

Imágenes de satélite como base para el estudio del desarrollo urbano en torno a las carreteras: el caso de la N-I

M.^a MILAGROS SERRANO CAMBRONERO

Universidad Complutense de Madrid

1. Transporte y desarrollo urbano

La relación existente entre sistema de transporte y forma y extensión de la ciudad, es un hecho innegable y muy estudiado durante todo el siglo XX. Esta relación puede resumirse diferenciando cuatro etapas en la evolución del sistema de transporte, que tienen repercusión directa en la morfología y estructura de la ciudad. Estos periodos, se establecen teniendo en cuenta las ciudades de Estados Unidos por ello las fechas pueden no coincidir exactamente con las de las ciudades europeas. (J.S. ADAMS 1970, cit. HANSON, S., (1986) y TAAFFE, E.J., (1996)) Estas etapas son:

1. Etapa de dominio de desplazamientos a pie y en coches de caballos (1800-1890)
2. Etapa del tranvía eléctrico y ferrocarril (1890-1920)
3. Etapa del automóvil (1920-1945)
4. Etapa de vías rápidas (1945 hasta la actualidad)

Esta evolución, tienen como consecuencia dos formas de crecimiento y expansión de la ciudad: la concéntrica y la radial. La primera y la tercera etapa, tienen una repercusión en el desarrollo de la ciudad similar, concéntrico, y la segunda y la última generan un desarrollo de la ciudad a lo largo de las principales rutas radiales, con áreas más inaccesibles en los intersticios de dichas rutas.

La aparición del automóvil en el siglo XX, tuvo importantes consecuencias geográficas, ya que facilitó el rápido desarrollo de ciudad hacia el exterior así como la edificación de los espacios libres localizados en las principales vías de comunicación. El aumento del número de automóviles, consecuencia directa del aumento de la calidad de vida, implica la construcción y en ocasiones el acondicionamiento de una red de infraestructura de transporte articulada, adaptada a las nuevas intensidades de tráfico; consecuencia de ello es la construcción de vías de circulación rápidas (autopistas, autovías, carreteras orbitales o de circunvalación etc.)

La consolidación de este sistema de infraestructuras de alta velocidad, es la fuerza principal que determina los cambios en la estructura de la ciudad a partir de los años sesenta.

Las ventajas derivadas de la centralidad desaparecen y cualquier localización en torno a las vías rápidas puede ser alcanzada por medio del automóvil, siendo la accesibilidad muy similar en todos los puntos de la ciudad.

Desde la década de los ochenta, se ha generalizado la construcción de "beltways", autopistas orbitales o de circunvalación de alta velocidad. La primera en construirse fue el Metropolitan Highway Loop de Nueva York, terminada en 1944, (HALL, P., 1993) pero la difusión de este tipo de infraestructuras, se produce en los años ochenta (M25 de Londres se terminó en 1985, la M-30 de Madrid en 1992, la M-40 de Madrid en 1996). Su construcción permite, facilitar y agilizar los desplazamientos entre diferentes puntos del sistema urbano metropolitano, mejorar la accesibilidad de las áreas metropolitanas, y dar continuidad a los itinerarios de largo recorrido evitando circular por áreas congestionadas de la ciudad.

Algunos autores (GIULIANO, G., (1986) y TAAFFE, E.J., (1996)), consideran que precisamente la consolidación de este sistema de cinturones o carreteras orbitales es lo que provoca el cambio más fuerte en la estructura de la ciudad, la cual pasa a tener un desarrollo policéntrico, (modelo de crecimiento de la ciudad polinuclear), debido a que en los intercambios de estos cinturones, con sistemas radiales (autopistas, autovías, carreteras etc.) están naciendo nuevos núcleos que concentran actividades comerciales, industriales, residenciales, de ocio etc.

El nuevo modelo de desarrollo urbano policéntrico, relacionado con la suburbanización periférica de las grandes metrópolis occidentales se apoya directamente en la existencia de autopistas y vías rápidas de circulación y en la fluidez de comunicación que permite el automóvil privado. Es decir la red de transportes de la ciudad es el esqueleto vertebrador que estructura el espacio urbano.

El transporte por carretera, ejerce por tanto, un papel fundamental en el modelo territorial y metropolitano, unido a la importancia que tiene en la estructuración del sistema urbano y en las relaciones que se mantienen en la ciudad.

Las relaciones que se establecen entre el sistema de transporte y los usos del suelo son recíprocas, dinámicas y complejas, así lo revela la gran cantidad de temas presentados en la conferencia sobre usos del suelo y transporte, celebrada en Cambridge en Octubre de 1996. (ANAS, A., 1998)

El transporte sirve para solventar las necesidades de conexión de las actividades económicas en el espacio, pero cualquier progreso en su capacidad puede producir un nuevo modelo en ese sistema de relaciones (VV.AA., 1991) Un ejemplo de ello, son los cambios en las actividades económicas y por tanto en los usos del suelo producidos como consecuencia de la construcción de autopistas orbitales y el reacondicionamiento de carreteras y autopistas ya existentes. (GIULIANO, G., (1986); SUTTON, C.J., (1999); LINNERKER, B., y SPENCE, N., (1996); BRYAN, J., et al (1997), GUTIÉRREZ, J., (1999)).

2. Información de base

El estudio del cambio de actividades económicas y en consecuencia el cambio de los usos del suelo, derivado de las carreteras, creo que no puede estudiarse actualmente sin la utilización de imágenes de satélite, de información cartográfica digital y por supuesto un Sistema de Información Geográfica que gestione toda esta información. La información utilizada para el desarrollo de este trabajo es: imágenes de satélite, Mapa CORINE LAND

COVER en formato digital, la Base Cartográfica Numérica (BCN) escala 1:200.000 en formato digital y el software ERDAS IMAGINE 8.3.1 (software de proceso de imágenes de satélite que incorpora un Sistema de Información Geográfica de tipo Ráster pero que a su vez permite manipular información vectorial).

2.1. Imágenes de Satélite

La detección de cambios de usos del suelo en torno a las principales carreteras de la Comunidad de Madrid, implica la realización de una cartografía actualizada de dichos usos del suelo para toda la Comunidad. Esta cartografía se ha realizado conjuntamente mediante la clasificación supervisada (agrupación de pixels con características similares) y la fotointerpretación de imágenes de satélite. La clasificación supervisada, se ha realizado sobre una imagen de satélite de la Comunidad de Madrid del 22 de Agosto de 1997, procedente del sensor Thematic Mapper (TM), sensor que se encuentra a bordo del satélite americano LANDSAT 5. Este tipo de imágenes tienen una resolución espacial (un pixel) de 30m, lo cual permite obtener escalas de 1:100.000. Adicionalmente este sensor capta imágenes en 7 bandas del espectro electromagnético que van desde el visible (bandas 1, 2 y 3) al infrarrojo térmico (banda 6), pasando por el infrarrojo cercano (banda 4) y el infrarrojo medio (bandas 5 y 7). Las características señaladas, hacen de este sensor el más indicado para elaborar la clasificación supervisada.

Las imágenes LANDSAT TM debido a su resolución espacial (30m), resultan insuficientes, al menos en algunos casos, para diferenciar claramente espacios urbanos, por ello para cartografiar estos espacios correctamente, se han utilizado imágenes del satélite indio IRS 1C, de agosto de 1997, en modo pancromático, con una resolución espacial de 5,8m.

2.2. Mapa CORINE LAND COVER

El 27 de Junio de 1985, el Consejo de Eúropa, mediante una propuesta realizada por la Comisión Europea, adoptó la decisión de promover el programa de trabajo CORINE (Coordination, Information and Environment) consistente en un proyecto experimental para inventariar, coordinar y compatibilizar la información del estado del medio ambiente y de los recursos naturales en la Comunidad (Diario Oficial de las Comunidades Europeas 176 de 6 de Julio de 1985) (EUROPEAN COMMISSION, 1994).

El Programa CORINE se compone de varios proyectos: Biótopos, recursos hídricos y calidad del agua, polución de la atmósfera, riesgos de erosión y potencialidad del suelo, erosión costera y ocupación del suelo. (EUROPEAN COMMISSION, 1994).

El Proyecto Land Cover (Ocupación del suelo), es por tanto solo uno de los proyectos incluidos en el programa CORINE y pretende homologar clasificaciones y metodologías para facilitar las comparaciones internacionales e intertemporales referentes a las características y usos del territorio (ARÓZARENA, A., y HERRERO, M., 1995). Este proyecto integra en un Sistema de Información Geográfica, información georeferenciada (igual formato cartográfico) y coherente de la ocupación, usos del suelo de los países de la Comunidad, información que a su vez es fácil de actualizar. Este proyecto se realizó mediante la fotointerpretación de imágenes de satélite LANDSAT TM y la escala de trabajo adoptada fue 1:100.000 debido a que es la más adecuada para elaborar estudios territoriales que cubran todo territorio nacional.

2.3. Base Cartográfica Numérica BCN200

Las Bases Cartográficas Numéricas, son mapas en formato digital, procedentes de la digitalización de mapas topográficos a diferentes escalas. En este trabajo se ha utilizado la BCN200 del Instituto Geográfico Nacional, disponible en formato vectorial (ARC/INFO). La BCN200 está realizada para toda España y la información que contiene es: Límites administrativos municipales y autonómicos, hidrografía, comunicaciones, núcleos de población, construcciones y edificios singulares, curvas de nivel y puntos acotados y modelo digital del terreno.

3. Tratamiento de la información de base

La información de partida, ha sido procesada para adecuarse a las necesidades de este estudio según el esquema reflejado en la FIGURA 1.

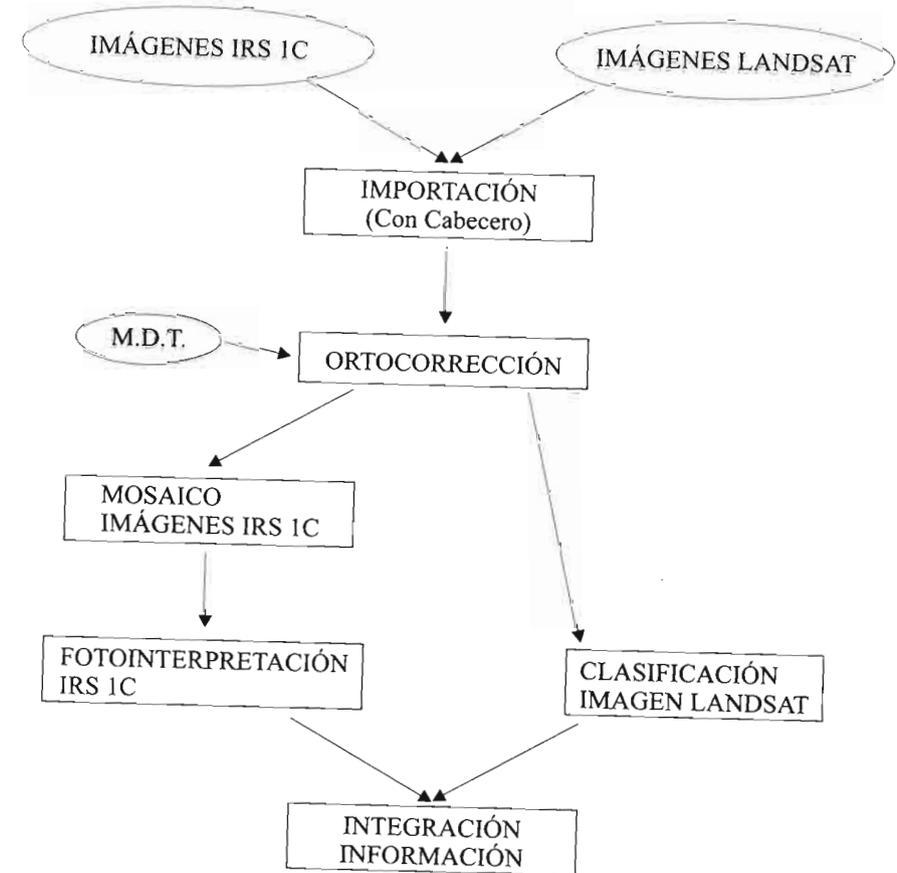
FIGURA 1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE PARTIDA



Fuente: Elaboración Propia

El proceso más complejo es el realizado a las imágenes de satélite para la obtención del mapa actualizado de usos del suelo de la Comunidad de Madrid, el cual se resume en la FIGURA 2.

FIGURA 2. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES



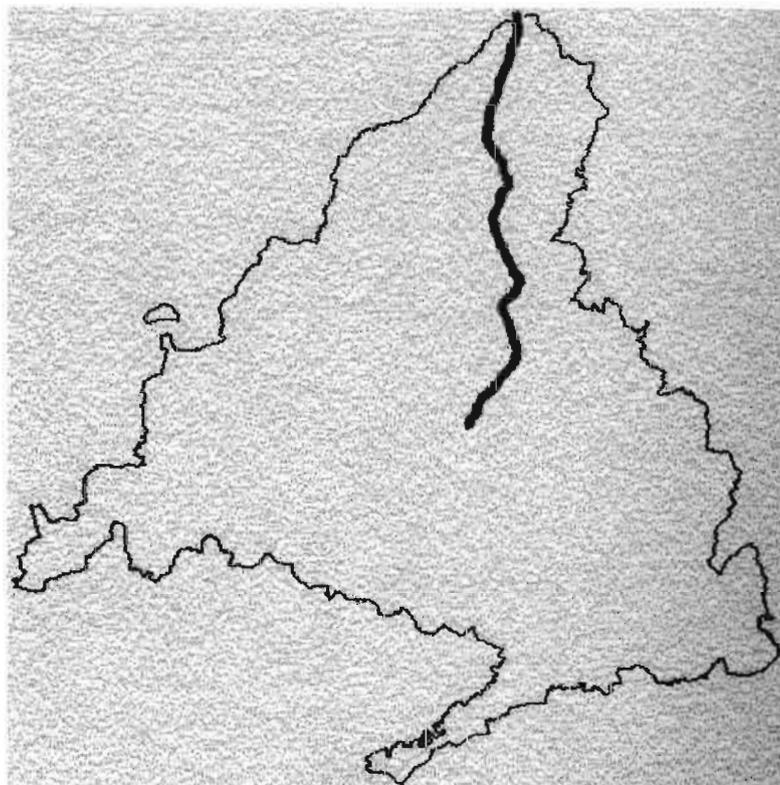
Fuente: Elaboración Propia

4. Desarrollo urbano en torno a la N-I (Carretera de Burgos)

La determinación de los cambios a uso del suelo urbano; es decir la expansión del suelo urbano, producido alrededor de la N-I (carretera de Burgos) lleva implícito la especificación de la distancia en torno a dicha carretera en la cual se pueden producirse los citados cambios; es decir establecer la distancia del área de influencia de los cambios. La distancia establecida

es de 1 Km. a ambos lados de a la carretera. La aplicación del área de influencia o distancia a la carretera, es un proceso de análisis de proximidad, que se realiza mediante la generación de un *buffer* o corredor de distancias a la carretera anteriormente señalada. Un análisis de proximidad, determina que pixels están situados a una distancia específica desde pixels que contienen ciertas clases (ERDAS, 1997). El resultado de este proceso aplicado a la carretera de Burgos aparece reflejado en la FIGURA 3.

FIGURA 3.
BUFFER DE DISTANCIAS A LA CARRETERA DE BURGOS

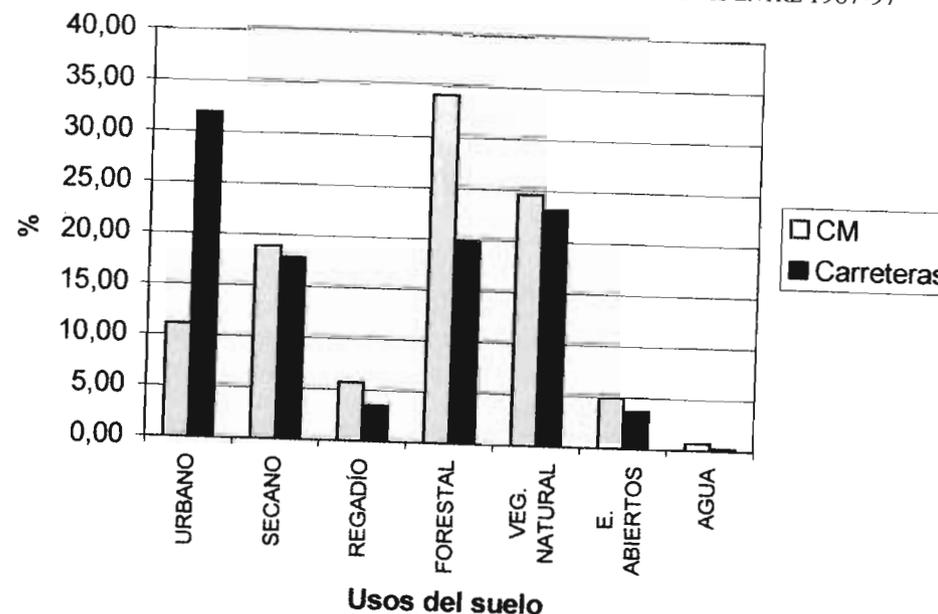


Fuente: Elaboración Propia y ERDAS IMAGINE 8.3.1.

Una vez establecida el área de influencia de la carretera el siguiente paso consiste en determinar los cambios de usos del suelo producidos en la carretera de Burgos entre 1987 y 1997 y posteriormente determinar cual de estos cambios son los que suponen un aumento del espacio urbano. Este análisis se ha realizado mediante la elaboración de un mapa que contiene estos cambios. El proceso de construcción de este mapa es bastante laborioso, y es imposible poder sintetizarlo en esta comunicación, por ello se van a presentar únicamente los resultados obtenidos y no la metodología detallada que permite construir esta cartografía.

Un análisis comparativo de los cambios de usos del suelo que se producen en toda la Comunidad de Madrid y únicamente los producidos en torno a las carreteras principales, (únicamente las radiales) aparece reflejado en la FIGURA 4

FIGURA 4.
USOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID Y EN LAS CARRETERAS ENTRE 1987-97



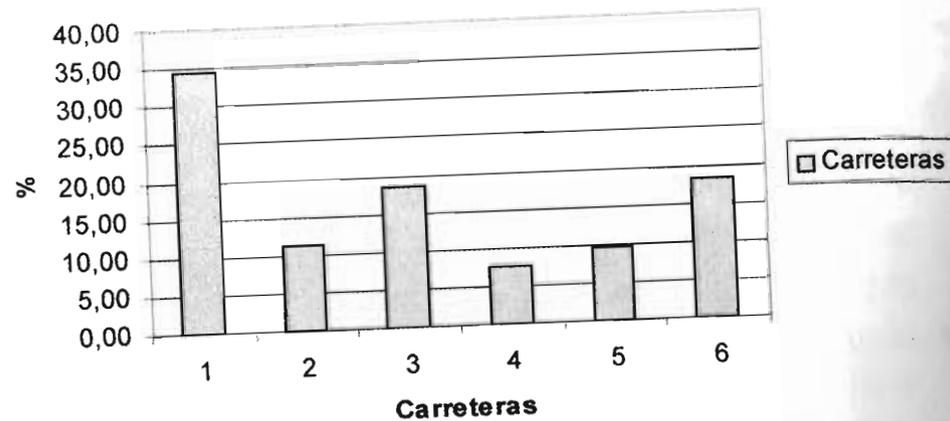
Fuente: Elaboración Propia

El análisis de la FIGURA 4, revela que existe una gran proporción entre los nuevos usos desarrollados en la Comunidad de Madrid y en las carreteras en todos los casos excepto en dos. En primer lugar el uso forestal aumenta bastante más (34,10%) en la Comunidad de Madrid que en las carreteras (19,71%) lo cual es totalmente lógico. En segundo lugar y lo más importante para nuestro estudio es que el uso urbano experimenta un mayor aumento en las carreteras (31,85%) que en la Comunidad de Madrid, lo cual hace pensar que las carreteras pueden ser factor determinante en el crecimiento urbano de dicha Comunidad.

El análisis de los cambios globales por carreteras, FIGURA 5 (los números de las carreteras se corresponden con: 1 carretera de Burgos, 2 carretera de Barcelona, 3 carretera de Valencia, 4 carretera de Andalucía, 5 carretera de Extremadura y 6 carretera de La Coruña), refleja que los cambios más importantes, se han producido en la carretera de Burgos (34,58%), seguida por las carreteras de Valencia y La Coruña (18,49 y 18,39 respectivamente) a continuación se sitúa la carretera de Barcelona (11,34%) y por último las carreteras de Extremadura y Andalucía con 9,56 % y 7,64 respectivamente.

FIGURA 5.

DISTRIBUCIÓN DE CAMBIOS GLOBALES POR CARRETERAS

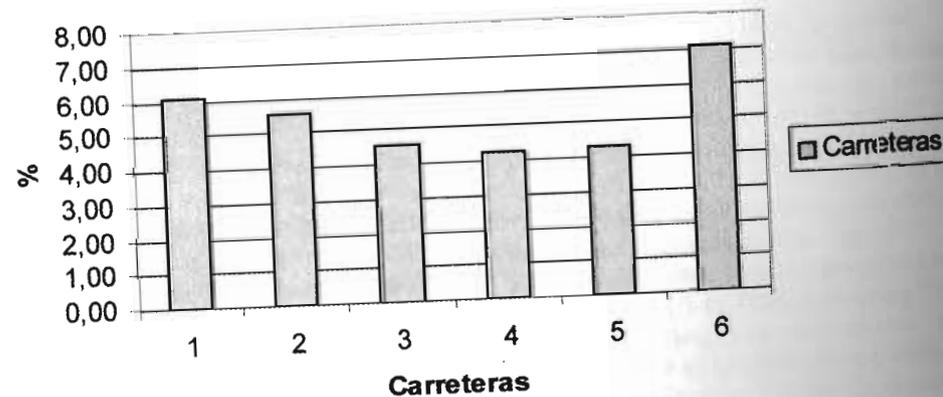


Fuente: Elaboración Propia

Los cambios totales experimentados a urbano para el total de las carreteras aparecen en la FIGURA 6. Esta figura refleja, que este cambio ha sido más fuerte en la carretera de La Coruña (7,08%) seguida por las carreteras de Burgos y Barcelona que experimentan un crecimiento similar (6,08% y 5,57% respectivamente) y en tercer lugar con crecimiento semejante están las carreteras de Valencia, Extremadura y Andalucía (4,55%, 4,33% y 4,25%).

FIGURA 6.

CAMBIOS TOTALES A URBANO DISTRIBUIDOS POR CARRETERAS



Fuente: Elaboración Propia

El MAPA 1, muestra dos de las características más importantes de estos cambios: la localización y la intensidad. La intensidad de los cambios se ha elaborado mediante análisis estadístico, tras el cual se ha aplicado un coeficiente de ponderación y finalmente una "recodificación" (un cambio de clase) de los pixels afectados. Este mapa no refleja la procedencia de los cambios; es decir a costa de que usos se ha extendido el espacio urbano, (este aspecto es objeto de un análisis específico), pero explicaré resumidamente esta procedencia junto con la localización e intensidad. Los cambios en la carretera de Burgos, proceden en la parte central y sur de espacios que estaban ocupados por secanos. Estos espacios se corresponden en primer lugar con la extensión de los municipios de Alcobendas y San Sebastián de los Reyes (ambos municipios cuentan con elevada población) y San Agustín de Guadalix en la parte más cercana al municipio de Madrid y en segundo lugar con la extensión de gran parte de núcleos urbanos de municipios más pequeños, los cuales aparecen representados en el mapa casi como puntos aislados a lo largo de la carretera (núcleos de Pedrezuela, Venturada, Cabanillas de la Sierra etc.)

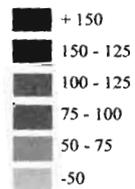
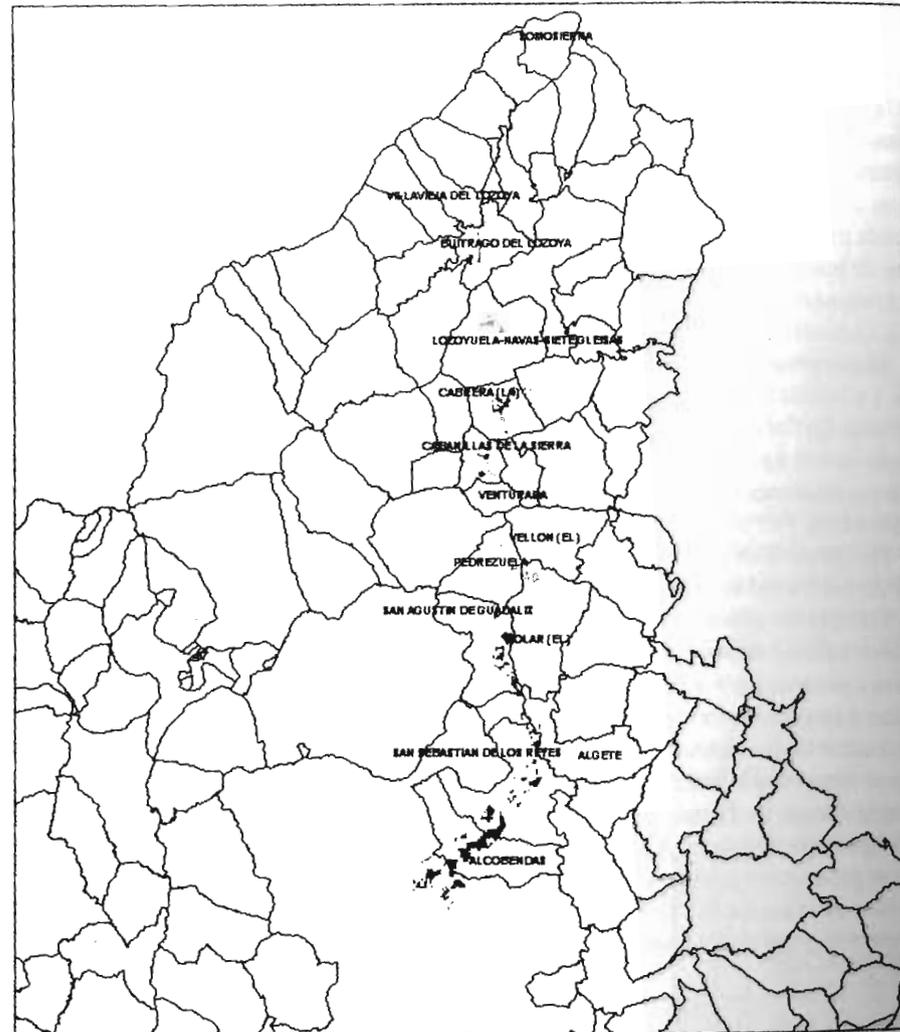
El uso urbano, se extiende a favor de los pastizales en la parte Centro-Norte de esta carretera. La localización de los cambios coincide con la extensión de los núcleos urbanos de El Molar, La Cabrera, Lozoyuela, Buitrago de Lozoya y Somosierra. También se encuentran dentro de este tipo de cambios espacios más cercanos a Madrid, ocupados actualmente por las áreas residenciales más caras de toda la Comunidad de Madrid. En Encinar de los Reyes, La Moraleja y el Soto.

La distancia es un factor determinante en la expansión urbana en torno a las carreteras y es un hecho que se demuestra claramente en la carretera de Burgos. El MAPA 1, refleja que los cambios más intensos en esta carretera se producen en la parte más próxima al municipio de Madrid, aunque un análisis de estos cambios en función de la distancia, nos revelaría que es a partir de los 9-10 Kilómetros de distancia al centro de Madrid cuándo realmente empiezan a producirse los citados cambios y no antes. Estos cambios más intensos se corresponden con los municipios de Alcobendas, San Sebastián de los Reyes (municipios que como hemos mencionado anteriormente concentran un importante volumen de población) y las urbanizaciones de Fuente del Fresno y Ciudadcampo y la extensión del núcleo urbano de San Agustín de Guadalix. A partir de aquí, coincidiendo aproximadamente con los 33 kilómetros se produce un gran descenso de los cambios, observándose alzas relativas en algunos núcleos urbanos localizados en la sierra y que han tenido mayor afluencia de residencia secundaria o que tradicionalmente se han consolidado como centros regionales en esa zona.

5. Conclusión

La disponibilidad de imágenes de satélite de gran resolución espacial, unido a la cartografía digital y los Sistemas de Información Geográfica, permiten actualmente detectar cambios y realizar análisis en espacios tan dinámicos como son los espacios urbanos. Dentro de los espacios urbanos son los localizados en torno a las arterias principales de comunicación de las grandes ciudades, o los que surgen como consecuencia de la construcción de "vías de circulación rápidas" (espacios comerciales y residenciales surgidos en torno a las carreteras orbitales o de circunvalación) los que experimentan una mayor transformación.

MAPA I
DESARROLLO URBANO EN LA N-II (1987-1997)



Escala 1:450000



Bibliografía

- ANAS, A. (1998): "Transport and Land Use: Editor's Introduction." *Urban Studies* Vol 35 N° 7, pp. 1015-1018.
- AROZARENA, A. y HERRERO, M. (1995): "El programa CORINE. Proyecto Land Cover. Una metodología aplicada a las Islas Canarias". *Jornadas técnicas sobre sistemas de información geográfica y teledetección espacial aplicados a la ordenación del territorio y el medio ambiente*. Centro de Estudios Ambientales. Ayto. Vitoria-Gasteiz. pp. 87-98
- BRYAN, J. et al (1997): "Road infrastructure and economic development in the periphery: the case of A55 improvements in North Wales." *Journal of Transport Geography*, Vol 5. N° 4 pp. 227-237
- CHUVIECO, E. (1990): *Fundamentos de Teledetección espacial*. RIALP S.A. Madrid. European Commission (1994): *CORINE Land Cover Technical Guide*. European Commission. Luxemburgo.
- ERODES (1997): *ERDAS Field Guide*. Erdas, Inc. Atlanta.
- GIULIANO, G. (1986): "Land use impacts of transportation investment: Highway and transit". En Hanson, S. (Ed), *The Geography of urban transportation..* The Guilford Press. New York
- GUTIÉRREZ, J. y G. GÓMEZ (1999): "The impact of orbital motorway on intrametropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40". *Journal of Transport Geography*, Vol 7 pp. 1-15
- GUTIÉRREZ, J. (1999): "Las autopistas de circunvalación y la dinámica metropolitana", en *La Geografía de los Servicios en España*. Universidad Complutense de Madrid. Grupo de trabajo Geografía de los Servicios. AGE. Madrid.
- HALL, P. (1993): "Red viaria y desarrollo urbano". Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (1993): *Movilidad y territorio en las grandes ciudades: el papel de la red viaria*. MOPTMA Madrid, pp. 15-40.
- HANSON, S. (1986): *The geography of urban transportation*. Guilford Press. New York
- LINNEKER, B. and N. SPENSE (1996): "Road transport infrastructure and regional economic development. The regional development effects of the M25 London orbital motorway". *Journal of Transport Geography*, Vol 4. N° 2 pp. 77-92
- SUTTON, C. J. (1999): "Land use change along Denver's I-225 beltway". *Journal of Transport Geography*, Vol 7 pp. 31-41.
- TAAFFE, E.J., L. HOWARD, L. GAUTHIER, MORTON E. O'KELLY. (1996): *Geography of Transportation*. Prentice-Hall Inc. New Jersey
- VV.AA. (1991): *Geografía General II (Geografía Humana)*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.