

## PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE ÁREAS URBANIZADAS

P. Córcoles, J.E. Pardo, J.A. Recio, L.A. Ruiz

jepardo@cgf.upv.es

*Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría  
Universidad Politécnica de Valencia.  
Camino de Vera s/n 46022-Valencia*

### RESUMEN

En la presente comunicación se desarrolla una metodología para evaluar la evolución de núcleos urbanos compactos y urbanizaciones, formadas por agrupaciones de edificaciones aisladas. Consiste en la clasificación multispectral de imágenes Landsat TM de diferentes fechas complementadas, en algunos casos, con el análisis de características texturales extraídas a partir de la matriz de coocurrencias de niveles de gris. Se han evaluado distintos vecindarios y diferentes resoluciones espaciales de ortofotos aéreas digitales. Se ha empleado el índice NDVI para depurar las clasificaciones y eliminar aquellas parcelas agrícolas erróneamente clasificadas como urbanas, por no estar cultivadas en el momento de adquisición de la imagen. Los resultados indican que para el caso de núcleos urbanos compactos, la comparación de las clasificaciones multispectrales permite cartografiar adecuadamente la evolución ocurrida. En el caso de las urbanizaciones, por ser áreas más heterogéneas, la utilización de las variables texturales incrementa sustancialmente su correcta delimitación.

### ABSTRACT

This paper proposes a methodology to characterize the evolution of compact and heterogeneous urban areas. A multispectral classification of Landsat TM images from different dates is completed in some cases by textural images obtained from the grey level co-occurrence matrix. Several neighbourhoods for the texture analysis, and several spatial resolution of aerial orthoimages are evaluated. The NDVI is used to improve the classification and to eliminate some errors of crop areas classified as urban, because of the absence of vegetation in that particular moment. The results show that the comparison of multispectral classification allows to obtain a relatively accurate cartography of the evolution of compact urban areas. However, in those cases of scattered and heterogeneous urban areas, the use of texture variables substantially increases its accurate delimitation.

**Palabras clave:** Evolución urbana; clasificación; texturas.

### INTRODUCCIÓN

A lo largo de la última década buena parte de las áreas metropolitanas de las grandes ciudades españolas han sufrido importantes modificaciones paisajísticas y medioambientales asociadas a un galopante proceso de urbanización. Las imágenes de satélite de resolución espacial media (como las Landsat TM y ETM) pueden servir, a pesar de la limitación que impone su resolución espacial, para cartografiar y evaluar cuantitativamente los cambios que se van dando sobre la superficie terrestre. El empleo de imágenes Landsat para la detección de cambios, incluso en zonas urbanas, tiene bastante tradición, si bien en muchos casos los análisis se han basado en técnicas de fotointerpretación, como sucede con el CORINE-Land Cover (Arozamena y

Del Bosque, 2001). En el presente estudio se pretende mostrar un método de clasificación automatizada mediante el que resulta posible realizar, con un grado de fiabilidad aceptable, un análisis de los cambios que se van dando en áreas periurbanas debido a los procesos de urbanización, a pesar de analizar áreas con una fuerte variabilidad de la respuesta espectral. De hecho, la zona de análisis elegida para el estudio, resulta en este sentido paradigmática.

### ÁREA DE ESTUDIO

El análisis se ha centrado sobre la comarca de l'Horta Nord de Valencia, formada por aquellos municipios en los que al menos una parte de su término municipal está regado por la acequia real de

Moncada. Se trata, por tanto, de un área de regadío tradicional que históricamente ha sido aprovechada para el cultivo de hortalizas, si bien, en las últimas décadas se ha producido un considerable avance en el cultivo de los cítricos. Las parcelas son, por lo general, pequeñas (siendo muy raro que alguna de ellas alcance las 0,5 ha) lo que provoca que el paisaje, desde el aire, se aprecie como un complejo mosaico de pequeños campos ocupados por cultivos diferentes y, con una importante proporción de los mismos, en situación de barbecho o en rotación de cultivos. La señal registrada por el sensor resulta muy contrastada: junto a píxeles con señales altas en el infrarrojo próximo (en campos de lechuga o de patatas) aparecen otros que deben agruparse en un mismo tipo de cubierta superficial (cultivos de huerta) donde el valor en dicha banda es mínimo (barbecho o invernaderos). Asimismo, los espacios dedicados a hortalizas cambian de forma habitual a lo largo del año, dependiendo de las decisiones del propietario y sin seguir, por tanto, ningún patrón establecido.

La urbanización tradicional se concentra en pequeños (o medianos) núcleos urbanos aunque también abundan las casas de campo separadas de la población (alquerías y barracas) sobre todo en el sector suroriental de la comarca disminuyendo éstas de forma clara conforme nos desplazamos hacia el norte.

Si bien la mayor parte de la comarca sigue un patrón en la distribución de cultivos y núcleos urbanos como el descrito, existe un área, el sector más occidental, en el que los cultivos de hortalizas son mucho menos habituales, estando las áreas cultivadas ocupadas principalmente por naranjos y mostrando los núcleos urbanos una menor cohesión ya que buena parte de los mismos está formado por urbanizaciones en el que las edificaciones no están adosadas unas a otras, sino separadas por amplias áreas ajardinadas en las que abundan los árboles (fundamentalmente pinos).

La tipología del crecimiento urbanístico acaecido a lo largo de la década de los noventa ha seguido, en cierta manera, la misma tipología: en la zona oriental se han desarrollado amplias áreas urbanizadas formadas por adosados con jardines muy pequeños mientras que en la parte occidental, la ampliación del espacio urbano se ha dado con la construcción de chalets separados por jardines de una cierta dimensión de forma que las casas quedan separadas por espacios arbolados plantados durante la fase de urbanización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El procedimiento propuesto para la clasificación de áreas urbanizadas se basa en la utilización de tres tipos de información complementarios entre sí: datos espectrales obtenidos a partir de imágenes Landsat TM; datos sobre el contexto espacial de cada píxel obtenidos mediante el análisis de texturas sobre ortofotos aéreas digitales; e información temporal registrada a través del valor del NDVI en una imagen Landsat TM de una fecha posterior.

Cabe distinguir dos variaciones metodológicas en función del tipo de paisaje urbanizado presente en la zona: áreas próximas a la costa donde el desarrollo urbano es compacto y en núcleos bien definidos; y zonas interiores en donde el crecimiento urbano está marcado por construcciones residenciales dispersas y ajardinadas, en las cuales el patrón de respuesta espectral varía sustancialmente.

Expondremos inicialmente los métodos básicos que se fundamentan en el uso de información espectral, temporal y textural, y a continuación los procedimientos globales seguidos en ambos tipos de zonas urbanizadas.

### Clasificación espectral

En un principio, se definen 11 clases que representan la variabilidad espectral de la zona de estudio (naranjos, bosque, zonas industriales, matorral, huerta, vías de comunicación, terreno baldío, playas, zona urbana, zonas acuáticas, humedales). La clasificación espectral se realiza sobre una imagen Landsat TM, mediante el método de mínima distancia, y las 11 clases resultantes se fusionan en las dos clases genéricas de interés para estudios de evolución urbana: *urbanizado* / *no urbanizado*. De esta forma se obtiene una imagen clasificada binaria.

### Análisis de texturas

El análisis de texturas suministra información sobre la distribución de niveles de intensidad en el vecindario de un píxel, por lo que su estudio sobre imágenes pancromáticas de alta resolución puede resolver el problema de la identificación de unidades urbanas espectralmente heterogéneas, como ocurre con las urbanizaciones en las que se combinan edificaciones y zonas ajardinadas.

Se han extraído 8 características o bandas de textura basadas en la matriz de coocurrencias de niveles de gris, con las cuales se ha realizado una clasificación binaria: zonas urbanizadas y no urbanizadas.

Sin embargo, en el análisis de texturas es importante seleccionar los parámetros más adecuados para cada aplicación. En este caso se ha llevado a cabo un

ensayo para comparar distintos tamaños de vecindario (3x3, 5x5, 9x9, 15x15) y varias resoluciones de digitalización de la ortoimagen (1m, 5m, 10m, 15m y 30m).

**Corrección según NDVI posterior**

Uno de los problemas de la clasificación espectral es que genera errores por exceso en la clasificación de zonas urbanizadas, debido a que la respuesta espectral del suelo agrícola sin cultivo, característico en zonas hortícolas con rotación de cultivos durante una misma campaña, es similar a la respuesta de áreas urbanas. Para reducir estos errores, se ha calculado el NDVI de una imagen Landsat TM de otra fecha de la misma campaña y generado una máscara de las zonas clasificadas como urbanas cuyos valores de NDVI superan un cierto umbral, suponiendo que corresponderán a parcelas con rotación de cultivos.

**Evaluación**

Para la comparación de los resultados de la clasificación mediante el uso de diferentes parámetros (resolución, vecindario) y variables (espectrales, de textura y combinadas) se emplearon 185 puntos de muestreo en la zona oriental y 125 puntos en la zona occidental, en ambos casos definidos de forma sistemática sobre la superficie de trabajo formando una malla con un paso de 500 metros. De esta forma se obtuvo tanto la fiabilidad global como los errores por exceso y por defecto respecto a la zona urbanizada.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La combinación óptima de parámetros de textura es de 10 metros de resolución espacial y un vecindario de 15x 15 píxeles, tanto al utilizar únicamente las variables de textura como al combinarlas con las bandas espectrales (figuras 1 y 2).

En la zona oriental, los resultados son más favorables empleando únicamente información espectral, dado que se trata de zonas urbanas compactas y uniformes. En la zona occidental, sin embargo, el empleo de variables de texturas es preferible al de variables espectrales y, combinando ambas, se incrementan los aciertos en la clasificación de zonas urbanas, ya que en ellas abundan áreas residenciales con una respuesta espectral variable y heterogénea (tabla 1).

Figura 1.- Relación entre parámetros de textura y resultados de fiabilidad global para una clasificación por texturas.

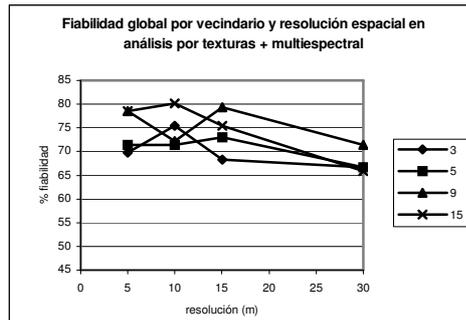


Figura 2.- Relación entre parámetros de textura y resultados de fiabilidad global para una clasificación combinada de texturas y multispectral.

	MS	Textura	MS+Text.
Zona occidental	74,6	77,8	80,2
Zona oriental	91,9	84,3	73,5

Tabla 1.- Fiabilidad global de las clasificaciones en ambas zonas. occidental v oriental. con distintos tipos de variables.

Por otra parte, en la zona oriental de edificaciones compactas, la umbralización del NDVI de una imagen posterior, cuando los cultivos en rotación han cambiado, permite eliminar parcialmente los errores por exceso de la clasificación multispectral, incrementando la fiabilidad global hasta un 91,9%. La figura 5 muestra un ejemplo de la identificación y corrección de algunos de estos errores.

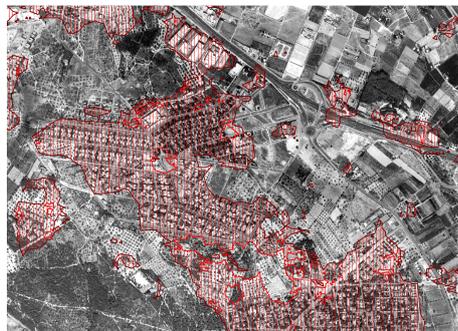
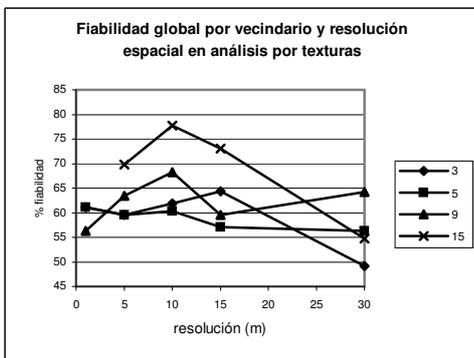


Figura 3.- Detalle de la clasificación por texturas de la zona occidental (vecindario de 15x15 píxeles; resolución = 10m)



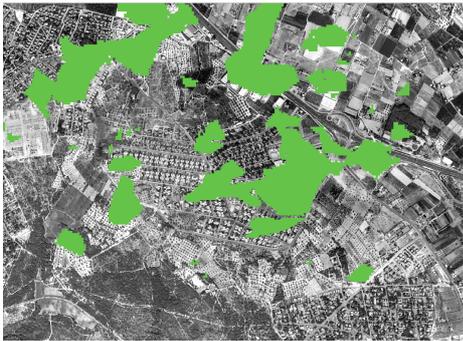


Figura 4.- Detalle de la clasificación espectral de la misma zona de la figura 3 (vecindario de 15x15 píxeles; resolución = 10m).

Por último, la clasificación combinada de texturas y espectral propuesta para la zona occidental de urbanización heterogénea, se mejora mediante el uso del contexto espectral. Debido a la confusión del uso de las texturas en las vías de comunicación (carreteras y caminos anchos), se propone la sustracción al terreno urbano de las zonas clasificadas como vías de comunicación en la primera clasificación multiespectral que se ha realizado antes de la binarización de las clases.



Figura 5.- Detalle de la eliminación de algunos píxeles (cuadros rellenos) que se clasifican erróneamente como urbanización en zonas de huerta, mediante la umbralización del NDVI de una fecha posterior.

## CONCLUSIONES

1. El estudio realizado ha demostrado la posibilidad de hacer estimaciones de la superficie

urbanizada con fiabilidad suficiente —que oscila entre el 80 y 90% de acierto— incluso en una zona con un patrón geográfico con una alta variabilidad como el que se ha estudiado en la comarca de l'Horta Nord de Valencia a partir del tratamiento digital de imágenes.

2. Los resultados aportados evidencian la necesidad de utilizar metodologías distintas según la tipología de las áreas urbanizadas.

3. En las zonas donde los núcleos urbanos presentan una disposición masiva y muy coherente, con los edificios colindantes unos a otros —como es la parte oriental de la comarca— la clasificación supervisada de distintas clases de cubiertas superficiales se ha mostrado como la mejor herramienta. Dado que por este procedimiento algunos campos en barbecho quedan clasificadas igual que los solares de áreas urbanizadas, el método puede refinarse mediante un estudio histórico de los valores de NDVI. Si se suprimen aquellos píxeles en los que el NDVI ha aumentado con el paso del tiempo, la clasificación por lo general mejora.

4. En las zonas donde las áreas urbanas no están formadas por una edificación masiva sino por urbanizaciones con chalets separados por arbolado el empleo de métodos de clasificación multiespectral únicamente resulta poco eficiente, dado que deja amplias zonas urbanas sin clasificarlas como tales. En estos lugares, la clasificación supervisada basada en distintas bandas obtenidas de características texturales calculadas de la matriz de coocurrencias, se muestra mucho más eficiente.

5. Los mejores resultados en la clasificación con imágenes texturales se han alcanzado con el empleo de imágenes con resolución de 10 m y con un vecindario de 15 x 15 píxeles.

6. La clasificación por textura introduce algunos errores tanto por defecto como por exceso relativamente claros: por una deja parte de las zonas de urbanización cohesiva por clasificar y, por otra, añade zonas todavía no urbanizada pero con el viario construido (categorizado como carreteras). La clasificación final, por tanto, puede mejorarse si se combina con los datos obtenidos de la clasificación multiespectral: sumando la áreas clasificadas como urbanas y restándole los sectores clasificados como carreteras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arozarena Villar, A y Del Bosque González, I. (2001). La ocupación del suelo "Corine-Land Cover" proyecto de actualización I&CLC2000 de la Unión Europea. Teledetección y Cambio Global: 633-638. Universidad de Lleida.

Donnay, J.P., Barnsley and Longley (2001) *Remote sensing and urban analysis*. Taylor & Francis. Londres.

Haralick, R.M., K Shanmugam and Dinstein (1973): *Texture features for image classification*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 610-622.

#### **AGRADECIMIENTOS**

El trabajo se ha realizado dentro del proyecto de investigación BTE2002-04552-C03-01.