

DIFERENCIACION DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS CON IMAGENES TM Y SPOT EN LA CUENCA DE HUERCAL-OVERA Y LA SIERRA DE LAS ESTANCIAS (ALMERIA)

E. García-Meléndez

*Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. 37008 - Salamanca
Tel. (923) 29.44.96 - Fax (923) 29.45.14*

A. Riaza

Instituto Tecnológico Geominero de España. C/ Ríos Rosas, 23. 28003 - Madrid

RESUMEN.- Sobre la base de la interpretación de imágenes TM y SPOT, además de fotografías aéreas y observaciones de campo se identifican distintas formas del relieve, que se utilizan para diferenciar unidades homogéneas de terreno en la cuenca de Huércal-Overa y la parte oriental de la Sierra de Las Estancias (provincia de Almería). La identificación de las formas del relieve se facilita con un tratamiento digital de la imagen mediante la aplicación de distintos filtros no direccionales de realce de bordes. La utilización de este tipo de unidades geomorfológicas es común en estudios de Análisis de Terreno (multidisciplinares) y de Geomorfología Aplicada, proporcionando una base cartográfica para el reconocimiento de un territorio.

ABSTRACT.- Several Landforms are differentiated based on the study and analysis of TM and SPOT satellite images, aerial photographs and field-work observations. These landforms are used to differentiate Terrain Mapping Units (TMU) in the Huércal-Overa basin and the Sierra de Las Estancias (Almería province, SE of Spain). The application of several non directional edge enhancement filters prove to be a good tool in order to differentiate landforms. These units are commonly used in Terrain Analysis studies (multidisciplinary) and in Applied Geomorphology, giving a mapping framework for terrain reconnaissance.

1.- INTRODUCCION

La importancia de la Geomorfología en estudios relacionados con el Medio Ambiente físico es fundamental, ya que casi todas las actuaciones humanas tienen lugar directamente sobre las formas del relieve. La utilización de una tecnología relativamente nueva como la Teledetección, constituye una herramienta eficaz para la cartografía de unidades ambientales basadas en la Geomorfología.

El objetivo de este trabajo es probar la eficacia de la aplicación del filtrado espacial de frecuencias para el realce de elementos lineales orientados en todas las direcciones, como la red de drenaje e interfluvios, y lineamientos relacionados con fallas. La obtención de imágenes con una mejor definición de dichos elementos es clave a la hora de diferenciar unidades cartográficas basadas en las formas del relieve.

Se ha seguido un método de tratamiento digital diferenciado para cada tipo de sensor, teniendo en cuenta las diferencias en resolución tanto espacial como espectral. Como resultado se obtienen imágenes donde no sólo resaltan elementos geomorfológicos sino también litológicos ligados a la información espectral de los sensores. El análisis de estas imágenes obtenidas junto con el conocimiento de campo, permiten la diferenciación de varias

unidades de terreno.

1.2.- Contexto geológico y geográfico de la zona de estudio

La región presenta un clima seco y semiárido, siendo la precipitación anual media entre 200 mm en las partes bajas de la cuenca y 400 mm en las sierras circundantes. La distribución de esta precipitación es muy irregular, registrándose niveles muy elevados después de fuertes tormentas de poca duración que causan daños considerables. La vegetación en la zona de estudio es en general escasa, y está constituida por matorral y pinos de reforestación. Además de cultivos de huerta en las zonas de regadío, se han habilitado en los últimos años un gran número de campos de almendros. Estos últimos apenas se manifiestan en las imágenes debido a la distancia existente entre árbol y árbol, captando el satélite fundamentalmente la reflectancia del suelo.

La cuenca neógeno-cuaternaria de Huércal-Overa y la Sierra de Las Estancias están situadas al Norte de la provincia de Almería, en las Cordilleras Béticas Orientales, constituyendo éstas la parte más occidental de las cadenas alpinas mediterráneas. La Cuenca de Huércal-Overa está limitada al Norte por la Sierra de Las Estancias y al Sur por la parte oriental de la Sierra de Los Filabres y por la Sierra de Almagro (figura 1). Este área de estudio está localizada en una zona de indentación de dos orientaciones tectónicas principales, una de dirección E-W y otra de dirección NE-SW, que influyen y han influenciado las áreas de sedimentación, los elementos morfotectónicos presentes y en ocasiones la red de drenaje (García-Meléndez, 1993).

Se distinguen dos grandes conjuntos litológicos, encontrándose ambos fracturados y deformados; el más antiguo (localizado en su mayor extensión al norte de la zona de estudio) está formado por rocas metamórficas y se corresponde con la Sierra de Las Estancias, Sierra de Almagro, y parte de los relieves formados por los cerros de Limaria en el centro de la cuenca; el segundo conjunto (situado al sur) pertenece al relleno sedimentario de la cuenca de Huércal-Overa.

2.- TRATAMIENTO DIGITAL DE LAS IMAGENES

Se han utilizado siete bandas para el análisis del terreno en la zona de estudio, en tres imágenes distintas, dos de ellas son composiciones en falso color y una imagen SPOT pancromática. Las imágenes en falso color han sido realizadas con la combinación de bandas del espectro electromagnético 4, 5 y 3 (RVA), del LANDSAT TM; y 3, 2 y 1 (RVA) del SPOT XS.

Como el principal objetivo de este trabajo es la diferenciación de formas del relieve, nos

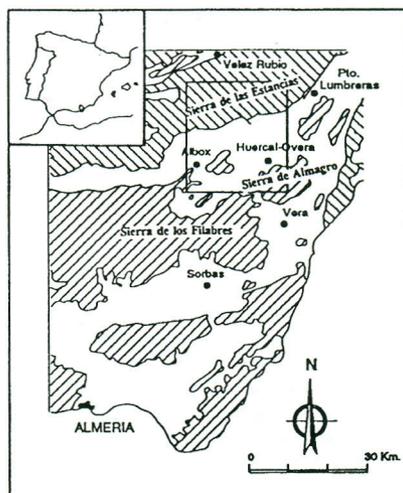


Figura 1.- Localización de la zona de estudio en el SE de España; con trama rallada aparecen las zonas de sierra, en blanco las cuencas sedimentarias.

interesa que la red de drenaje aparezca bien definida en las imágenes que se utilicen para el análisis geomorfológico.

Esta definición de la red de drenaje se consigue con la aplicación de filtros de realce de bordes no direccionales a las siete bandas utilizadas; estos filtros resaltan objetos de alta frecuencia (bordes) y suprimen las frecuencias bajas, es por lo tanto filtros de paso alto (high-pass). A este tipo de filtros no direccionales se les denomina "Laplace".

Las imágenes filtradas obtenidas no conservan la información de los niveles de gris, por lo cual éstas se suman a las originales (Richards, 1986; Mather, 1987) obteniendo nuevas imágenes en las que además de los bordes reforzados, aparecen los niveles de gris; de esta forma, se facilita la interpretación de litologías y estructuras presentes en el área de estudio. Esta operación se puede llevar a cabo en una sola convolución digital, simplemente aumentando el valor central de la matriz del filtro (Donker & Soeters, 1989) y multiplicando la suma de los valores de dicha matriz por un factor de ganancia tal que el resultado de dicho producto dé uno. Asignando un peso mayor al valor central de la matriz del filtro se consigue una imagen con más énfasis en la información de niveles de gris y con menos realce de los bordes.

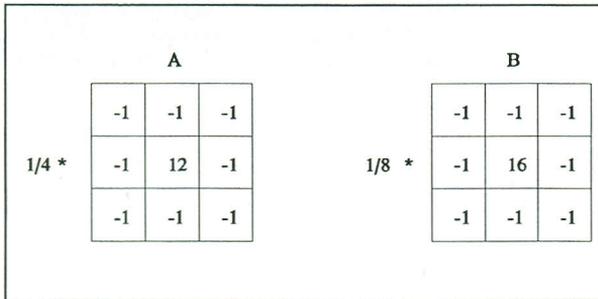


Figura 2.- Filtros utilizados: A - Filtro para las imágenes del sensor SPOT; B - Filtro para la imágenes del sensor TM.

Para las imágenes SPOT se utilizó el filtro de la figura 2A, y para las imágenes TM el de la figura 2B. Debido a la mayor resolución espacial de las imágenes SPOT las estructuras lineales tales como escarpes, divisorias de aguas, líneas de fallas, drenaje, etc. aparecerán más definidas, por lo que con la aplicación de un filtro con valor central 12 se resaltan con más énfasis estos elementos lineales, mientras que los niveles de gris se mantienen en valores menos óptimos que si hubiéramos asignado un valor central más alto.

No obstante, la información de niveles de gris es muy importante para la interpretación de una imagen en cuanto a la discriminación entre distintas litologías, suelos, tipos de vegetación, y en general para todos aquellos elementos de la superficie caracterizados por unos límites que encierran un área y no una estructura lineal como las descritas anteriormente. En nuestro caso, la discriminación de áreas homogéneas en cuanto a la reflectancia (niveles de gris) se ve facilitada por la disponibilidad de imágenes TM, a las que aplicamos un filtro con valor central 16, de manera que marque estructuras lineales pero que haga más énfasis en los niveles de gris, ya que estas imágenes tienen una resolución espacial menor que las SPOT, y por lo tanto algunos lineamientos que no tengan un grosor suficiente no se distinguirán. Por otra parte, la resolución espectral es mayor, por lo que la información ligada a dicha resolución será mejor aprovechada con este filtro. (Figura 3).

Las imágenes obtenidas fueron interpretadas sobre copias en papel a escala 1:100.000, esta escala ha sido elegida por ser de semidetalle, muy útil para reconocimiento de un territorio

y como base para llevar a cabo estudios de más detalle, proporcionando una visión estereoscópica muy restringida que en algunos casos ha sido útil para la diferenciación del relieve. De esta forma a través del estereoscopio se fusionan en una sola imagen la información espectral de las imágenes TM con la información espacial de las imágenes SPOT. La interpretación espectral de las imágenes de falso color se realizó siempre simultáneamente con la imagen SPOT en modo pancromático, ya que su resolución espacial de 10 m permite una

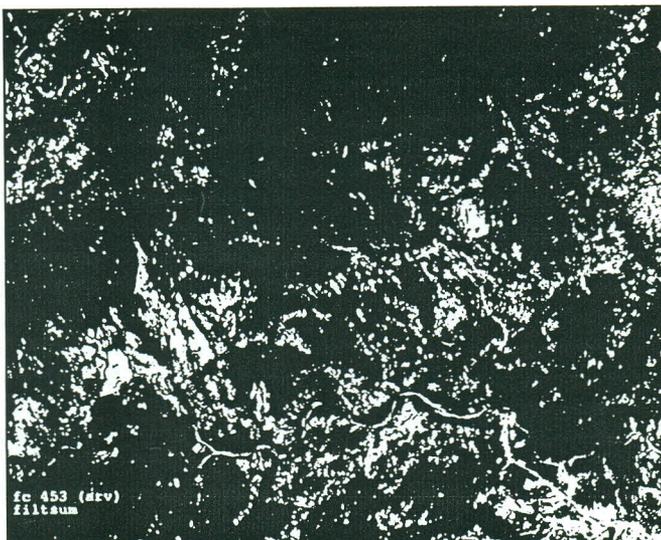


Figura 3.- Composición en falso color (4,5,3) del sensor TM, tras la aplicación de un filtro laplaciano a cada una de las bandas (C. 43)

mejor visualización de las formas del relieve. En áreas en las que la delimitación de unidades no estaba clara, se utilizaron fotografías aéreas de escalas aproximadas 1:18.000 y 1:33.000 para observar ciertos elementos con mayor detalle.

3.- UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Seguidamente se detallan, tomando como base el análisis de las imágenes, las características de las unidades diferenciadas. La descripción geomorfológica detallada de dichas unidades cartográficas aparece en el trabajo de García-Meléndez et al. (en prensa). En la figura 4 aparecen las unidades diferenciadas superpuestas en una composición en falso color georreferenciada del sensor TM, y en la figura 5 el mapa y leyenda de dichas unidades. Las unidades descritas pertenecen a los dos grandes conjuntos mencionados en el apartado 1.2.

3.1.- Unidades de la Sierra de Las Estancias

En la parte oriental de la Sierra de Las Estancias, caracterizada generalmente por relieves abruptos, se han diferenciado cinco unidades homogéneas bien definidas debido no sólo a aspectos geomorfológicos como el grado de disección y la densidad de drenaje claramente observables en la imagen SPOT pancromática, sino también a la buena diferenciación litológica en la composición en falso color del sensor TM 4,5 y 3 (RVA) (en la escala de observación utilizada) marcada por la distinta reflectancia de los materiales aflorantes: micaesquistos, cuarcitas y filitas, y calizas y dolomías.

Las unidades E1 y ED3 se componen litológicamente por calizas y dolomías pertenecientes a la Formación Estancias (Triásico medio-superior) que están bien definidas en las imágenes de falso color, diferenciándose una de otra por su distinta morfología: la primera unidad constituye una cresta estructural con capas buzando hacia el noroeste y la segunda unos relieves en planta de forma aproximadamente ovalada debido a dos estructuras anticlinales

en el afloramiento oriental y con escasa disección en la red de drenaje. Las unidades D1 y ED2 se desarrollan en cuarcitas y filitas pertenecientes a la Formación Tonosa (Pérmico-Triásico inferior). Estos materiales en campo presentan un color gris claro o azulado, la formación se compone de un miembro filítico y otro cuarcítico, ambos con capas de distinto espesor. Las dos unidades tienen en común la respuesta espectral, diferenciándose entre ellas por su distinta morfología. Así la unidad D1 está formada por relieves suaves y poco disectados, mientras que la unidad ED2 presenta relieve más abrupto y una mayor disección. La unidad ED1 está formada por litologías de cuarcitas y micaesquistos de la Formación Morenos-Montesinos (Precámbrico-Carbonífero). La parte superior de esta formación es la que aflora con mayor extensión y da al paisaje un tono marrón oscuro, que se manifiesta en la respuesta espectral de las imágenes, dando una reflectancia caracterizada por ser muy baja y plana en el visible e infrarrojo cercano (Hunt & Salisbury, 1976). También presenta una morfología moderadamente abrupta y disectada.

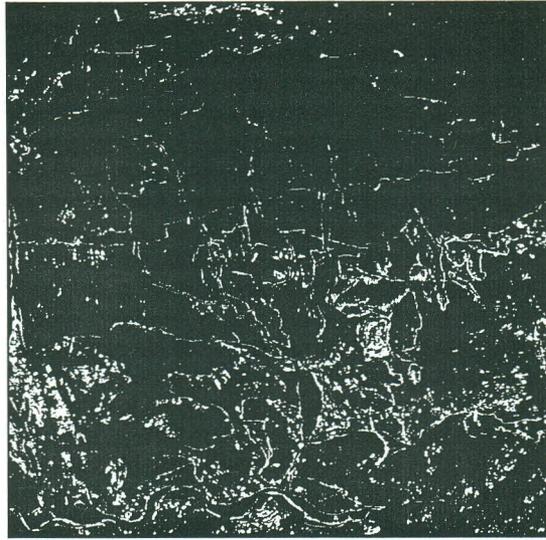


Figura 4.- Composición TM en falso color georreferenciada con las unidades geomorfológicas superpuestas (C.44)

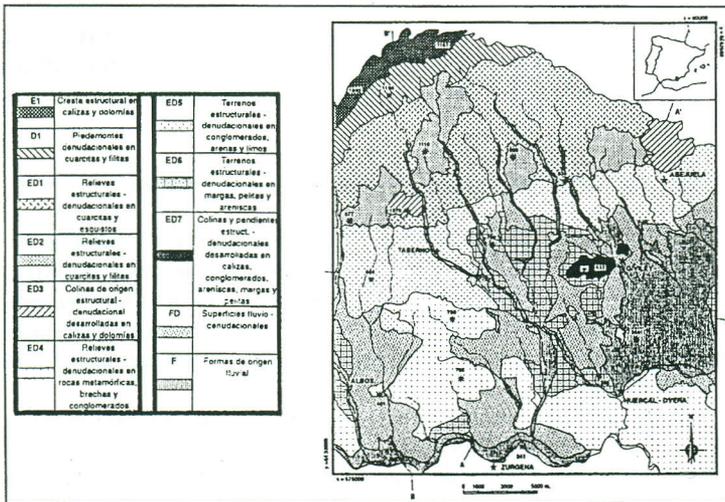


Figura 5.- Mapa y leyenda de las unidades diferenciadas.

La unidad ED4, aunque no esta representada en la Sierra de Las Estancias, se compone de materiales parecidos e iguales, pertenecientes al substrato de la cuenca sedimentaria. Está constituida por un heterogéneo grupo de litologías, pero con cierta homogeneidad espectral y morfológica. Presenta unas pendientes pronunciadas y está muy incidida y disectada por la red de drenaje.

3.2.- Unidades de la Cuenca de Huércal-Overa

La cuenca de Huércal-Overa esta formada por un conjunto de materiales de relleno provenientes de las sierras circundantes, estos materiales abarcan una variedad de edades (desde el Tortonense al Cuaternario) y de ambientes sedimentarios (continentales, marinos y de transición). Se distinguen cinco unidades descritas a continuación, tres de ellas se desarrollan en materiales neógenos y dos en materiales cuaternarios.

Unidades geomorfológicas desarrolladas en materiales neógenos

La unidad ED5 corresponde a unos conglomerados, arenas y limos rojos del borde de la cuenca, en contacto con los materiales de la sierra. El color rojo que presentan estas litologías se manifiesta en la respuesta espectral de las imágenes en falso color (fundamentalmente del sensor TM), distinguiendo esta unidad de las demás. Morfológicamente se diferencia muy bien en la imagen de SPOT pancromático, en donde se aprecia un relieve muy disectado.

La unidad ED6 está formada por una variedad litológica formada por margas, areniscas, conglomerados y pelitas, que forman distintas unidades geológicas. Esta unidad presenta una superficie de afloramiento reducida debido a que está cubierta por depósitos cuaternarios, apareciendo en su mayor parte en las laderas formadas por la incisión de las ramblas. Morfológicamente se distinguen bien en las zonas en las que la alternancia de areniscas con margas afloran sin recubrimiento cuaternario, mostrando relieves estructurales en cuesta que se identifican en las imágenes.

La unidad ED7 se diferencia bien en todas las imágenes por su relieve y homogeneidad espectral, a pesar de su heterogeneidad litológica, que probablemente se ve uniformizada por el contenido en carbonatos en todas las litologías (margas, calizas arrecifales, conglomerados con componentes calcáreos, etc.).

Unidades geomorfológicas desarrolladas en materiales cuaternarios

Gran parte de la superficie de la Cuenca de Huércal-Overa está ocupada por depósitos cuaternarios, principalmente abanicos aluviales, presentando un relieve suave. Se pueden distinguir, especialmente en la imagen de falso color de SPOT XS, superficies de abanicos con distintos colores. Estos colores están determinados por: la presencia de encostramientos carbonatados en la superficie, las características composicionales del área fuente, y por la presencia y tipo de vegetación.

En la imagen de SPOT pancromática el análisis de tonos y texturas permite diferenciar claramente abanicos antiguos (pleistocenos) y abanicos más recientes (holocenos y actuales). Litológicamente ambos tipos de abanicos son idénticos, con la excepción de la presencia o ausencia de la costra carbonatada, que es la que determina la existencia de respuestas espectrales extremas en el conjunto de la imagen.

La unidad FD está formada por abanicos pleistocenos, presenta tonos de grises claros (debido fundamentalmente a la presencia de costras carbonatadas) y un relieve interno suave causado

por una red de drenaje subparalela que actualmente los está desmantelando. La unidad F está formada por los abanicos holocenos y actuales, presenta tonos de gris oscuro (sin encostramientos bien desarrollados) y ausencia de relieve interno desarrollado. En esta unidad también se agrupan el resto de materiales holocenos y actuales. El resto de materiales cuaternarios son holocenos y actuales, y son distinguibles en las imágenes correspondiendo a las zonas de menor pendiente como son los fondos de las ramblas, a llanuras de inundación y a terrazas del río Almanzora. Los fondos de los canales o ramblas no presentan vegetación ni corrientes de agua la mayor parte del tiempo, por lo que aparecen los cantos reflejando la respuesta espectral del área fuente. En la figura 3 se han señalado con flechas dos ejemplos de ramblas con distintas áreas fuente. La situada más al Este es la rambla de Giviley, cuyo lecho presenta una respuesta espectral idéntica a la de la unidad ED1 de cuarcitas y micaesquistos; la situada más al oeste es la rambla de la Higuera, cuyo lecho presenta una reflectancia producto de la mezcla de litologías existentes en el área fuente, formada principalmente por materiales de la unidad ED4.

4.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

La utilización de imágenes TM y SPOT para la cartografía de unidades homogéneas de terreno a escala 1:100.000 basadas en parámetros geomorfológicos, junto con la utilización de fotografías aéreas y observaciones de campo permiten un reconocimiento geomorfológico rápido de una zona determinada. Esta diferenciación de unidades es útil para ser utilizada en estudios integrales o sintéticos de análisis del terreno relacionados con la cartografía de unidades ambientales (Robinove, 1979; Van Zuidam, 1986; Meijerink, 1988).

El tratamiento digital de imágenes diferencial aplicado a los distintos tipos de sensores para realizar el análisis morfo-litológico de la zona de estudio ha demostrado ser de gran eficacia. Las unidades distinguidas, se han basado, además de en el relieve bien caracterizado en la imagen de SPOT pancromática, en fundamentos espectrales analizados en las imágenes TM y SPOT XS.

Así la presencia de ciertos componentes minerales distintivos, hacen que las unidades que los poseen aparezcan bien diferenciadas (Hunt & Salisbury, 1971, 1976; Hunt et al., 1971); por ejemplo la existencia de carbonatos en la unidad ED7, la presencia de micaesquistos en la unidad ED1 y la presencia de óxidos de hierro dando tonos rojizos en campo en la unidad ED5, determinan la homogeneidad espectral a la escala de estudio.

5.- BIBLIOGRAFIA

- Donker, N.H.W. and Soeters, R. 1990. *Digital image processing subjects for Earth Sciences*. ITC internal report. Enschede 77 pp.
- García-Meléndez, E. 1993. *Geodynamic evolution of the Huércal-Overa basin and the Sierra de Las Estancias during the Quaternary (Almería, SE Spain)*. ITC MSc. Thesis. Enschede 108 pp.
- García-Meléndez, E., Goy, J.L., Zazo, C., Soeters, R. and Ferrer-Julà, M. (en prensa). Clasificación del Terreno en la Cuenca de Huércal-Overa y la Sierra de Las Estancias mediante un método de Geomorfología Aplicada. *Boletín de Estudios Almerienses*.
- Hunt, G.R. and Salisbury, J.W. 1971. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: II. Carbonates. *Modern Geology*, 2: 23-30.
- Hunt, G.R. and Salisbury, J.W. 1976. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: XII. Metamorphic rocks. *Modern Geology*, 5: 219-228.
- Hunt, G.R., Salisbury, J.W. and Lenhof, J. 1971. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: III. Oxides and Hydroxides. *Modern Geology*, 2: 191-205.
- Mather, P.M. 1987. *Computer processing of remotely sensed images*. John Wiley & Sons. Chichester 352 pp.
- Meijerink, A.M.J. 1988. Data acquisition and data capture through terrain mapping units. *ITC Journal*, 1988-1: 23-44

- Richards, J.A. 1986. *Remote Sensing Digital Image Analysis, an introduction*. Springer-Verlag. Berlin 281 p.
- Robinove, C.J. 1979. Integrated Terrain Mapping with digital Landsat images in Queensland, Australia. *Geol. Survey Prof. paper* 1102, 39 p.
- Van Zuidam, R.A. 1986. *Aerial photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Publishers. The Hague 442 p.