

# CLASIFICACIÓN DEL TERRENO DE LA CUENCA DE HUÉRCAL-OVERA Y LA SIERRA DE LAS ESTANCIAS MEDIANTE UN MÉTODO DE GEOMORFOLOGÍA APLICADA, (ALMERÍA, SE DE ESPAÑA)

GARCÍA-MELÉNDEZ E.\*; GOY GOY, J.L.\*; ZAZO CARDEÑA, C.\*\*; SOETERS, R.\*\*\* y FERRER JULIÀ, M.\*\*\*\*

\* Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca

\*\* Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid

\*\*\* International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Enschede, Bajos.

\*\*\*\* U.P.V. - Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid

## RESUMEN

*Utilizando un método de Cartografía Geomorfológica Aplicada mediante unidades homogéneas de terreno definidas por parámetros físicos de base (geológico-geomorfológicos), se clasifica el terreno correspondiente a la cuenca de Huércal-Overa y a la parte oriental de la Sierra de Las Estancias. La diferenciación de unidades se ha realizado sobre la base de observaciones de campo y de la interpretación de imágenes de satélite (LANDSAT TM, SPOT) y de fotografías aéreas. Los principales criterios utilizados para la clasificación y diferenciación de unidades han sido el relieve, la litología, los procesos geomorfológicos activos y el origen de las formas del relieve; obteniendo como resultado una serie de descripciones del terreno representadas en forma tabular y en un mapa a escala 1:100.000. Este método permite un reconocimiento general del terreno, como primer paso para realizar estudios más detallados sobre Ingeniería, Hidrología, Vegetación, ordenación de espacios naturales, y otros.*

**Palabras clave:** Geomorfología Aplicada, Cartografía, Clasificación del Terreno, Teledetección, Almería

## ABSTRACT

*Using an Applied Geomorphological Cartographic method, the terrain of the Huércal-Overa basin and the eastern part of the Sierra de Las Estancias is classified. Several homogeneous terrain units, defined by basic physical (geological-geomorphological) parameters, were differentiated based on field observations and aerospace imagery interpretation (LANDSAT TM, SPOT and aerial photographs). The main criteria for the terrain classification and differentiation between units were the relief, lithology, active geomorphological processes and the origin of the landforms. As a result, we have obtained a set of terrain descriptions presented in tabular form and a map 1:100.000 scale. This method allows a general reconnaissance of the terrain, as a first step towards deeper studies about Engineering, Hidrology, Vegetation, Environmental Management, an others.*

**Key words:** Applied Geomorphology, Cartography, Terrain Classification, Remote Sensing, Almería.

## INTRODUCCIÓN

En la preparación de informes sobre medio ambiente y recursos naturales, hay que realizar estudios sobre distintas áreas de conocimiento (estudios multidisciplinarios) para obtener una visión integrada de los distintos componentes del medio natural (geológicos, geomorfológicos, usos del suelo, vegetación, y otros). A pesar del desarrollo de la Geomorfología Aplicada desde hace tiempo, esta disciplina no es utilizada en informes sobre medio ambiente en relación con proyectos concretos que afectan al terreno, como por ejemplo en el emplazamiento de vertederos, la construcción de caminos, carreteras y pistas forestales, etc., considerando sólo aspectos geotécnicos e hidrogeológicos puntuales y de detalle, que son imprescindibles, pero sin estar integrados en el contexto geomorfológico de la zona de estudio, cuya diferenciación en unidades homogéneas de terreno habría de servir en el proceso de selección de aquéllas áreas en las que llevar a cabo los estudios de detalle.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis geomorfológico sobre la base de una clasificación del terreno, de la cuenca de Huércal-Overa y la parte oriental de la Sierra de Las Estancias; para ello se emplea un método de Cartografía Geomorfológica Aplicada mediante unidades homogéneas de terreno definidas por parámetros físicos de base (geológico-geomorfológicos). Esta clasificación de terreno se presenta en un mapa a escala 1:100.000, que es una escala de transición entre mapas geomorfológicos de detalle y mapas de mediana escala para reconocimientos geomorfológicos, es por lo tanto una escala de semidetalle que permite extrapolación y generalización.

La determinación de unidades homogéneas se ha utilizado desde hace años en estudios de Geomorfología Aplicada, en los trabajos de Pedraza (1981) y MOPT (1991), entre otros, se hace referencia a los primeros trabajos que utilizan estas técnicas y a los que las consolidaron.

Existen diversos enfoques en la clasificación del terreno, aunque varios autores coinciden en que el sistema de cartografía ha de ser flexible, para poder así utilizarlo en aplicaciones a problemas específicos y en todas las escalas (Meijerink, 1988; Cooke & Doornkamp, 1990), además de en distintas áreas geográficas.

Entre otros, en los trabajos de Pedraza (1981), Garzón (1981), Van Zuidam (1986), Cooke & Doornkamp (1990), Mopt (1991), Diputación de Gipuzkoa (1991), Frances et al. (1993), se consideran aspectos sobre los métodos y aplicaciones de este tipo de cartografía.

El método seguido para la diferenciación de unidades homogéneas en nuestra zona de estudio se fundamenta en los trabajos de Van Zuidam (1986) y Meijerink (1988) que se basan en parámetros geológico-geomorfológicos, utilizando imágenes aeroespaciales y observaciones de campo. Dentro de estos parámetros, los principales criterios utilizados para la diferenciación han sido litología, relieve, procesos geomorfológicos activos y origen de las formas del relieve. Como resultado se obtienen descripciones del terreno en cada unidad diferenciada, expresadas de forma sencilla en tablas o fichas fáciles de leer e identificar con su correspondiente representación en el mapa de clasificación del terreno.

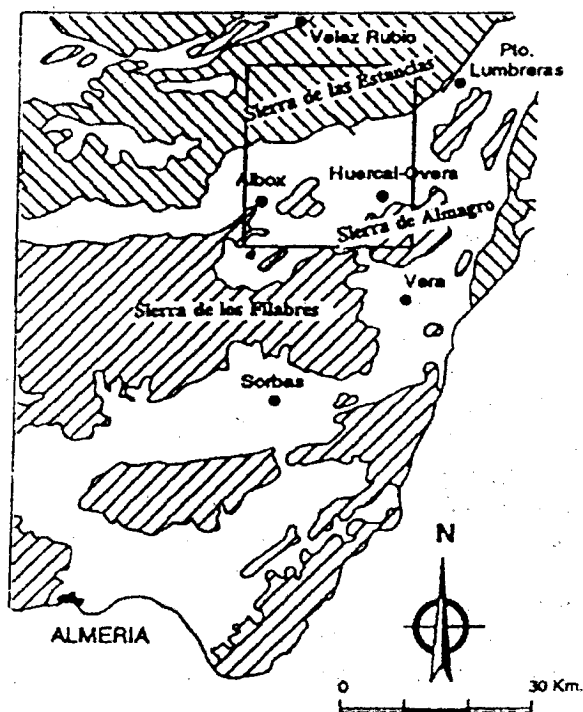


FIG. 1.- Situación del área de estudio en SE de España. Con trama rayada aparecen las zonas de sustrato de las Cordilleras Béticas, en blanco las cuencas neógenas y cuaternarias.

## SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y CONTEXTO GEOGRÁFICO - GEOLÓGICO

Situada en las Cordilleras Béticas Orientales, al norte de la provincia de Almería, la cuenca de Huércal-Overa está limitada por la Sierra de Las Estancias (1.500 m) en el norte y por la parte oriental de la Sierra de Los Filabres (1.250 m) y la Sierra de Almagro (711 m) en el sur. La altura en la cuenca sedimentaria varía desde unos 300 m en el este a unos 600 m en el oeste. La continuación de la cuenca hacia el oeste sigue el curso del río Almanzora aguas arriba, formando el llamado Corredor del Almanzora, que finaliza en la cuenca de Baza (Fig.1).

Esta región presenta un clima seco, semiárido, aunque de hecho, debido a variaciones en el relieve, tiene más de un tipo de clima oscilando entre Mediterráneo subtropical en el este, a Mediterráneo templado con características continentales en el oeste y en las áreas montañosas (MAPA, 1984). La precipitación anual media es entre 200 mm en las partes bajas de la cuenca y 400 mm en las sierras circundantes; la precipitación máxima estacional ocurre en otoño, seguido de primavera, invierno y verano; la temperatura media

anual varía entre 13°C y 18°C (IGME, 1982). La distribución de la precipitación es muy irregular, registrándose niveles muy elevados después de fuertes tormentas de pocas horas de duración que causan un daño considerable. Estas precipitaciones extremadamente fuertes tienen una gran importancia en el modelado del terreno de toda la zona de estudio.

Geológicamente el área de estudio está localizada en una zona de indentación de dos orientaciones tectónicas principales, una E-W y otra NE-SW, que influyen en las áreas de sedimentación, los elementos morfotectónicos presentes y en ocasiones la red de drenaje (García Meléndez, 1993). Se diferencian dos grandes conjuntos:

El primero está formado litológicamente por: micaesquistos, cuarcitas, filitas, calizas y dolomías (también aparecen yesos, pizarras, areniscas y grauvacas en la Sierra de Almagro, y mármoles en el área del Cerro de Limaria). Estas rocas pertenecen al sustrato metamórfico que aflora en los relieves de la Sierra de Las Estancias, de la Sierra de Almagro y en los relieves del área del Cerro de Limaria. Las rocas de este conjunto pertenecen en su mayor parte al Complejo tectónico Alpujárride, aunque también existen pequeños afloramientos de los complejos Maláguide y Nevado-Filábride (Sierra de Almagro y Limaria). Estas rocas están agrupadas en distintas formaciones y unidades tectónicas, encontrándose todo el conjunto fuertemente deformado y fracturado siguiendo orientaciones diversas (Voermans et al., 1979, 1980).

El segundo conjunto está formado por el relleno sedimentario de la cuenca de Huércal-Overa, formada como resultado de las deformaciones tectónicas asociadas a la Orogenia Alpina ocurridas durante el Mioceno. Litológicamente está constituida por brechas, conglomerados, margas (en ocasiones con yesos), areniscas, calizas arrecifales y travertínicas, gravas, limos y arcillas. Este conjunto se encuentra a su vez también fracturado y deformado (Briend, 1981; Guerra Merchán, 1992; García Meléndez, 1993).

## MATERIAL Y MÉTODO

Existen tres métodos o tendencias principales en los estudios geomorfológicos y su cartografía (Verstappen & Van Zuidam, 1991), (Fig.2):

- 1- El método analítico, que se basa en estudios sistemáticos y profundos de Geomorfología, son de carácter monodisciplinar y enfatizan factores como génesis, cronología, estructura, etc. de las formas.
- 2- El método sintético, que es de carácter multidisciplinar, en el que se integran varios factores del medio natural (condiciones hidrológicas, vegetación, usos del suelo, etc., además del relieve) para generar mapas de unidades ambientales.
- 3- El método pragmático, en el que sólo se obtiene información relevante para el conjunto de especificaciones del proyecto que se lleva a cabo.

La Geomorfología puede tener un papel clave (que no siempre ha tenido) en los estudios que emplean el método sintético, a la hora de proporcionar unidades cartográficas basadas en las formas del relieve.

<b>ESTUDIOS SINTETICOS</b>						
	LITOLOGIA	FORMAS DE RELIEVE	SUELOS / SEDIMENTOS	AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA	VEGETACION NATURAL / CULTIVADA	CLIMA ETC
<b>ESTUDIOS ANALITICOS</b>	MORFOMETRIA	<b>ESTUDIOS PRAGMATICOS</b> MAPAS DE PENDIENTE ASPECTOS VISUALES DEL TERRENO ESTUDIOS DE VISIBILIDAD / COBERTURA MAPAS DE CONSERVACION DE FORMAS MAPAS HIDRO-MORFOLOGICOS ZONACION DE RIESGOS DE INUNDACIONES ESTUDIOS DE SUSCEPTIBILIDAD DE SEQUIAS ZONACION DE RIESGOS (VARIOS) ETC				
	MORFOGRAFIA					
	PROCESOS					
	MORFOGENESIS					
	MORFO-CRONOLOGIA					
	ETC					

FIG. 2.- Tipos de mapas y estudios geomorfológicos (modificado de Verstappen & Van Zuidam, 1981)

La importancia de basar las unidades cartográficas en las formas del relieve en los estudios sintéticos es fundamental debido a que:

- permiten un análisis tridimensional del terreno en fotografías aéreas e imágenes de satélite;
- son invariables con la estación del año;
- son más estables ante los cambios inducidos por el hombre.

De esta forma se obtienen unidades cartográficas que pueden perdurar en el tiempo a pesar de los cambios de vegetación o del uso del suelo, actualizando solamente el nuevo uso o vegetación en la unidad cartográfica.

En este trabajo nos referiremos a unidades homogéneas teniendo en cuenta la litología y geomorfología, esto es, factores abióticos sin tener en cuenta la flora, fauna y otros factores bióticos, algunos de los cuales aparecen en la tabla descriptiva de las unidades homogéneas (Fig.7), no como elemento clave en su definición, sino como una característica complementaria, por ejemplo los tipos de suelos que aparecen en la tabla de la figura 7, tomados de ICONA (1990). En este sentido, utilizaremos como base de nuestra clasificación el sistema de cartografía del ITC, ya que se centra exclusivamente en dichos factores abióticos. Este sistema es universal, es decir, susceptible de ser aplicado a diferentes regiones de características distintas, y está basado en cuatro aspectos (Van Zuidam, 1986): a) es aplicable a estudios de varias disciplinas; b) es aplicable a estudios que requieren distintos niveles de detalle (independiente de la escala); c) per-

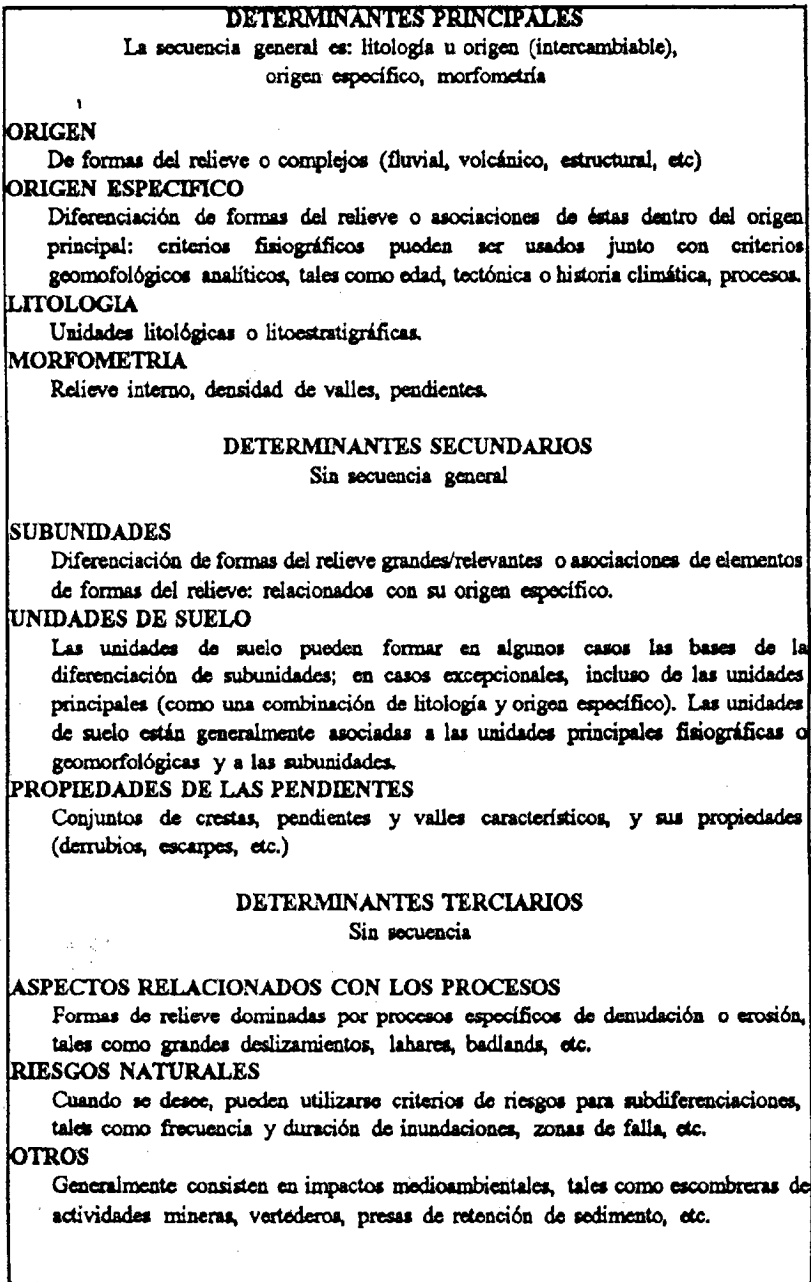


FIG. 3.- Orden jerárquico de los criterios de clasificación de TMU (modificado de Meijerink, 1988)

mite la distinción clara entre unidades homogéneas sobre la base de fotografías aéreas (con un mínimo de trabajo de campo); d) permite una extrapolación y generalización fácil. El método de diferenciación de las unidades homogéneas de terreno se basa en las «Terrain Mapping Units» (Unidades Cartográficas de Terreno) de Meijerink (1988), que son categorías de clasificación del terreno diseñadas para ser tratadas en un Sistema de Información Geográfica. Esta clasificación es abierta, independiente de la escala, y acepta alternativas definidas por el usuario, haciéndola así aplicable universalmente. Para este autor, las TMU están basadas en la Geomorfología y agrupan en su definición el origen geomorfológico (fluvial, volcánico, etc.) y fisiografía, la litología, morfometría, y suelos (Fig.3). Las TMU se establecen principalmente mediante la interpretación de imágenes aeroespaciales (fotografías aéreas e imágenes de satélite), siempre acompañada de trabajo de campo, y de mapas ya existentes. La clasificación que propone este autor también está basada en el «sistema ITC» de cartografía geomorfológica y en el sistema de análisis del terreno de Van Zuidam (1986).

En el área de estudio se han diferenciado varias unidades homogéneas de terreno mediante imágenes de satélite (copias en papel) a escala 1:100.000. Las imágenes utilizadas fueron: composición en falso color LANDSAT TM (ortoimagen del Instituto Geográfico Nacional) con la combinación de bandas del espectro electromagnético 5, 4 y 3 para el rojo, verde y azul respectivamente y una imagen SPOT en el modo pancromático (Fig. 6) tratada con un filtro «Laplace-plus» para realzar el relieve; en algunas áreas, para facilitar la diferenciación de unidades, se han utilizado ocasionalmente una combinación de bandas de LANDSAT TM (4, 5 y 3) y de SPOT multiespectral (3,2,1) también tratadas con filtro «Laplace-plus», junto con las mencionadas anteriormente. Estas imágenes proporcionan una visión estereoscópica muy restringida que en algunos casos ha sido útil para la diferenciación del relieve.

Los principales criterios para la clasificación del terreno a partir de la interpretación de imágenes de satélite, junto con el trabajo de campo y la interpretación de fotografías aéreas, son el relieve, litología, procesos geomorfológicos activos (deposicionales o de acumulación y erosionales) y el origen de las formas del relieve. El relieve se ha cuantificado determinando valores de relieve interno, para ello se ha utilizado el mapa topográfico a escala 1:100.000, sobre el que se marcaron 104 puntos distribuidos en las unidades diferenciadas. El relieve interno es la media de las diferencias de altura en metros entre las divisiones locales de drenaje o parte superior de los valles y sus fondos dentro de cada unidad; el procedimiento de cálculo se describe en la figura 4. En la figura 5 se muestra la tabla de intervalos del relieve interno para nuestra zona de estudio; en esta tabla las unidades FD y F aparecen dentro del mismo grupo debido a la imposibilidad de la cuantificación de su relieve interno en el mapa a escala 1:100.000, cuya equidistancia entre curvas de nivel es de 40 m, no obstante, sobre la base de las observaciones de campo y de fotografías aéreas, se ha asignado a la unidad FD un relieve interno bajo y a la unidad F muy bajo.

Las observaciones sobre fotografías aéreas a escalas aproximadas de 1:18.000 y 1:33.000 fueron realizadas en ciertas áreas en las que existía mayor dificultad con el fin de completar la interpretación y delimitación de unidades a escala 1:100.000. En el mapa

que se presenta, las zonas situadas en el área del Cerro de Limaria y al oeste de éste, las de alrededor del río Almanzora, y las de la Sierra de Almagro, han sido interpretadas y clasificadas sólo por imágenes de satélite y extrapolación a partir de áreas mejor estudiadas en la zona central del área de estudio.

## RESULTADOS

A partir del análisis e interpretación de imágenes acroespaciales y de las observaciones de campo, se distinguen las unidades homogéneas descritas a continuación. El relieve y las litologías están bien representados en las imágenes de satélite mientras que los procesos erosivos y deposicionales han sido diferenciados mediante fotografías aéreas y observaciones de campo. Las unidades homogéneas diferenciadas se representan en el mapa y la tabla de las figuras 7 y 7 bis.

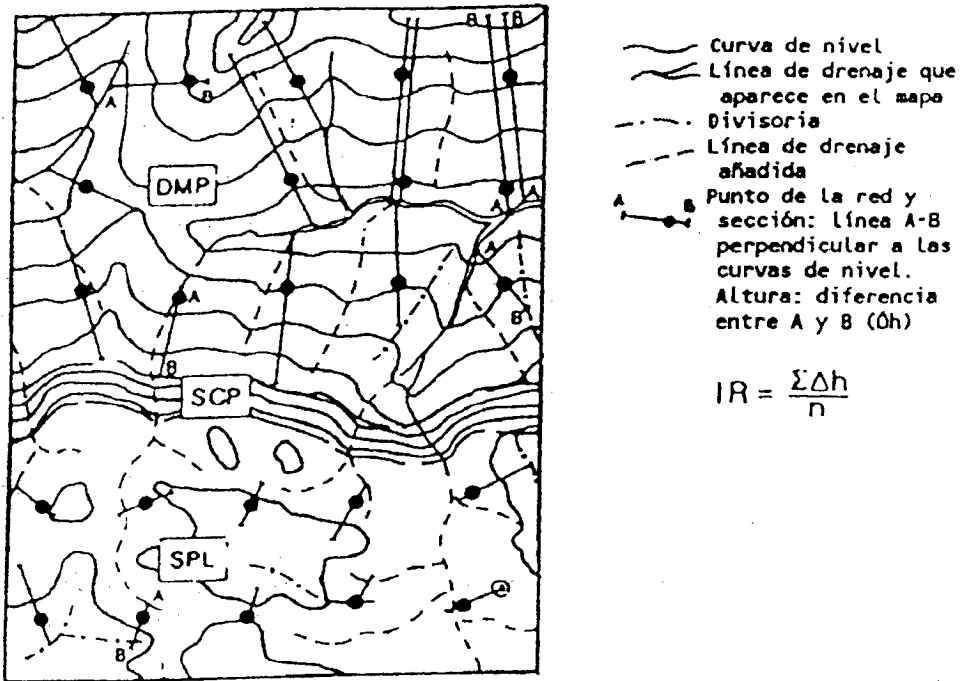


FIG. 4.- Procedimiento de cálculo del relieve interno, IR (modificado de Meijerink, 1988)



### *Descripción de las unidades*

Se distinguen cinco tipos de formas del relieve en cuanto a su origen: estructural, denudacional, estructural-denudacional, fluvio-denudacional y fluvial, dentro de los dos grandes conjuntos del área de estudio: la Sierra de las Estancias y la cuenca de Huércal-Overa. Es importante destacar que la unidad ED5 (que se corresponde con las brechas, conglomerados y areniscas rojas, del relleno sedimentario de la cuenca) se comporta a los efectos de actuación de los procesos geomorfológicos, debido a su dureza, de forma similar a las unidades de la Sierra de Las Estancias.

### *Unidades de la Sierra de Las Estancias*

La Sierra de Las Estancias constituye la parte norte del área de estudio y está formada principalmente por rocas metamórficas, como se ha mencionado anteriormente. Toda este área está cubierta por fragmentos de rocas (formando eluviones y coluviones) con un espesor variable que oscila entre 50 cm y 2 m, siendo mayor en las partes inferiores de las pendientes. Estos depósitos de pendiente están presentes en el área con fragmentos de roca de tamaño variable (presentando bloques escasos), que son relativamente fáciles de transportar dependiendo de la energía de las descargas de lluvia

Extremado	>125	E1,ED3
Muy alto	90-124	ED7,ED4
Alto	70-89	ED1,ED2
Moderado	50-69	ED5,ED6
Intermedio	30-49	D1
Bajo/Muy bajo	<29	FD,F

**FIG. 5.-** Tabla de intervalos de relieve interno para la zona de estudio.  
Las unidades diferenciadas aparecen con sus códigos

torrencial. Los elementos erosivos están presentes sobre la totalidad del área en forma de procesos de erosión concentrada que tienen lugar principalmente a través de regueras (rills). Las paredes de estas regueras se ensanchan debido al lavado (eliminación) de los fragmentos, una vez que la roca intacta es alcanzada. También aparece erosión en lámina (sheet) como proceso erosivo no concentrado. En la actualidad los procesos de pérdida de material son más activos que los acumulativos, generando pendientes «weathering controlled», este tipo de pendientes ocurren cuando la tasa actual de producción de regolito es menor que la tasa potencial a la cual se puede transportar (Selby, 1982). Considerando que en el pasado los procesos acumulativos fueron dominantes, debido a los depósitos que aparecen actualmente, esto es probablemente una indicación de que condiciones más húmedas han sido dominantes en el pasado, facilitando la alteración de la roca.

### **Formas de origen estructural**

#### *Cresta estructural en calizas y dolomías. E1*

Esta cresta estructural desarrollada en calizas y dolomías comprende la parte más alta de la Sierra de Las Estancias en el área de estudio y coincide con la divisoria de aguas de la cuenca del río Almanzora. Está formada por pendientes muy pronunciadas, estando las calizas y dolomías densamente diaclasadas. Las intersecciones de la estratificación con el diaclasado en distintas orientaciones determina un variado rango de fragmentos que debido a su caída, cubren las pendientes con gran variedad de tamaños. Además de la gravedad, los fragmentos más pequeños pueden a su vez ser removilizados por la escorrentía superficial.

### **Formas de origen denudacional:**

#### *Piedemontes denudacionales en cuarcitas y filitas. D1*

Estos piedemontes forman pendientes de moderada a suavemente inclinadas y parcialmente disectadas. Las pendientes moderadamente inclinadas están en continuidad con la unidad descrita anteriormente, formando piedemontes coluviales cubiertos con fragmentos calcáreos de varios tamaños, incrementándose los fragmentos de filitas hacia abajo en la pendiente. Estos piedemontes coluviales presentan una costra calcárea con una potencia variable formada por la precipitación a partir de aguas ricas en carbonatos provenientes de las calizas y dolomías. Por debajo del coluvión, y cerca del contacto con las calizas, el sustrato metamórfico está parcialmente alterado. La zona de las pendientes suavemente inclinadas está caracterizada por un relieve ondulado en colinas cubierto en sus partes altas por acumulaciones de fragmentos de rocas producidos en el mismo lugar (eluvial), y en las partes bajas por los mismos fragmentos anteriores, transportados por escorrentía superficial no concentrada. En toda la unidad las formas de erosión presentes son regueras, cárcavas y erosión en lámina. Los piedemontes coluviales en algunas zonas están coalesciendo con conos aluviales.

## Formas de origen estructural-denudacional

### *Relieves estructurales-denudacionales en cuarcitas y esquistos. ED1*

Esta unidad ocupa la mayor parte del área de la Sierra de Las Estancias y está caracterizada por pendientes de moderadamente inclinadas a inclinadas, formando una topografía ondulada en colinas, estando el drenaje controlado en gran medida por la fracturación. Los procesos erosionales más importantes son regueras y erosión en lámina. El terreno se encuentra moderadamente disectado.

### *Relieves estructurales-denudacionales en cuarcitas y filitas. ED2*

Esta unidad está formada por relieves moderadamente inclinados y disectados, que dan un terreno ondulado. El drenaje, que presenta una densidad menor que en la unidad anterior, está parcialmente controlado por diaclasas y fallas.

### *Relieves estructurales-denudacionales en calizas y dolomías. ED3*

Esta unidad está localizada en la Sierra de Madroño, al oeste de la zona de estudio, y en el área del Cabezo Jara al este de la misma. La unidad está caracterizada por pendientes inclinadas y suavemente disectadas en las cuales la caída de bloques es el principal proceso geomorfológico inducido por los sistemas de diaclasas y la estratificación.

### *Unidad de la Sierra de Almagro, área del Cerro de Limaria y la Sierrecica*

### *Relieves estructurales-denudacionales en rocas metamórficas, brechas y conglomerados. ED4*

Esta unidad, presente en el sur del área de estudio, ha sido estudiada sobre la base de imágenes de satélite y de fotografías aéreas, con sólo observaciones de campo limitadas en la zona al sur Huércal-Overa. Está constituida por un heterogéneo grupo de litologías que constituye, en las imágenes de satélite, una unidad relativamente homogénea caracterizada por una topografía en colinas y cerros con pendientes de moderadas a muy pronunciadas, altamente incididas y disectadas. El área muestra claros efectos de actividad tectónica que se manifiesta en la fuerte influencia en las distintas litologías de fallas y diaclasas. Los procesos geomorfológicos más activos son erosión en lámina, regueras y cárcavas, junto con algunos deslizamientos rotacionales y «toppling», éste último relacionado con diaclasas.

### *Unidades de la Cuenca de Huércal-Overa*

La cuenca neógeno-cuaternaria de Huércal-Overa tiene una gran variedad de litologías que condicionan la distribución de los procesos y características geomorfológicas. Se distinguen cinco unidades.



FIG. 6.- Imagen de la zona de estudio tomada por el satélite SPOT en modo pancromático

## Formas de origen estructural-denudacional

### *Relieves estructurales-denudacionales en brechas, conglomerados, arenas y limos. ED5*

Esta unidad está caracterizada por una topografía ondulada en colinas severamente disectada, extendiéndose sobre la parte norte de la cuenca, y directamente en contacto con el sustrato metamórfico de la Sierra de Las Estancias. El control estructural se manifiesta por crestas, que en algunos lugares están claramente controladas por fallas. Una vista panorámica en campo del relieve de los conglomerados y limos rojos muestra una topografía de suaves colinas cubiertas por un matorral característico, pero dentro de la unidad también existen pendientes muy inclinadas, cañones y barrancos con paredes subverticales relacionadas con la incisión de las ramblas. La dirección y buzamiento de los estratos, la orientación del drenaje, el grado de cementación de las rocas y la frecuencia de las intercalaciones de limos y arenas en los conglomerados, determinan la respuesta del terreno a los procesos geomorfológicos activos, siendo los principales, la erosión en lámina, regueras y cárcavas. La erosión en lámina y las regueras están presentes sobre todo en las pendientes superiores convexas, mientras que las cárcavas están relacionadas con la fracturación y con la incisión del drenaje.

### *Relieves estructurales-denudacionales en margas, pelitas y areniscas. ED6*

Esta unidad está caracterizada por pendientes suaves, moderadas y pronunciadas, que están de moderada a severamente disectadas. La principal característica de esta unidad es el desarrollo de badlands en las litologías margosas y limosas, que está relacionado con el levantamiento tectónico cuaternario regional del área, y con la influencia climática (caracterizada por una limitada pero intensa precipitación y un prolongado clima seco y cálido) que ha causado una incisión del drenaje y el desarrollo de badlands. La particular estructura de las unidades geológicas da como resultado en algunas áreas una asociación de niveles duros (niveles de areniscas o conglomerados presentes en las margas y pelitas) que forman «dipslopes» o pendientes de buzamiento, con badlands en la cara opuesta («faceslope»), originando un paisaje denudacional influenciado por la estructura. En otras áreas con margas más homogéneas, los badlands se han desarrollado en pendientes inclinadas relacionadas con la incisión de las ramblas en margas frecuentemente cubiertas por depósitos cuaternarios. Erosión en regueras, cárcavas, subfusión («piping») y movimientos en masa (deslizamientos de rocas, «debris» y barro) son procesos frecuentemente presentes en esta unidad. Los deslizamientos en roca y «debris» son más comunes en áreas con niveles areniscos y conglomeráticos frecuentes, mientras que los deslizamientos de barro son más comunes en las margas. Los fenómenos de subfusión en las cuencas de Huércal-Overa (Eshetu, 1992) y de Vera (Harvey, 1982, 1987) están relacionadas con margas ricas en yeso que contienen sales solubles. En general el desarrollo de badlands aparece como el resultado de una combinación de procesos superficiales y subsuperficiales (pero próximos a la superficie), como son la escorrentía superficial, regueras, etc. y procesos claramente subsuperficiales (subfusión). El desarrollo de badlands es muy sensible no sólo a los cambios inducidos naturalmente (como las variaciones climáticas durante el Cuaternario) si no también a cambios del uso del suelo y a la acción antrópica.

En toda esta unidad existe un fuerte control de la estratificación en los procesos de ladera. Frecuentemente se observa en el campo que la presencia de diaclasas, fallas e incluso las estructuras sinsedimentarias debilitan la roca de tal manera que los procesos erosivos (hídricos y de movimientos en masa) están concentrados en esos lugares.

*Relieves y pendientes estructurales y denudacionales en calizas, conglomerados, areniscas, margas y pelitas. ED7*

Esta unidad está caracterizada por pendientes de pronunciadas a muy pronunciadas y moderadamente disectadas, presentes en el Alto de la Ventica y en el Cerro de Tallante. Las laderas que están orientadas hacia el norte están cubiertas por materiales coluviales mostrando regueras, cárcavas incipientes y deslizamientos de barro y «debris» (estos últimos están relacionados con las margas y con los materiales coluviales). La presencia de fallas de orientación NE-SW y NW-SE controlan el desarrollo de crestas en los conglomerados y los procesos de caída de bloques, estos últimos en las laderas orientadas hacia el sur, que son más abruptas. Los materiales coluviales muestran en ocasiones grandes bloques, probablemente originados por caída de rocas. Las laderas del Alto de la Ventica orientadas hacia el SW presentan caída de bloques provenientes de las calizas, mientras que las cárcavas, regueras y deslizamientos tienen lugar en las margas. Algunas de las laderas orientadas hacia el sur son aproximadamente paralelas a la estratificación de las margas y areniscas, generando deslizamientos de rocas.

### **Formas de origen fluvial-denudacional**

*Superficies fluvio-deposicionales con predominio de denudación. FD*

Esta unidad se desarrolla en las superficies de abanicos aluviales del Pleistoceno (García Meléndez, 1993) presentes en el área central de la zona de estudio. Las superficies de estos abanicos están de moderada a altamente disectadas, mostrando relieves levemente ondulados. Estas superficies aparecen a distintas alturas respecto al nivel del lecho de las ramblas, reflejando las distintas etapas y edades relativas del desarrollo geomorfológico de la cuenca. Litológicamente está compuesta por alternancias de niveles de gravas, arenas y limos, presentándose en ocasiones las gravas de la base del depósito cementadas constituyendo un conglomerado de espesor variable, aunque normalmente no superior a 2 m.

La disección presente en la superficie de los abanicos es fácilmente discernible tanto en las fotografías aéreas como en las imágenes de satélite (especialmente del SPOT pancromático) mostrando una red de drenaje ligeramente paralela, que es cortada abrupta y lateralmente por la incisión de las principales ramblas. Dicha disección corresponde a un antiguo sistema de drenaje desarrollado sobre la superficie de los abanicos; algunas de estas antiguas líneas de drenaje están conectadas con las ramblas, mostrando en la cabecera un perfil longitudinal con leve pendiente, que cambia abruptamente a uno con pendiente pronunciada hacia aguas abajo. Las cárcavas socavan esta unidad en algunos lugares, comenzando su desarrollo en las pendientes pronunciadas de las unidades del neógeno subyacentes, principalmente margas. La erosión en lámina y regueras están

presentes en las superficies de los abanicos, que también presentan pequeños escalones y escarpes relacionados con fallas.

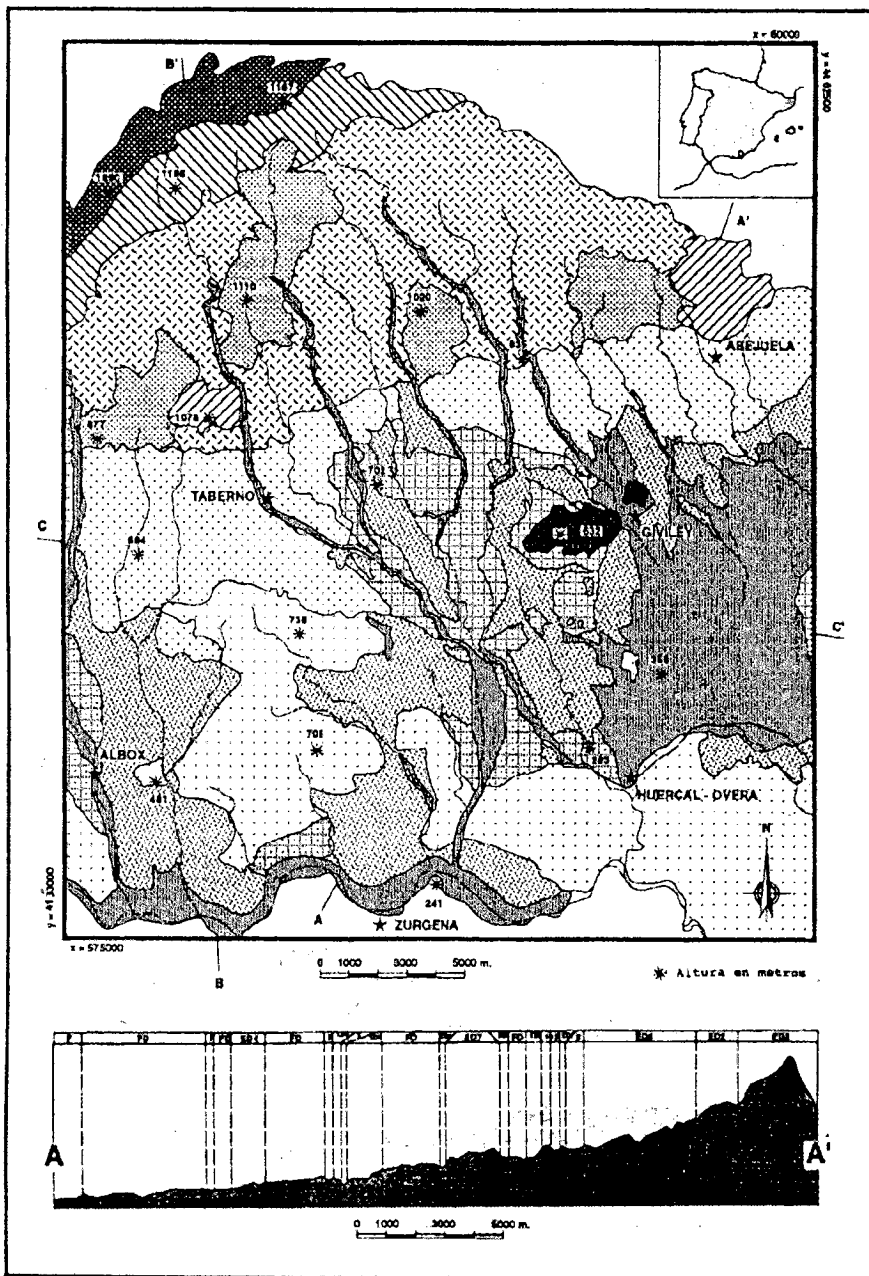


FIG. 7.- Mapa de clasificación del terreno, tabla-leyenda de las unidades y perfiles topográficos

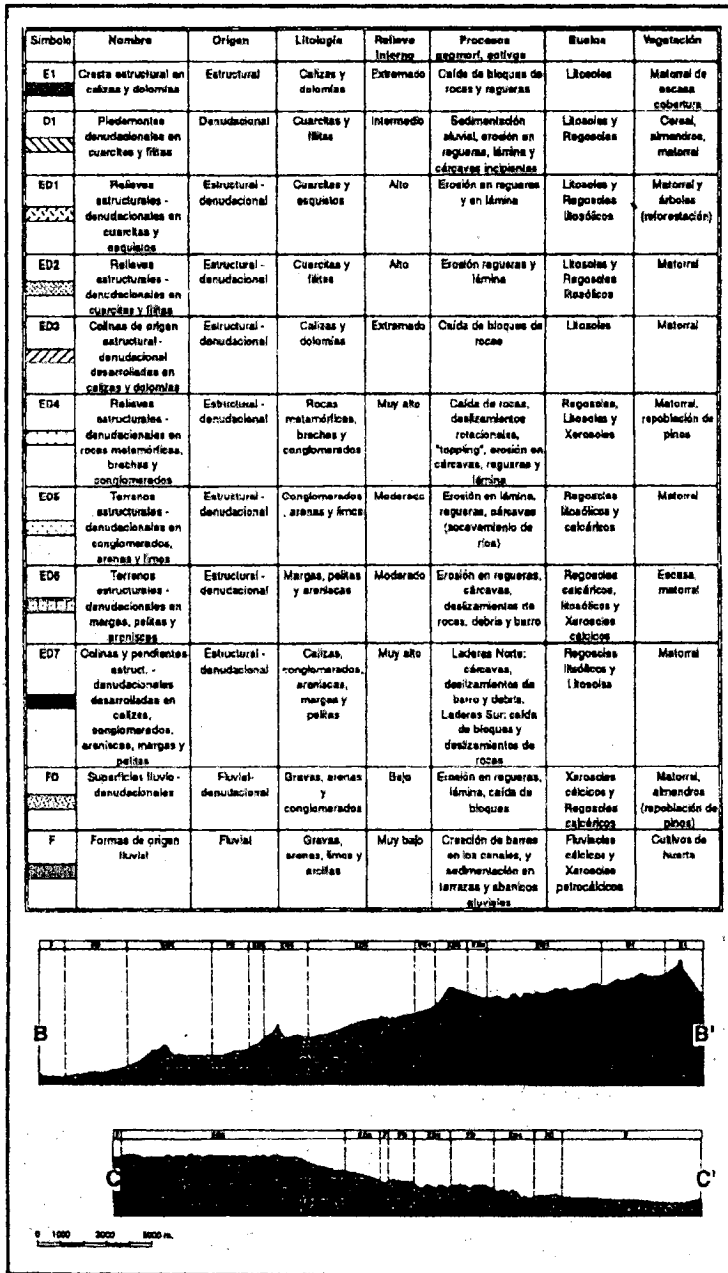


FIG. 7 bis.- Leyenda y perfiles



La red de drenaje se encaja en los depósitos neógenos, socavando los abanicos cuaternarios. Cuando el encajamiento alcanza la base de estos abanicos, provoca caída de rocas si el conglomerado basal está presente, o caída de «debris» si no lo está. El control estructural de esta unidad se manifiesta en la red de drenaje (Domínguez, 1993) y en los pequeños escalones y escarpes relacionados con fallas (García Meléndez, 1993). Además de estos hechos, en algunos cortes se observan estos depósitos claramente deformados, probando la existencia de actividad tectónica durante el Cuaternario.

### *Unidad de origen fluvial*

#### **Formas de origen fluvial-aluvial. F**

Estas formas están representadas en el área de estudio a lo largo de los valles de las ramblas por terrazas, llanuras de inundación (estrechas), pequeños conos aluviales y canales, y en la zona centro-este del área, en conexión con la Depresión del Guadalentín, por abanicos aluviales. Las terrazas y llanuras de inundación no están bien representadas debido al fuerte encajamiento presente en el área central. Litológicamente está formada por gravas, arenas, limos y arcillas; la mayoría de los sedimentos que conforman esta unidad son holocenos y actuales.

Los procesos geomorfológicos activos presentes son acumulación (sedimentación) y erosión por subfusión, ésta, presente en las terrazas formadas por depósitos limosos que han sido abandonadas en cuanto a prácticas agrícolas, pero también en zonas en donde todavía existe actividad agrícola como al este de Huércal-Overa, donde las facies distales de abanicos aluviales sufren colapsos inducidos por la subfusión que tiene lugar en las margas subyacentes.

#### **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

En el sector estudiado, mediante el método descrito de clasificación del terreno se han diferenciado once unidades homogéneas fundamentales, sobre la base de la Geomorfología (procesos, relieve y génesis de sus formas) y de la litología, clasificándolas y definiéndolas de acuerdo con estos caracteres. En cada una de ellas se ha señalado la influencia de los procesos actuales, así como el tipo de suelo y la vegetación existente. Estas unidades espaciales diferenciadas sobre la base de sus propiedades físicas, son a su vez áreas naturales que limitan tipos de vegetación, usos del suelo, procesos, condiciones de drenaje, relieve, etc., y forman la base para definir posibles aplicaciones de ingeniería.

El método utilizado en este trabajo proporciona un reconocimiento de las características geomorfológicas más importantes del terreno sin llegar a la valoración de las distintas unidades para un objetivo determinado. La clasificación del terreno es útil para especialistas en distintos campos a la hora de decidir dónde llevar a cabo estudios más detallados de acuerdo con los objetivos de sus trabajos. La cartografía propuesta es una

base para llevar a cabo estudios territoriales con distintos objetivos relacionados con la ordenación urbana, de espacios naturales, paisaje, etc., en los que los respectivos especialistas aportarán sus conocimientos para la obtención de resultados de acuerdo con los objetivos del estudio, tomando como base la cartografía basada en las formas del relieve realizada por especialistas en Geomorfología. Esto obliga a dichos especialistas a elaborar mapas en los que la leyenda ha de ser clara para expresar las condiciones del terreno (omitiendo expresiones que requieran un conocimiento científico amplio de Geología-Geomorfología) para las personas que los utilizarán posteriormente, facilitando de esta manera la comunicación interdisciplinar.

La fotointerpretación y la teledetección son sólo técnicas, en este caso fundamentales, para el análisis geomorfológico y la síntesis entre los parámetros geomorfológicos y los otros del medio natural. Para su uso efectivo es imprescindible experiencia en su utilización y conocimientos científicos sobre Geomorfología.

El estudio del medio físico realizado como primer paso en estudios de ordenación territorial, antes de llevar a cabo otros estudios de tipo socioeconómico constituye un procedimiento en dos fases, que resulta más ventajoso que el procedimiento en una sola fase (llevando a cabo a la vez y en paralelo estudios del medio físico y socioeconómicos). Esta ventaja del procedimiento en dos fases se debe a que realizando primeramente el estudio del medio físico, se pueden separar las áreas más convenientes actual y potencialmente, y eliminar las áreas que son inconvenientes (en el presente). Esta separación de áreas permite concentrar otro tipo de estudios (como por ejemplo los socioeconómicos) sólo en las áreas convenientes, ahorrando así tiempo y dinero. Además si la segunda fase no se lleva a cabo, la clasificación de terreno realizada ya es un estudio completo, que se podrá usar como referencia, en otros estudios sobre riesgos, planificación, etc.

Trabajo financiado por los Proyectos PB92-0282 y PB92-0023 de la DGICYT

## BIBLIOGRAFÍA

- BRIEND, M. (1981): «Evolution morpho-tectonique du bassin néogène de Huércal-Overa (Cordillères Bétiqes Orientales), Espagne». *IGAL, Doc. et Trav.*, 4, 208 p.
- COOKE, R.U. Y DOORNKAMP, J.C. (1990): «Geomorphology in environmental management», *Clarendon Press, Oxford*, 410 p.
- DIPUTACIÓN DE GIPUZKOA (1991): «Geomorfología y Edafología de Gipuzkoa», *Diputación Foral de Gipuzkoa, Ed.*, 128 p.
- DOMINGUEZ, R. (1993): «Morphotectonic zonation of the Huércal-Overa basin, SE Spain», *ITC MSc. Thesis, Enschede*, 99 p.
- ESHETU, A.M. (1992): «Natural Hazard inventory of the Huércal-Overa basin, Almería, Spain», *ITC MSc. Thesis, Enschede*, 98 p.
- FRANCÉS, E.; DÍAZ DE TERÁN, J.R.; CENDRERO, A. y GONZÁLEZ, A. (1993): «El uso de Unidades Geoambientales para el diseño de planes de restauración ambiental: aplicación a una zona del río Miera (Cantabria)». En: «*Problemática Geoambiental y Desarrollo*» (Ortiz Silla, R., Ed.), *Soc. Esp. Geol. Amb. y Ord. Territ.*, Murcia, 317-324.

- 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 p.
- GARZÓN, M.G. (1981): «La Cartografía en Geología Ambiental». En: «*Geología y Medio Ambiente*» (MOPU) CEOTMA, *Monografía 11*: 63-74.
- GUERRA MERCHÁN, A. (1992): «La Cuenca Neógena del Corredor del Almanzora», *Universidad de Granada, Tesis Doctoral, Edinford S.A., Málaga*, 237 p.
- HARVEY, A. (1982): «The role of piping in the development of badlands and gully systems in south-east Spain». En: «*Badland Geomorphology and Piping*» (R. Bryan y A. Yair, Ed), *Geo Books*, 317-335.
- HARVEY, A. (1987): «Patterns of Quaternary aggradational and dissectional landform development in the Almería region, Southeast Spain». *Die Erde*, V. 118: 193-215.
- ICONA - UNIVERSIDAD DE SEVILLA (1990): «Mapa de suelos, escala 1:100.000, hoja de Huércal-Overa», *proyecto LUCDEME, Gráficas Marte S.A., Madrid*, 99 p.
- IGME (1982): «Mapa geocientífico del medio natural, provincia de Almería, escala 1:100.000» *Instituto Geológico y Minero de España*, 2 vol.
- MAPA (1984): «Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000, hoja de Huércal-Overa y hoja de Vélez Rubio», *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*.
- MEIJERINK, A.M.J. (1988): «Data acquisition and data capture through terrain mapping units», *ITC Journal*, 1988-1: 23-44.
- MOPT (1991): «Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología», *Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid*, 572 p.
- PEDRAZA, J. de (1981): «Concepto de planificación: bases geológicas de la misma». En: «*Geología y Medio Ambiente*» (MOPU) CEOTMA, *Monografía 11*: 41-62.
- SELBY, M.J. (1982): «Hillslope materials and processes», *Oxford University Press*, 264 p.
- VAN ZUIDAM, R.A. (1986): «Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping», *Smits Publishers, The Hague*, 442 p.
- VERSTAPPEN, H.T. Y VAN ZUIDAM, R.A. (1991): «The ITC System of Geomorphologic Survey», *ITC Publication 10*, 89 p.
- VOERMANS, F.M.; GEEL, T.; BAENA, J.; UBALDO, J. y MARTÍNEZ DÍAZ, C. (1979): «Mapa y memoria explicativa de la hoja 974 (Vélez Rubio). Mapa geológico de España, escala 1:50.000», *IGME*, 47 p.
- VOERMANS, F.M.; SIMON, O.J.; MARTÍN GARCÍA, L.; GÓMEZ PRIETO, J.A.; MARTÍNEZ DÍAZ, C.; GRANADOS, L.F. y PAN ARANA, T. (1980): «Mapa y memoria explicativa de la hoja 996 (Huércal-Overa). Mapa geológico de España, escala 1:50.000», *IGME*, 60 p.