

IMAGENES Y TECNICAS CARTOGRAFICAS EN EL PLANEAMIENTO

Francis Fourneau

Contiene este texto un resumen claro y sintético de la utilidad de la fotografía aérea en el planeamiento, tanto en el caso de la fotografía vertical como de la fotografía oblicua o de la fotografía de satélite. Las ventajas e inconvenientes de cada una para los distintos tipos de intervención sobre el territorio, así como las escalas más adecuadas en cada caso, componen la primera parte de la exposición.

En una segunda parte, se abordan ejemplos de aplicación de la fotointerpretación en diferentes tipos de actuación sobre el territorio: cambios en el uso agrario del suelo, protección del espacio litoral, reconstrucción de antiguos tejidos urbanos en áreas centrales, etc.

Cartographic Representations and Techniques and their Usefulness in Planning

The paper embodies a clear and synthetizing overview of the usefulness of aerial photography in planning, be it vertical, oblique or satellite. The strengths and drawbacks of these three as when applied to specific types of intervention on site are gone over as are the scales best suited to each case in point. All this makes up the first part of the study.

It then proceeds to consider examples of the using of the different types of photo-interpretation in contrasted requirement situations on site. It touches upon the relevance of changes in farming practice, the conservation of coastal zones, the reconstruction of the texture of city centres.

TIPOS DE IMAGENES Y SUS DIVERSAS UTILIZACIONES

1. Tipos de imágenes

Los mapas topográficos de principios de siglo se hacían exclusivamente a partir de los levantamientos de los cartógrafos-topógrafos recorriendo el territorio durante toda su vida.

Así se iba más o menos directamente del «ojo» al «mapa» a través de una proyección ortogonal bien definida matemáticamente.

Pero para seguir y medir la dinámica de un paisaje es indispensable tomar altura: todos conocemos la revolución que causó la fotografía aérea para la realización y puesta al día de los

numerosos documentos cartográficos que existen hoy.

Desde el espacio y según la altitud se pueden sacar tres tipos de imágenes de los paisajes terrestres:

— Los más conocidos son *las fotos aéreas verticales* tomadas desde un avión volando a una altitud fija (1.500-2.000 m) con cámaras sofisticadas. Se presentan sobre papel fotográfico generalmente en blanco y negro de unos 20 cm (vuelo «Americano» de 1956 al 1/33.000, vuelo de IRYDA de 1977 al 1/18.000, varios vuelos del IGN al 1/40.000 y 1/25.000, vuelos recientes de varias comunidades autónomas al 1/25.000).

— Existen también *las fotos aéreas oblicuas a baja altitud* tomadas desde una avioneta volando entre los 200 y 600 m con cámaras corrientes. Se presentan bajo forma de diapositivas en

color (misiones aéreas de la Casa de Velázquez por ejemplo).

— Por fin, hay *las imágenes de satélites* captadas por sensores muy sofisticados desde unos satélites girando alrededor de la tierra (unos 800 km de altitud). Se suministran sobre soportes fotográficos como las fotos aéreas verticales o más usualmente sobre soportes magnéticos, que requieren para el usuario un sistema informático de tratamiento de imágenes para poder visualizarlas.

2. Ventajas e inconvenientes de cada tipo

— La fotografía aérea vertical:

- Herramienta primordial para el análisis de las transformaciones del paisaje y, por tanto, de la ordenación del territorio y de la planificación urbanística.

- Documento base para la realización de los mapas actuales al 1/25.000 tanto en Francia como en España. Se utiliza el método llamado de *restitución fotogramétrica* completado por un trabajo de fotointerpretación. El mapa es una representación simplificada e interpretada de la foto aérea vertical. A esta última le faltan los datos topográficos y numéricos, pero tiene muchas informaciones que han sido eliminadas en el mapa: parcelas, cultivos, tipos de edificios en las ciudades, etc.

- Permite un análisis temático de los paisajes tanto rurales como urbanos y también un análisis dinámico comparando fotos con fechas diferentes. Por eso se necesita una buena frecuencia de los vuelos, lo que no es fácil. En España, a nivel nacional, existen sólo dos vuelos completos del territorio (1956: vuelo americano al 1/33.000, 1977: vuelo del IRYDA al 1/18.000). Más recientemente varias comunidades autónomas han realizado bastantes vuelos parciales, pero sin ninguna coordinación. Eso plantea verdaderos problemas a la hora de analizar fenómenos de ordenación del territorio y transformaciones del paisaje a un nivel bastante amplio, o de comparar entre sí las evoluciones de las grandes ciudades. Aquí se necesitan *las imágenes de satélites*.

- Por el contrario, la foto aérea vertical puede ser inadecuada para analizar fenómenos de pequeña amplitud, pero reveladores de cambios rápidos e importantes: nuevos tipos de edificios en las fincas modernas; parcelaciones en los alrededores de las ciudades; modificaciones en el tejido urbano; renovación de los barrios antiguos y cascos urbanos, etc. Para estos fenómenos la interpretación de la foto aérea vertical resulta insuficiente y hay que llegar a escalas más finas que sólo pueden dar *las fotos aéreas oblicuas a baja altitud*.

— Las imágenes de satélites:

- Permiten abarcar amplias extensiones del territorio: se trata de escalas mucho más pequeñas y la resolución de los sensores más útiles para la observación de los fenómenos que nos interesan es de 30 m para el TM de Landsat 5 y 10 m en pancromático para el HRV de SPOT. Es decir que el objeto mínimo visible (la imagen elemental o Pixel) es de 10 m × 10 m.

- Inconvenientes: *resolución insuficiente* para trabajos a gran escala (planeamiento urbano); *el suministro lento* de las imágenes (1 mes) para el seguimiento de los fenómenos violentos y rápidos para los cuales serían muy útiles (incendios, riadas, plagas); *el coste elevado* de las imágenes (unas 200.000 pesetas para SPOT) y la necesidad de utilizar un laboratorio de *tratamiento de imágenes* para leerlas.

- Ventajas: *repetitividad de las imágenes* (16 días para TM); *visión sinóptica* de 180 km × 180 km para TM y 60 km × 60 km para SPOT para visualizar grandes fenómenos territoriales o naturales (riadas); *carácter multiespectral* de los datos que permite analizar con bastante precisión elementos complejos como los tipos de vegetación o las zonas húmedas; *carácter numérico* de los datos que permiten integrarlos en un banco de datos y proceder así a útiles comparaciones, tratamientos temáticos numerosos y finalmente cartografía automática.

— Las fotografías aéreas oblicuas a baja altitud:

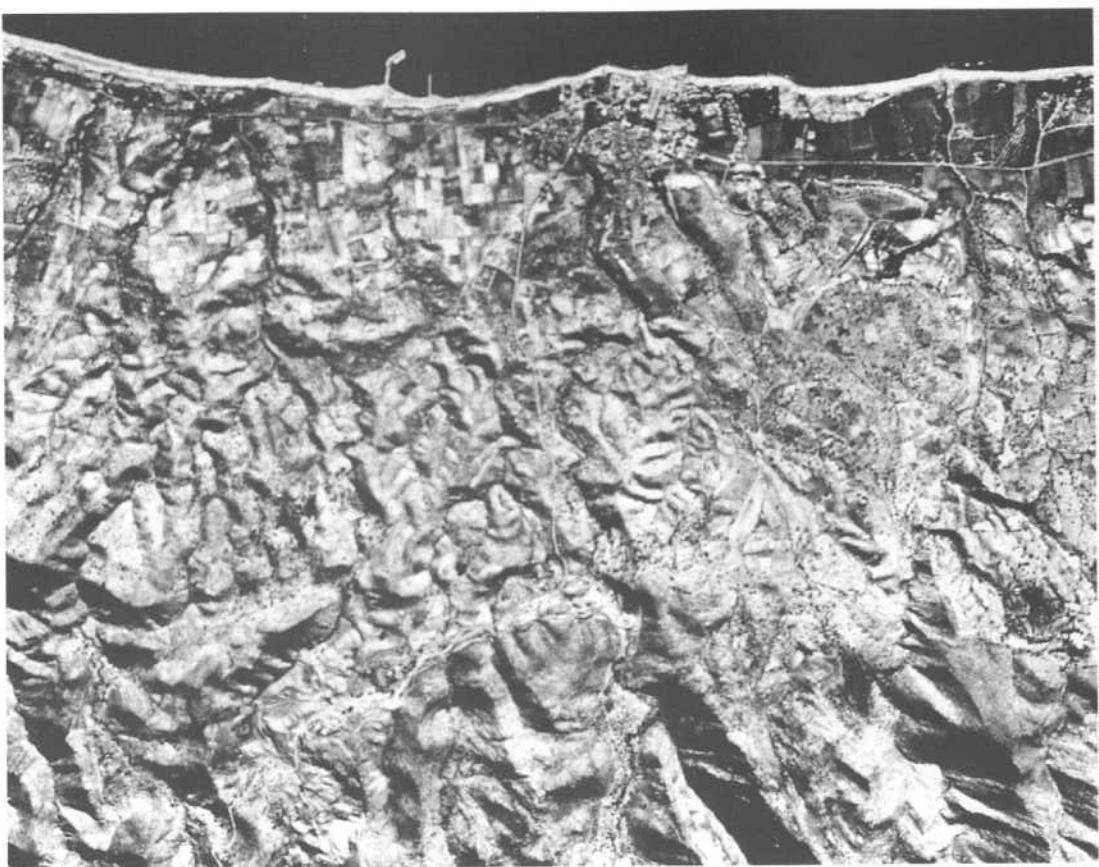
- Cambiando de nuevo de escala, devolvemos su realidad al paisaje en vez de aplastarlo. Pero la falta de verticalidad de la imagen impide (o por lo menos hace muy difícil) las tomas de medidas precisas que se pueden realizar con las fotos aéreas verticales. La complementariedad entre las diversas categorías de imágenes no tiene duda.

- La foto aérea oblicua permite entender la estructura de un paisaje rural o urbano sin dejar de enseñar los detalles de su morfología y de sus usos económicos y sociales.

- La gran ventaja de la foto aérea oblicua a baja altitud realizada a partir de una avioneta corriente es su gran flexibilidad de utilización: *horas de vuelo baratas*; *posibilidad de repetir los vuelos en varias épocas del año para medir determinantes transformaciones*; *realización de varios planos del mismo objeto en el mismo momento* por efectos de «zoom» (1).

- Pero la complementariedad entre la foto aérea vertical y la oblicua a baja altitud es fundamental como vamos a ver a través de un trabajo realizado sobre la evolución del *olivar sevillano*. Pero antes hay que recordar:

(1) *Prospections aériennes: les paysages et leur histoire*. 1983. Publications de la Casa de Velázquez; Série Recherches en Sciences Sociales, tome VII, Madrid, 200 p.).



MARBELLA: Comparación del vuelo «americano» de 1956 (escala 1:33.000) con el vuelo del IRYDA de 1977 (escala 1:18.000).





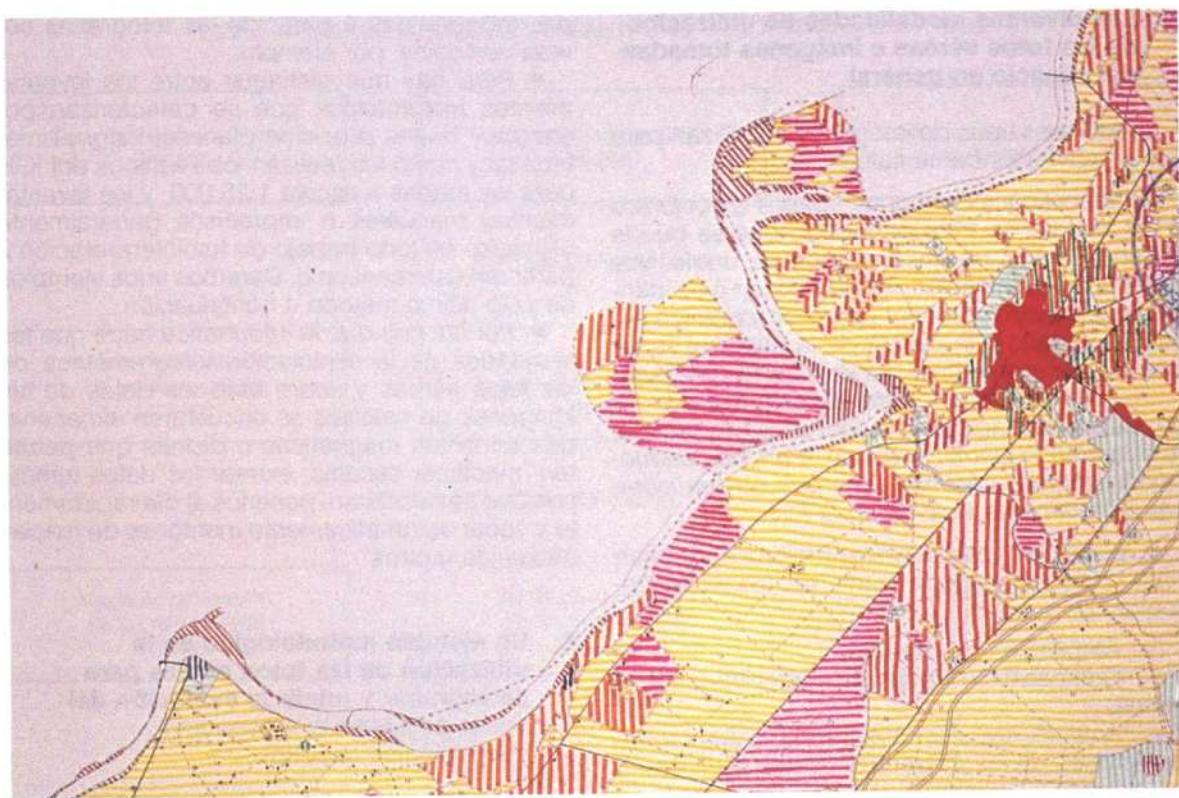
Valle del Guadalquivir: BRENES.

Situación en el año 1956.

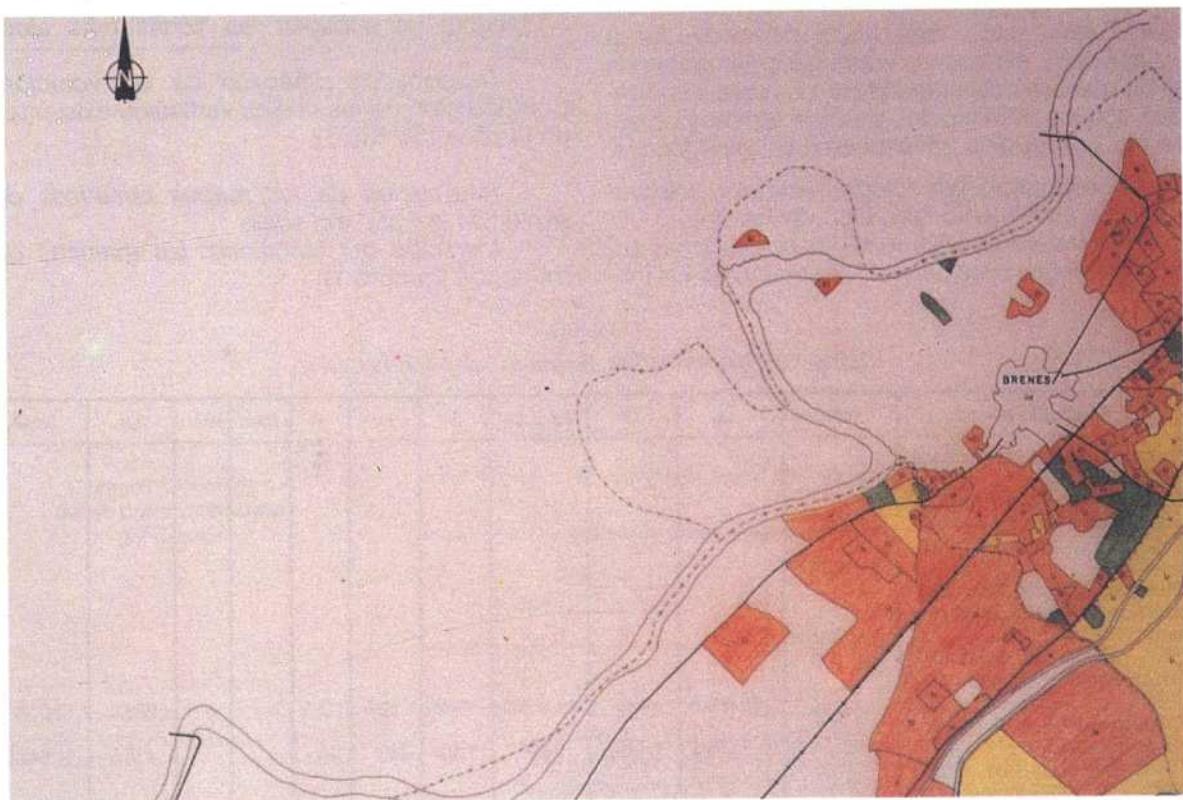
- Tierras de labor
- Olivares
- Frutales y cítricos



Situación en el año 1973.



Situación en el año 1979.



Evolución del olivar entre 1956 y 1977:

- desde 1956
- desaparecido entre 1956 y 1973
- entre 1973 y 1977

3. Las diversas modalidades de utilización de las fotos aéreas e imágenes tomadas del espacio en general

Todos esos tipos de imágenes se utilizan para tres objetivos fundamentales:

— *Identificación de unos objetos o conjuntos en el paisaje:* se trata de todo lo que se puede ver en las fotos: un olivar, un pueblo, un río, una casa, una urbanización. Se reconocen o se identifican con mayor o menor precisión y certeza según su tamaño y la escala de la foto. Así llegamos a la interpretación del paisaje fotografiado.

— *Fotointerpretación del paisaje representado: La interpretación de la foto aérea es su análisis metódico permitiendo obtener, por deducción y síntesis, informaciones que no son siempre directamente visibles en la foto.*

• Varias técnicas permiten mejorar el examen clásico de las fotos a partir de los estereoscopios:

- Ampliación de detalles.
- Comparación de fotos de diferentes emulsiones.
- Análisis con microfotómetros o células foteléctricas de los diferentes valores de los puntos blancos y negros de la foto.
- Aplicación de un filtro óptico para sacar un espectro por difracción (estructuras urbanas)...

• Todos estos métodos pueden ayudar a «clasificar», almacenar y comparar los datos en sí de manera casi automática. Los más sofisticados son los tratamientos de las imágenes de satélites por medios necesariamente informáticos.

— *levantamientos fotogramétricos y fotogrametría o tratamiento numérico de los datos:*

- Se trata del conjunto de las operaciones sucesivas necesarias para la realización de los ma-

pas topográficos a partir de las fotografías aéreas verticales, por ejemplo.

• Pero hay que distinguir entre los levantamientos matemáticos que se caracterizan por una muy buena precisión planimétrica y altimétrica tal y como los realizan los Técnicos del IGN para los mapas a escala 1/25.000, y los levantamientos manuales e imprecisos generalmente utilizados en todo trabajo de fotointerpretación a partir del estereoscopio. Daremos unos ejemplos de este último método a continuación.

• Por fin, hoy día, la informática hace que los resultados de la explotación fotogramétrica de las fotos aéreas y sobre todo los datos de las imágenes de satélites se encuentren almacenados en cintas magnéticas o diskets que permiten: modificar escalas, extraer los datos temáticos que se necesitan, ponerlos al día rápidamente y sacar automáticamente montones de mapas temáticos u otros.

4. Un ejemplo metodológico de la utilización de las fotos aéreas para cartografiar y medir la evolución del olivar sevillano (ver esquema metodológico adjunto)

— *Reconocimiento de la importancia del fenómeno:* Prospección aérea con fotos aéreas oblicuas a baja altitud (en unas horas se ve toda Andalucía: se escogen las zonas más afectadas).

— *Diagnóstico dinámico de la evolución:* Comparación de los vuelos verticales existentes en la zona (56.73.77).

— *Realización de los mapas temáticos de evolución del uso del suelo*

— *Medición del fenómeno: las matrices de transición* (cuadro 1).

CUADRO 1

ZONA TEST DE CARMONA (Matriz de transición: el Olivar)

Sustituido por	01	Ls	Lr	Lr + Ls	Ci	Fr	H	Rfeu	Rfp	Ur	Total
Olivos que se mantienen desde 1956	19.151										
Olivos que aparecen entre 1956 y 1973 y se mantienen en 1977.	2.000,5										
Olivos que aparecen entre 1973 y 1977	162,5										
Olivos presentes en 1956 desaparecidos en 1973 reaparecidos entre 1973-1977	238,5										
Olivos presentes en 1956 y 1973 desaparecidos entre 1973 y 1977		10.865,5	751	11.616,5	199	29,5	3,5			223,5	12.072
Olivos presentes en 1956 pero desaparecidos en 1973		7.959,5	1.706,5	9.666	1.601	228	14			135,5	11.644,5
Olivos aparecidos entre 1956 y 1973 y desaparecidos entre 1973 y 1977		540		540	46	11	2,5				599,5
Total.....	21.552,5	19.365	2.457,5	21.822,5	1.846	268,5	20			359	24.316

Total olivos desaparecidos: 24.316 ha = 56,7 por 100.

Total olivos aparecidos: 3.001,5 ha = 7 por 100

Total olivos presentes en 1977: 21.552,5 ha.

ESQUEMA METODOLOGICO DE LA REALIZACION DE LOS MAPAS TEMATICOS

Fotografías aéreas 1956
1/30.000

Fotografías aéreas 1973
1/25.000

Fotografías aéreas 1977
1/18.000

FOTOINTERPRETACION

Mapa de ocupación
de las tierras 1956
1/33.000

Mapa de ocupación
de las tierras 1973
1/25.000

Mapa de ocupación
de las tierras 1977
1/18.000

REDUCCION O AMPLIACION FOTOGRAFICA

Mapa de ocupación
de las tierras 1956
1/25.000

Mapa de ocupación
de las tierras 1973
1/25.000

Mapa de ocupación
de las tierras 1977
1/25.000

SUPERPOSICION FONDO CASTASTRAL 1/25.000

Mapa definitivo de ocupación
de las tierras 1956
1/25.000

Mapa definitivo de ocupación
de las tierras 1973
1/25.000

Mapa definitivo de ocupación
de las tierras 1977
1/25.000

SUPERPOSICION Y COMPARACION

TEMA I
Olivar

TEMA II
Tierras de labor

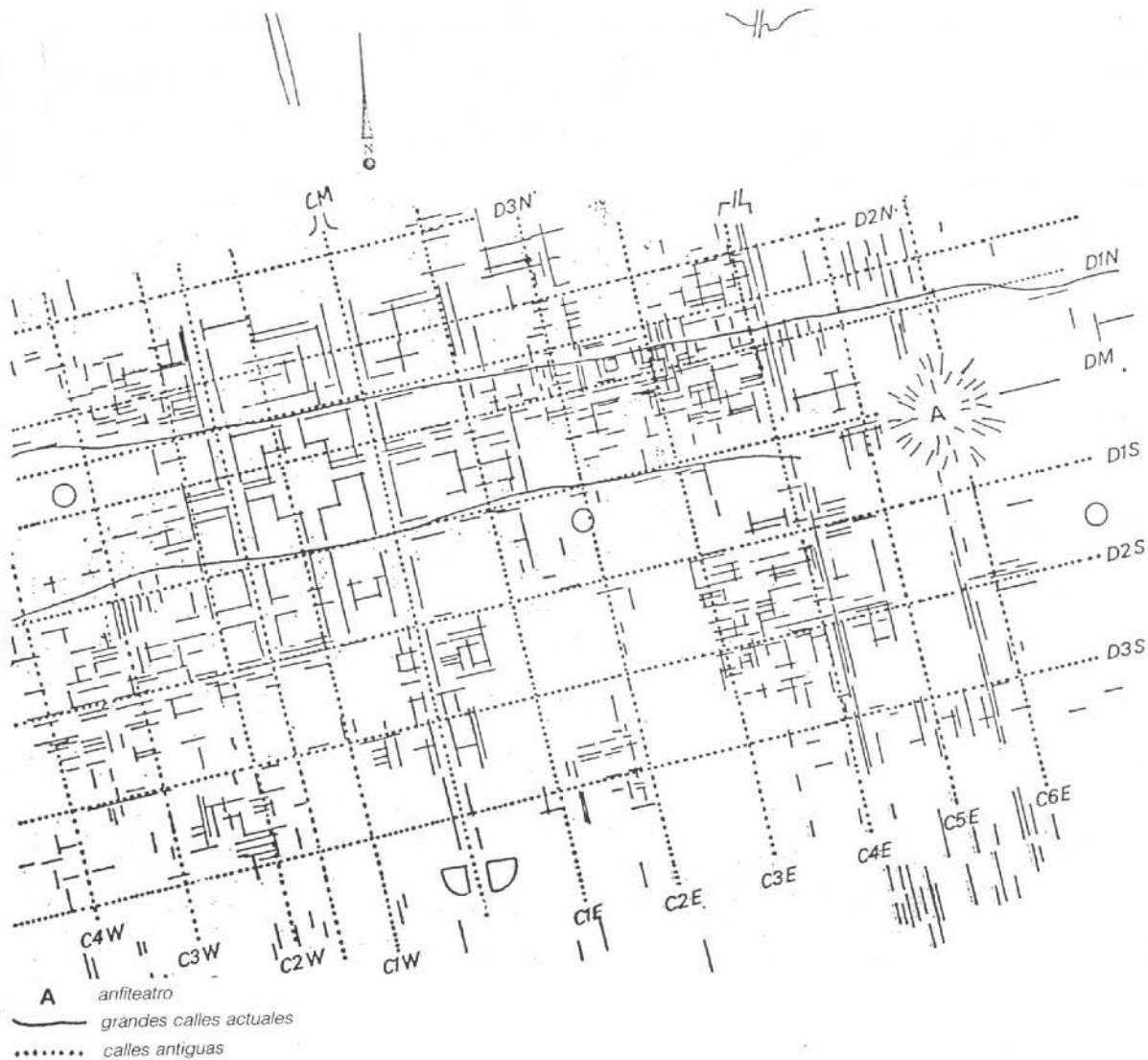
TEMA III
Citricos y frutales

TEMA IV
Hábitat y vías
de comunicación

Mapas temáticos
de las transformaciones
del paisaje

1/25.000

MEDIDAS DE LAS SUPERFICIES AFECTADAS POR LAS TRANSFORMACIONES:
MATRICES DE TRANSICION



5. Otros ejemplos de utilización de las fotos aéreas

5.1. Fotografías aéreas, ordenación y protección del espacio litoral

- *Diagnóstico de usurpación litoral a partir de fotointerpretación (Canadá).*

— El Ministerio de Medio Ambiente de Quebec está encargado de descubrir y sanciones las usurpaciones en el dominio público litoral. Para actuar de la forma más rápida, eficaz y económica, utiliza la fotointerpretación de los numerosos vuelos existentes allí desde 1930 (existen 15 vuelos entre 1934 y 1981 por ejemplo....).

Es evidente que para este tipo de estudio se necesita una larga serie de vuelos. Y finalmente controlar el examen de numerosos casos de usurpación de terrenos ubicados en la zona litoral, la mayoría de los casos quedan bastante claros. Cuando hay dudas se puede proceder a un análisis fotogramétrico o a una investigación in situ. Existen casos bastante complejos, pero este

método podría ser utilizado con mucho provecho en las usurpaciones del dominio público litoral en España, a pesar de tener menos vuelos. Un seguimiento mediante fotos aéreas oblicuas de zonas conflictivas daría también buenos resultados.

5.2. Fotografías aéreas y problemática urbana

— *La búsqueda de los planos antiguos de las ciudades (ver figura adjunta): El caso de Tours (P. Pinon).*

En el análisis del plano antiguo de Tours se encuentran problemas particulares. Primeramente, las destrucciones de la última guerra en una zona que constituía, sin duda, el corazón de la población primitiva, hace que se deba recurrir a documentos antiguos (en particular hemos utilizado el catastro de 1850; en segundo lugar, la existencia de dos grandes calles paralelas con el Loira ha focalizado la atención de los investi-

gadores, que han creído ver sin pruebas, las huellas de antiguas vías.

El análisis parcelario (utilizando la fotografía aérea y catastro) contradice esta opinión, ya que estas dos calles son sensiblemente oblicuas con las orientaciones dominantes de las parcelas. Las citadas calles sólo corresponden con los parcelarios que en algunas pequeñas porciones (parte oeste de la calle situada entre Dn1 y Dn2 parte central DM). Mientras que hay varias calles medievales que siguen perfectamente el trazado de los cardo y decumanus antiguos: C1W, C2W, C4E.

La densidad particular de los alineamientos parcelarios en la parte central de la población (visible en el catastro de 1850) ya que la reconstrucción de después de la guerra, que ha conservado las antiguas orientaciones, se ha efectuado sobre terrenos que se han sometido a la concentración parcelaria), permite proponer una trama antigua con un módulo constante de 125 m x 125 m, quizás dividido a su vez en islotes de 62,5 m x 62,5 m. La localización que proponemos para el «Decumanus Maximus» y el «Cardo Maximus» es arbitraria, puesto que únicamente se basa sobre la situación del actual puente principal y sobre la de la catedral.

— *Las ventajas de la fotografía aérea en urbanismo:*

- Reconocimiento de la estructura interna de una ciudad.
- Percepción de la tercera dimensión.

— La estructura interna de una ciudad se analiza perfectamente en las fotos aéreas. Aquí se ven: los usos urbanos más o menos estructurados (Relieve, Estaciones y Aeropuertos, Autopistas...).

— La planimetría urbana general (vías, barrios, usos...).

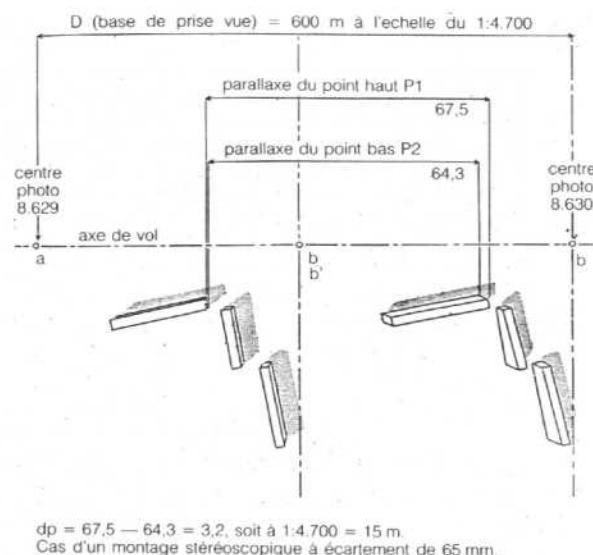
— La evolución histórica de la ciudad y las recientes transformaciones y crecimientos.

Así que la foto aérea es una herramienta muy útil para el urbanista que quiere actualizar los planos de una ciudad y plantear proyectos de modificación o ampliación de ésta.

— *La percepción de la tercera dimensión (ver esquema adjunto):*

- El poder de identificación de la fotografía aérea en los espacios urbanos es muy grande: los militares fueron los primeros en utilizarla — las fotografías infra-rojo dan cuenta de la temperatura de los objetos y permiten situar los «puntos calientes»: altos-hornos, fábricas en funcionamiento, centrales térmicas, etc. y bombardearlos. Los tratamientos de las imágenes de teledetección son hoy día todavía más eficaces.

- A otro nivel la percepción de la tercera dimensión, es otra gran ventaja de la foto aérea en



EJEMPLO DE MEDIDAS SOBRE FOTOGRAFIAS AEREAS

comparación con el mapa. La altura de los edificios es un elemento importante del paisaje urbano. Se puede notar en las fotos estereoscópicas a partir de la observación de las sombras que se pueden medir con cierta precisión. Las medidas aprovechan las diferencias de forma y dimensión entre las sombras de dos fotos correlativas con visión estereoscópica (2).

La fotografía 8.629 (izquierda) muestra las fachadas Oeste y Sur mientras que la fotografía 8.639 (derecha) muestra las fachadas norte. La diferencia aparente entre las situaciones de las puertas altas y bajas de los edificios es clara. La hora de paralaxo y estereomicrómetro permite medir esta diferencia (dp).

La siguiente fórmula permite obtener la altura de los edificios:

$$h = \frac{H \text{ (altura del vuelo)}}{D \text{ (Distancia entre los centros de las dos fotos)}} \times dp$$

Lo que da en el presente caso:

$$h = \frac{1.750}{600} \times 15 = 43 \text{ m.}$$

— Hemos intentado, muy brevemente, presentar los diversos tipos de imágenes del paisaje terrestre tomadas desde el espacio, con sus respectivas ventajas, sus varias utilidades y la complementariedad evidente que tienen unas con otras.

— Se ha visto también cómo a través de las imágenes del espacio (fotografías aéreas verticales, oblicuas o imágenes de satélites) y su fotointerpretación, se pasa de la realidad paisajística a la abstracción cartográfica.

(2) Ejemplo de esquema adjunto sacado de: *Le Document Géographique*, 1972, P. Barrère, M. Cassou-Mounat-Masson.