagonistas de un proceso de reurbanización, de transformación, rejuvenecimiento y desdensificación de aquel espacio interior de Terrassa heredado de la etapa industrial.

El planeamiento urbanístico diseñado para Terrassa entre finales del siglo XIX y 1983, año en que el Ayuntamiento nacido de las elecciones democráticas de 1979 aprobó el *Pla General d'Ordenació Urbana de Terrassa*, se ha caracterizado por la falta de aplicación de sus directrices, ofuscadas por los intereses económicos de una minoría dirigente: la burguesía, que ocupaba los más altos cargos

dentro del gobierno local. Si bien a mediados de la década de 1910 surgieron voces en contra de una planificación tecnicista y funcional, que aclamaban convertir Terrassa en la primera ciudad jardín de Catalunya, los diferentes planes de urbanismo aprobados a partir de 1919, no lograron detener un crecimiento urbano anárquico y extensivo que fue menguando aquellas zonas boscosas y de carácter agrícola que rodeaban la ciudad.

Estos tres parámetros, emplazamiento, actividades económicas y planificación urbana, junto con aquellos agentes que han contribuido en cada momento a la producción de espacio urbano a nivel local, son a nuestro entender, aspectos esenciales para poder comprender la dinámica de crecimiento y de configuración del plano de cualquier área urbana.

4. LA RECONSTRUCCIÓN DEL CRECIMIENTO FÍSICO DE TERRASSA. HORIZONTE TEMPORAL Y DATOS DE PARTIDA.

La dimensión temporal de esta investigación ha sido concretada después de un proceso de búsqueda y documentación de fotografía aérea disponible actualmente sobre Terrassa, bajo la forma de fotografía aérea convencional y fotografía aérea corregida geométricamente (ortofotos). Esta búsqueda se ha ceñido básicamente a tres instituciones públicas: el Ajuntament de Terrassa, el Institut Cartogràfic de Catalunya y la Cartoteca de la Universitat Autònoma de Barcelona. Por otro lado, ha permitido constatar que la oferta de fotografía aérea que existe hoy en día sobre Terrassa es amplia pero discontinua e irregular en el tiempo. El primer vuelo fotográfico que se realizó sobre esta ciudad se remonta al año 1956 y se corresponde con la Serie B del vuelo a escala nacional efectuado por el servicio fotográfico del Ejército de los Estados Unidos entre este año y 1957. Terrassa no fue fotografiada de nuevo hasta bien entrada la década de 1960. Después de los vuelos fotográficos correspondientes a los años 1965 y 1967, 1972 supone el punto de partida de una serie de vuelos realizados cada uno o dos años, que se han extendido hasta los años 2003-2004.

Además de que existen años para los cuales no se dispone de fotografía aérea, cabe tener presente que las imágenes fotográficas disponibles sobre Terrassa presentan escalas muy dispares, comprendidas entre 1:2.000 y 1:70.000, así como diferencias en su cobertura territorial. Existen vuelos fotográficos que abarcan todo el municipio, otros que cubren únicamente una parte del municipio, que puede incluir o no el núcleo urbano, y finalmente vuelos que se han realizado para cartografiar única y exclusivamente el suelo urbano.

Partiendo de la oferta existente de fotografía aérea, el horizonte temporal que se ha fijado como marco para reconstruir, caracterizar y cuantificar el crecimiento urbano experimentado por Terrassa se corresponde con el período 1956-2004. Como se puede apreciar, estos años coinciden con las primeras imágenes fotográficas disponibles para Terrassa a lo largo del siglo XX y con aquellas fotografías aéreas más actuales, que muestran la realidad urbana de Terrassa a principios del siglo XXI.

Nuestra aproximación al crecimiento urbanístico de Terrassa entre los años 1956-2004 parte de la fragmentación de este período en dos etapas, una anterior y otra posterior a la aprobación del Pla General d'Ordenació Urbana de 1983. El punto de ruptura que se establece así en el análisis espacio-temporal de la formación del plano de Terrassa durante el período 1956-2004 responde a la voluntad de conocer y comparar las dinámicas de crecimiento de la ciudad antes y después de la aprobación de este documento de planeamiento. Un documento que fue percibido por el gobierno local, surgido de la reinstauración de la democracia, como el antídoto para reordenar y socializar la ciudad heredada, mitigada por diferentes riadas durante las décadas de 1960 y 1970. Un documento que se sitúa en el origen de la consolidación de nuevos espacios productivos y residenciales y de una gran transformación urbanística de la ciudad, que ha llevado a la desaparición de una parte importante de las imprentas arquitectónicas que reflejan su pasado industrial.

Cartografiar el crecimiento físico de Terrassa a lo largo de estos dos períodos sucesivos, importantes a nuestro parecer en la historia y trayectoria urbanística local, ha supuesto añadir una nueva fuente de datos a la investigación: fotografía aérea relativa al año 1984. La elección de este material, y no de imágenes fotográficas correspondientes al año 1983, deriva de la no realización de vuelos fotográficos sobre Terrassa entre abril de 1982 y 1984.

Como se puede apreciar en la tabla 1, el conjunto de vuelos seleccionados para reconstruir la evolución urbanística de Terrassa cubren el conjunto del término municipal y presentan escalas comprendidas entre 1:5.000 y 1:32.000. Partiendo de los postulados de Raisz, el hecho que estas escalas no superen el umbral de 1:40.000 contribuye a facilitar la identificación de objetos cartográficos contenidos en la fotografía aérea, tal como casas y otra clase de elementos con dimensiones similares (RAISZ, E. 1974). Si bien es cierto que la escala de la fotografía aérea seleccionada ha contribuido a agilizar su lectura y fotointerpretación, no se debe olvidar el tiempo que se ha destinado previamente a la digitalización, así como a la corrección de las deformaciones geométricas inherentes al gran número de fotogramas que recubrían el término municipal de Terrassa.

Cuadro 1. *Datos de partida para la reconstrucción de la evolución urbanística de Terrassa*

<i>Fotografía aérea</i>	<i>Año de referencia</i>	<i>Escala</i>	<i>Cobertura territorial</i>	<i>Formato</i>	<i>Procedencia</i>
Fotogramas	1956	1:32.000	Municipio	Analógico	Cartoteca UAB
Fotogramas	1984	1:30.000	Municipio	Analógico	Cartoteca UAB
Hojas de Ortofoto	2003-2004	1:5.000	Municipio	Digital	Institut Cartogràfic de Catalunya

FUENTE: Elaboración propia.

5. FASES IMPLÍCITAS EN EL TRATAMIENTO DE FOTOGRAFÍA AÉREA

5.1. *Digitalización, captura y entrada de datos*

La fotografía aérea utilizada en esta investigación se ha recopilado bajo dos formas y formatos diferentes. La fotografía aérea correspondiente a los años 1956 y 1984 está compuesta por fotogramas en formato analógico. La fotografía aérea relativa al año 2004 se corresponde con hojas de ortofoto (fotografía aérea corregida geométricamente) en formato digital. El hecho de disponer de fotogramas en formato analógico y de imágenes en formato digital ha introducido diferencias en el proceso de captura y tratamiento de datos en un SIG, dando lugar así a la emergencia de dos procedimientos o métodos diferentes de trabajo.

La información que se introduce en un SIG viene definida por su condición de información geográfica en formato digital. Este hecho ha requerido escanear y transformar a soporte digital los fotogramas procedentes de la cartografía analógica. La digitalización de estos fotogramas se ha realizado con vistas a que la imagen resultante conservara las cualidades geométricas y el volumen de información del fotograma en soporte fotográfico. En este sentido, todas las imágenes han sido escaneadas a una resolución que permitiera obtener una imagen digital compuesta por píxeles de tamaño igual o inferior a 0.2 milímetros. Este valor se considera el máximo error gráfico que pueden presentar aquellos documentos cartográficos «analógicos» donde la precisión en la localización de los objetos geográficos es un factor importante (Monteagudo, J. 2001). Partiendo de este nivel de error, en un documento cartográfico a escala 1:50.000 se espera un nivel de precisión igual o superior a 10 metros en la localización de elementos como la hidrografía, el poblamiento o la red de comunicaciones, todos ellos elementos constitutivos de la planimetría (Institut Cartogràfic de Catalunya, 1993).

Los fotogramas correspondientes a los años 1956 y 1984 se han digitalizado a una resolución de 800 y 600 *dpi* respectivamente. En uno y en otro caso, se ha obtenido una imagen digital en formato raster con extensión JPEG, compuesta por una malla de píxeles, no excesivamente grande y fácilmente manejable en el programa de aplicación SIG MiraMon.

Debido a su naturaleza de información geográfica en soporte digital no ha sido necesario escanear las hojas de ortofoto que muestran el municipio de Terrassa para el año 2004. No obstante, se ha procedido a convertir este conjunto de ficheros en formato MrSid a un formato apto para trabajar con el programa MiraMon (IMG 24 bits). En este tipo de ficheros, la intensidad de rojo, verde y azul que define el color de cada píxel se almacenan en tres archivos diferentes. Por otro lado, aquellas fotografías en blanco y negro escaneadas y disponibles en formato JPEG, se han convertido a formato IMG.¹

1. El formato IMG es el formato de ficheros raster propio del programa Miramon, que se acompaña de un archivo de documentación con extensión rel.

5.2. La corrección geométrica de fotografías aéreas

Una vez realizada la captura y entrada de datos se ha procedido a corregir las deformaciones geométricas que presentan los fotogramas que integran los vuelos fotográficos de 1956 y 1984. Este paso no ha sido necesario en el caso de las hojas de ortofoto relativas al año 2004, ya que nos encontramos frente fotografía aérea vertical que ha sido corregida desde un punto de vista geométrico.

Como han señalado muchos autores, las distorsiones geométricas adyacentes a la fotografía aérea convencional no sólo derivan de la curvatura y relieve de la tierra, sino también de la visión en perspectiva cónica que obtiene la cámara con la cual se fotografía un ámbito de la superficie terrestre. A causa de esta visión, aquellos puntos más elevados de la superficie terrestre, que quedan al mismo tiempo alejados respecto del centro o punto principal de la fotografía, tienden a aparecer desplazados respecto de su posición original. Este desplazamiento, que se produce en dirección hacia los márgenes de la fotografía, tiende a ser mayor o menor en función de la altura a la cual vuela el avión en el momento de tomar la imagen. Por otro lado, se convierte en un factor a tener presente en el momento de determinar la escala de un fotograma. A diferencia de las ortofotos y ortofotomapas, la escala de una fotografía aérea no es constante, ya que es posible obtener escalas diferentes en función de los puntos que son seleccionados para efectuar dicho cálculo (ROBINSON, A.H. 1987).

La corrección geométrica de fotografías aéreas, a través del software MiraMon, se realiza a través del programa *CorrGeom*. Este programa procede a eliminar las deformaciones geométricas inherentes a la fotografía aérea a través del método *ajuste mediante ecuaciones de colinearidad*² y tomando en consideración el relieve de la superficie terrestre a través de un Modelo Digital de Elevaciones. Además, aquellas imágenes que son corregidas geométricamente a través del programa *CorrGeom* pasan a ser imágenes ajustadas a un nuevo sistema de proyección y de referencia cartográficos. Es el caso de la proyección Universal Transversal de Mercator y del sistema de referencia UTM-31N-UB/ICC³ (PONS, X. 2004). Una vez efectuado el proceso de corrección geométrica, los elementos de la superficie terrestre cartografiados en cada fotografía aérea pasan a ser proyectados sobre un plano utilizando como proyección de base la proyección cilíndrica Universal Transversa de Mercator. Las coordenadas arbitrarias del sistema de referencia de origen, equivalentes a un número de fila y de columna, son transformadas a coordenadas métricas relativas al sistema de referencia UTM.

2. El método "Ajuste mediante ecuaciones de colinearidad" parte de una serie de parámetros relativos al vuelo fotográfico para proceder a la corrección geométrica de la fotografía aérea. Es el caso de la posición, de la actitud de la cámara o sensor, de la distancia focal y de las coordenadas del punto central de la imagen. En el caso de conocer y detallar todos estos parámetros, una imagen es corregida sin tener presente los puntos de control (PONS, X. 2004).

3. Proyección UTM en el huso 31 del Hemisferio Norte con datum europeo ED50 sobre el elipsoide de Hayford documentada con los parámetros ajustados por UB/ICC.

Para poder llevar a cabo el proceso de corrección geométrica de los fotogramas correspondientes a los años 1956 y 1984 se ha tenido que identificar y colocar previamente, sobre cada uno de ellos, un conjunto de puntos para los cuales se conoce la equivalencia de las coordenadas arbitrarias del sistema de referencia inicial, fila-columna, en coordenadas del sistema de referencia de destino, UTM. La identificación de estos puntos, que se conocen normalmente bajo el nombre de *puntos de control sobre el terreno*, se ha apoyado en el uso de aquella fuente de información primaria en formato digital. Las diferentes hojas de ortofoto referentes a los años 2003-2004 han sido previamente mosaicadas, obteniéndose una imagen que abarca prácticamente todo el término municipal de Terrassa. Este documento se ha visualizado de forma paralela al fotograma a georreferenciar y se ha procedido a identificar y localizar sobre cada uno de ellos un total de 15 puntos de control.

En el momento de colocar puntos de control sobre cada fotograma se ha intentado que estuvieran distribuidos uniformemente sobre todo el ámbito o superficie de la imagen y que coincidieran con objetos geográficos no susceptibles de experimentar cambios en el tiempo. Es el caso de intersecciones de carreteras, de caminos y de edificios privados de gran altura.

Los diferentes puntos de control que el *programa CorrGeom* utiliza para llevar a cabo la corrección geométrica de una fotografía aérea cumplen finalidades diferentes. Mientras que aquellos puntos considerados como *puntos de ajuste* sirven para calcular las funciones de transformación o ajustar las ecuaciones de corrección (CHUVIECO, E. 1990; PONS, X. 2004), los *puntos de test* permiten que el programa estime «el grado de precisión», «el nivel de error» o la «fiabilidad estadística» del proceso de corrección y de ajuste de la geometría de una fotografía aérea.

El nivel de error correspondiente al proceso de corrección geométrica de un fotograma, viene definido por la mediana cuadrática del *Rout Mean Square* (RMS). Esta medida estadística muestra el desplazamiento en metros que presentan las coordenadas UTM que se han asignado a cada punto de control, respecto de la ubicación que las ecuaciones de corrección estiman que debe tener esta coordenada, si la imagen es adaptada a este nuevo sistema de referencia. El estadístico del RMS calcula el error en x e y inherente a cada punto de control, y el promedio de desplazamiento que afecta al conjunto de *puntos de ajuste* y *de test* de la muestra, siendo este último valor el que determina, en última instancia, la nulidad o validez del proceso de corrección geométrica.

Para poder generar una ortofoto se ha establecido como necesario que el promedio de desplazamiento que afectara al conjunto de aquellos puntos de control, considerados como *puntos de test*, no superara los 0.2 milímetros a la escala del mapa. Una vez finalizado el proceso de corrección geométrica, los fotogramas correspondientes a los años 1956 y 1984 han podido ser mosaicados. Fruto de esta operación se han obtenido dos documentos cuya extensión se corresponde con el mosaico elaborado para el año 2004 y que incluyen en su interior el núcleo urbano de Terrassa y las zonas urbanizadas que se sitúan a su alrededor.

5.3. Fotointerpretación y digitalización en pantalla

Nuestro intento de profundizar en el crecimiento físico y en el proceso de configuración de la trama urbana de Terrassa durante los períodos 1956-1984 y 1984-2004 parte de un análisis de carácter estático. Este análisis se articula alrededor de la visualización de los diferentes mosaicos elaborados sobre el término municipal de Terrassa, correspondientes a los años 1956, 1984 y 2004, y de la digitalización sobre la pantalla del ordenador del perímetro relativo a dos grandes categorías de suelo: *suelo urbanizado o con indicios de urbanización* y *suelo urbano consolidado*.

La concreción de estas dos categorías de suelo se ha establecido después de consultar aquellos estudios, publicados a partir de mediados de la década de 1990, que tratan de cuantificar y aportar datos sobre los procesos de ocupación y de urbanización de suelo en el ámbito de la Región Metropolitana de Barcelona. Entre estos estudios de carácter *morfogenético* se han seleccionado como referentes para esta investigación, por su complejidad teórica, metodológica y cartográfica, aquellos realizados por académicos del *Departament d'Urbanisme i d'Ordenació del Territori de la Universitat Politècnica de Catalunya*, en colaboración con técnicos de la *Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Es el caso de *La construcció del territori metropolità. Morfogènesi de la regió urbana de Barcelona* (FONT, A. *et al.*, 1999) y *Transformacions urbanitzadores 1977-2000. Àrea metropolitana i regió urbana de Barcelona* (FONT A. *et al.*, 2005).

En el caso de estas dos obras, sus autores supeditan toda dinámica de ocupación, de consumo de suelo agrícola y de producción de paisaje urbano a dos procesos: la urbanización y la edificación. El proceso de urbanización precede normalmente a la edificación y se compone de dos etapas: la preurbanización, «que comprèn, com a mínim, l'obertura dels carrers sense pavimentar amb l'abastament d'aigua i electricitat»; y la urbanización completa, «que arriba fins a la totalitat de serveis i condicions constructives dels carrers» (CARRERAS, J. M. 2002, pág. 29). La ocupación y consumo de suelo agrícola no se inicia con la construcción de edificios. Cualquier territorio rural pasa a tener connotaciones urbanas cuando es preurbanizado y contiene un mínimo de servicios para la ciudadanía (CARRERAS, J. M. 2005).

A pesar que el proceso de digitalización es un proceso mecánico, no se debe olvidar que se sustenta en la definición de unas directrices previas, que actúen como pautas a seguir en el proceso de digitalización. A grandes rasgos, estas directrices suelen estar referidas a los elementos que definen el trazado de las líneas, la dimensión de la superficie mínima de digitalización y el nivel de detalle y de generalización cartográfica que debe contener el mapa final. En el marco de esta investigación, algunos de estos criterios se han definido antes de comenzar a digitalizar la superficie urbanizada y potencialmente urbanizable de Terrassa en el año 1956. Otros, sin embargo, se han ido perfilando a medida que avanzábamos en el proceso de digitalización.

La digitalización del límite del núcleo urbano consolidado y de las posibles islas de urbanización existentes en cada momento a su alrededor ha partido del seguimiento del continuo edificado. Las líneas que representan límite de suelo urbano consolidado coinciden normalmente con el límite exterior de calles o vías de comunicación adyacentes a

fachadas de edificación continua. Solo en caso de encontramos frente edificaciones que limitan con suelo agrícola, las líneas que delimitan suelo urbano consolidado han sido trazadas tomando como referencia el contorno de la edificación. Dentro de la superficie urbanizada se ha tratado de excluir, por medio de su digitalización e individualización, el Torrente de Vallparadís, así como aquellos cursos de agua que como la Riera del Palau y la Riera de les Arenes atraviesan de norte a sur la trama urbana.

La voluntad de determinar la cronología de formación de las diferentes partes del plano de Terrassa nos ha llevado a digitalizar, sobre los fotogramas correspondientes a los años 1956 y 1984, el contorno de aquellos edificios de carácter residencial y productivo, que a pesar de no superar los 400 y 640 m² respectivamente, aparecían diseminados alrededor del núcleo urbano de Terrassa. Este valor, que representa la superficie mínima de digitalización y refleja el nivel de detalle que contendrá cada una de las capas de información vectorial diseñadas para cada uno de estos tres años, se ha establecido en base a la superficie mínima de digitalización de 500 m² que establece el Centre de Recerca i Aplicacions Forestals en la elaboración del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya, a escala 1:3.000 (primera edición). Concretamente, este documento se elabora a partir de la fotointerpretación de ortofotos a escala 1:25.000.

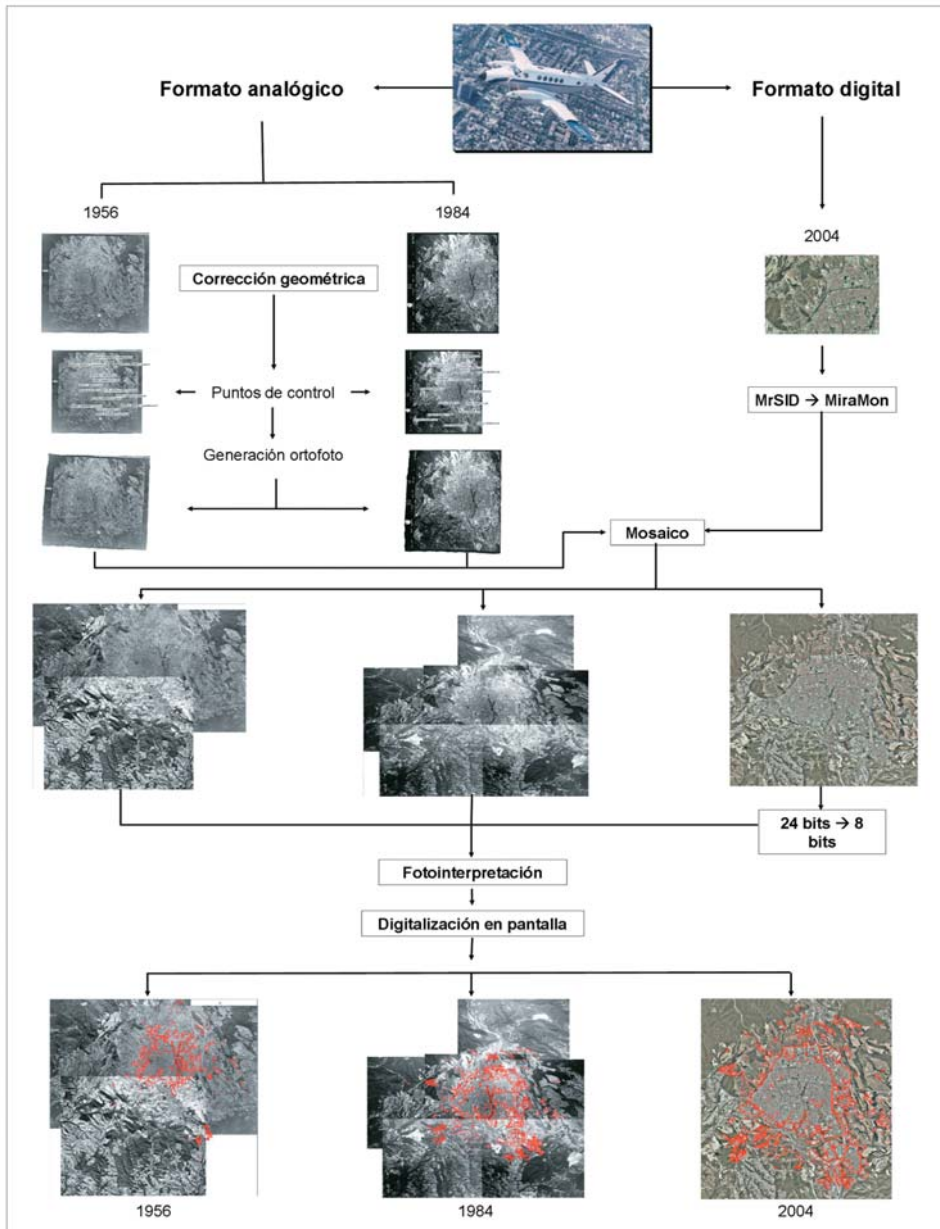
La digitalización de aquel suelo urbanizado o con indicios de urbanización se ha llevado normalmente a cabo después de finalizar con la digitalización del suelo edificado. Este suelo ha sido objeto de un trato diferente en función de su localización dentro o fuera de los espacios urbanos consolidados. En el primer caso, se ha tomado el límite de parcela como elemento definidor del trazado de las líneas que delimitan suelo afectado por diferentes estadios de urbanización. Asimismo, se ha intentado dar un trato independiente a aquellas parcelas que a pesar de ser contiguas, estaban separadas por vía pública. Aquellas porciones de suelo potencialmente urbano situadas fuera de la trama urbana se han digitalizado tomando como referencia el límite exterior de calle, siempre y cuando coincidieran con zonas dónde se había procedido a la apertura y urbanización de nuevas vías de comunicación, «salpicadas» normalmente por edificios de carácter residencial y productivo.

La fotointerpretación y digitalización sobre la pantalla del ordenador del perímetro relativo al suelo urbanizado o con indicios de urbanización y al suelo urbano consolidado, se ha apoyado en todo momento en el uso de la técnica tradicional de fotointerpretación de los fotogramas en soporte de papel a través del uso de un estereoscopio. En la figura 1 se muestran las diferentes capas de información vectorial que se han obtenido a partir de la combinación de estas dos técnicas, y se reproduce de forma esquemática el conjunto de fases previas vinculadas con el tratamiento de fotografía aérea en el programa SIG MiraMon.

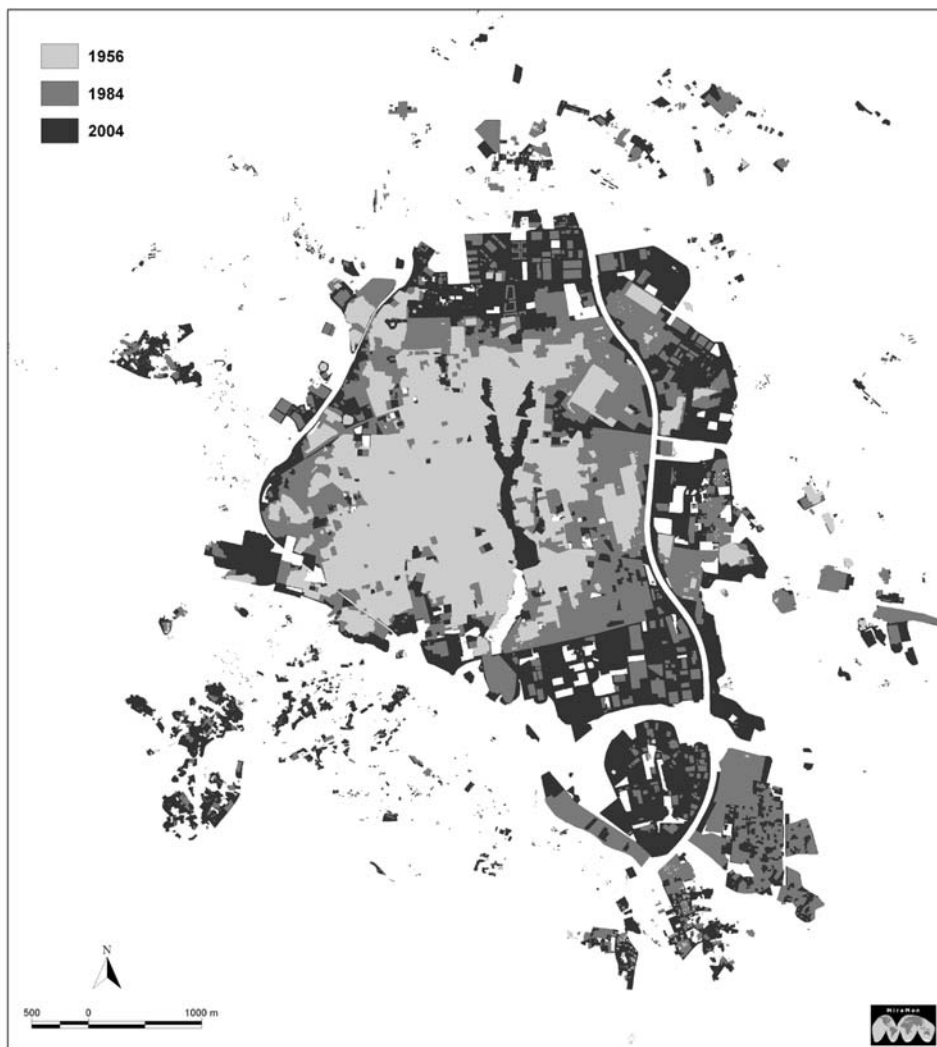
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez diseñadas las diferentes capas de información vectoriales que muestran la fisonomía urbana de Terrassa para los años 1956, 1984 y 2004, se ha creído conveniente analizarlas de forma individual, como paso previo para proceder posteriormente a su superposición o combinación analítica.

Figura 1. *Proceso de captura y tratamiento de datos procedentes de la fotografía aérea*



FUENTE: Elaboración propia.

Mapa 2. *Crecimiento urbano de Terrassa entre 1956 y 2004*

FUENTE: Elaboración propia.

El análisis personalizado de las capas de información generadas ha permitido cuantificar la superficie urbana de Terrassa para los años 1956, 1984 y 2004, así como conocer la evolución de la superficie correspondiente al suelo urbano consolidado y urbanizado o con indicios de urbanización entre estos tres años. Llevando a cabo el

segundo proceso, se ha obtenido un mapa que muestra el proceso de extensión de la trama urbana de Terrassa a lo largo de estos tres períodos, así como la dinámica de sustitución de unos usos por otros (mapa 2). A pesar de su validez, la interpretación de ambos documentos no está exenta de problemas, en la medida que se debe tener presente: la heterogeneidad en el error RMS obtenido en el proceso de corrección geométrica de fotografía aérea; el desajuste de las hojas en la elaboración de los diferentes mosaicos, así como las diferentes escalas relativas a las fotografías aéreas originales.

El material cartográfico elaborado apunta hacia las siguientes consideraciones. La *historia urbana reciente* de Terrassa se caracteriza por una dinámica de extensión de la ciudad sobre el territorio rural que conforma el resto de su término municipal, que alcanza los 70,10 km².

A mediados de la década de 1950, Terrassa alcanzaba la cifra aproximada de 75.000 habitantes y presentaba una extensión de 5.75 km², de la cual el 85% podía equipararse a suelo construido o edificado. En él se podía identificar la ciudad preindustrial, formada entre los siglos XV y XVIII, así como los ensanches propios del siglo XIX, desarrollados en pleno proceso de industrialización textil de la ciudad. Estos ensanches se vertebraron alrededor del *Torrent de Vallparadís*, la *Riera del Palau*, la *Carretera de Montcada*, y la línea de ferrocarril que unía Barcelona con Zaragoza.

El Torrent de Vallparadís constituía, en el año 1956, un accidente geográfico que establecía el límite entre una *Terrassa occidental*, caracterizada por la compacidad y el continuo de la edificación, pero envuelta por toda una serie de nuevos asentamientos urbanos en crecimiento, y una *Terrassa oriental*, formada únicamente por islas de urbanización. Dentro de la ciudad compacta se podían identificar la totalidad o bien parte de los actuales barrios de l'Antic Poble de Sant Pere, Ca N'Aurell, Centre, Pere Parres, Sant Pere, Sant Pere Nord, Segle XX, La Cogullada y el Roc Blanc. A su alrededor se disponían toda una serie de barrios en proceso de formación, correspondientes a La Maurina, el Poble Nou y Can Boada Casc Antic. Al este del Torrent de Vallparadís, las islas de urbanización que conformaban el plano de Terrassa dejaban entrever la emergencia de barrios como Les Arenes-La Grípiá-Can Montllor, Ca N'Anglada, Can Palet, Cementiri Vell, Egara, Les Fonts, Montserrat, Plaça Catalunya-Escola Industrial, Vallparadís, Torressana y Sant Llorenç.

En la base del nacimiento de este conjunto de barrios se encuentran, a nuestro entender, la dinámica de crecimiento de la industria textil y de diversificación de la estructura industrial que se registró en Terrassa durante la primera mitad del siglo XX, favorecida principalmente por acontecimientos bélicos, nacionales e internacionales. El auge de la industria tarraicense traería consigo un espectacular crecimiento demográfico, derivado de la llegada de población inmigrante a la ciudad, procedente de comunidades autónomas como Valencia, Aragón, Castilla y Andalucía, que propició que la ciudad pasara de 22.679 a 74.449 habitantes entre los años 1910 y 1955.

Entre los años 1956 y 1984, la trama urbana de Terrassa pasó a tener una superficie de 14.11 km², aumentando un total de 8.36 km² respecto al primer año considerado. Esta cifra esconde la urbanización y la edificación de 2,84 y de 5.51 km², respectivamente. Sólo un total de 58 hectáreas que ostentaban la categoría de suelo urbanizado o con indicios de urbanización en 1956, pasaron a ser suelo urbano consolidado en el año 1984. Hecho que

Cuadro 2. *Evolución de los usos del suelo 1956-2004 (m²)*

	1956	1984	2004
Superficie urbana de Terrassa (m ²)	5.752.266	14.114.189	18.986.222
Suelo urbanizado o con indicios de urbanizac.	838.738	3.687.602	1.834.444
Suelo urbano consolidado	4.913.528	10.426.587	17.151.778
Torrente de Vallparadís	411.530	316.690	0

FUENTE: Elaboración propia.

supone que la ciudad creció básicamente, durante este período, bajo la ocupación de suelo agrícola, situado en los límites norte y sur de la trama urbana consolidada.

El crecimiento urbano que experimentó Terrassa entre los años 1956 y 1984 también tiene como referente factores demográficos y económicos, sin olvidar aquellos referentes a la ordenación y planificación urbanística. La inmigración recibida durante las décadas de 1960 y de 1970, bajo el estímulo de la demanda de mano de obra en la industria textil, se sitúa en la base de la consolidación de aquellos barrios periféricos emergentes a mediados de la década de 1950, así como de la aparición de nuevos barrios como Can Jofresa, Can Tusell, Can Palet de Vista Alegre, Can Parellada, Guadalhorce-Guadiana-Guadalquivir Pla de Bon Aire y Vilardell. Durante este período comenzaron a materializarse en Terrassa un total de cinco polígonos industriales (proyectados por el planeamiento) que albergaran empresas previamente localizadas en el centro urbano y muchas industrias procedentes del municipio de Barcelona, afectado por un incipiente proceso de descentralización productiva (SERRA A. y MONTAÑA, P. 1992). Es el caso de los polígonos industriales Can Parellada, Can Petit, Els Bellots, Santa Eulàlia y Santa Margarida.

A principios del siglo XXI, Terrassa era una ciudad de 18,98 km². El 90% de la superficie urbana de Terrassa estaba ocupada por suelo construido o edificado. Sobre esta última cifra, 3,1 km² habían ostentado 20 años antes la categoría de suelo urbanizado o con indicios de urbanización, situándose en barrios céntricos y en márgenes de la ciudad construida. Durante el período 1984-2004, Terrassa había continuado con su dinámica de expansión de su tejido urbano, pero a un ritmo menor que el acaecido durante el período 1956-1984. El mayor dinamismo de la ciudad se manifestaba en el interior de la trama urbana consolidada, debido a las directrices de equipamiento, de regeneración y de mejora de la imagen de la ciudad implícitas en el Plan General de Ordenación Urbana de 1983.

7. CONCLUSIÓN

Tal como se ha mostrado a lo largo de este artículo, los estudios de morfología urbana son susceptibles de aportar información sobre la forma como se produce el crecimiento, los procesos que estimulan y los agentes que intervienen en la producción de ciudad.

Enfocados desde una perspectiva histórica, dichos estudios permiten comprender la morfología actual de muchas ciudades y pueden constituir por ello, un referente muy valioso frente a cualquier propósito de planificación urbana de carácter racional y sostenible.

La fotografía aérea y la tecnología SIG aportan un valor añadido a aquellos estudios de morfología urbana centrados en la reconstrucción del crecimiento físico de ciudades o áreas urbanas singulares. Mientras que la fotografía aérea permite constatar la interrelación que se ha establecido a lo largo del tiempo entre los componentes del paisaje, los SIG aportan capacidad para extraer y analizar desde una perspectiva espacio-temporal la información geográfica implícita en este documento cartográfico. La elaboración de cartografía a través de la integración de fotografía aérea en un SIG es el resultado de un proceso metódico, que debe superar la mayoría de veces la complejidad inherente a la fase de corrección geométrica y georreferenciación de fotografía aérea en formato analógico. No obstante, la generación de nuevas capas de información geográfica a partir de la interpretación de imágenes fotográficas es necesaria para poder llevar a cabo un análisis espacio-temporal a través de un SIG, que aporte datos para poder explicar la formación del plano de una ciudad desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, sin caer en la mera identificación de partes de la trama formadas durante períodos temporales concretos.

BIBLIOGRAFÍA

- CARRERAS, J. M. (2002) La redistribució de la ciutat al territori de la Regió Metropolitana de Barcelona. *Papers. Regió Metropolitana de Barcelona*, 36, págs. 25-48.
- CHUVIECO, E. (1990) *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, Rialp.
- FERNÁNDEZ, F. (2000) *Introducción a la fotointerpretación*. Barcelona, Ariel.
- FONT, A., LLOP, C. y VILANOVA, J. M. (1999) *La construcció del territori metropolità. Morfogènesi de la regió urbana de Barcelona*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis.
- FONT, A. et al. (2005) *Transformacions urbanitzadores 1977-2000. Àrea metropolitana i regió urbana de Barcelona*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA (1993) *Cartografia topogràfica. Mapa comarcal de Catalunya*. Barcelona, Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- MONTEAGUDO, J. (2001) «Tipología del documento cartográfico», en JIMÉNEZ, J.; MONTEAGUDO, J. (Eds.) *La documentación cartográfica. Tratamiento, gestión y uso*. Huelva, Universidad de Huelva, Servicio de Publicaciones, págs. 117-180.
- PONS, X. (2004) *MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de Teledetecció*. Bellaterra, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREA.
- RAISZ, E. (1974) *Cartografía General*. Barcelona, Omega.
- ROBINSON, A. H. (1987) *Elementos de Cartografía*. Barcelona: Omega.
- SERRA, A. y MONTAÑA, P. (1992): «La construcció d'una gran ciutat industrial: 1878-1992», en SOLÉ, M. (coord.): *Terrassa: 100 anys teixint ciutat*. Terrassa, Ajuntament de Terrassa, págs. 139-172.
- VILAGRASA, J. (1991) El estudio de la morfología urbana: una aproximación. *Geocrítica*, 92, págs. 7-43.