

# **APROXIMACIÓN GEOMORFOLÓGICA AL KARST DE LA SIERRA DE LA UTRERA (PROVINCIA DE MÁLAGA)\***

JOSÉ GÓMEZ ZOTANO

## **RESUMEN**

En este artículo hacemos un acercamiento a la geomorfología kárstica de Sierra de la Utrera, un peculiar y desconocido afloramiento calizo de estructura anticlinal situado en la Costa del Sol Occidental malagueña y en grave peligro de desaparición. Este macizo marginal representa una excepcional ocasión para el estudio y observación de la geomorfología de naturaleza kárstica, al constituirse como un verdadero holocarst de fácil acceso. Pondremos de manifiesto como su característica morfología tipo "torcal", muy representativa dentro de la provincia de Málaga, es debida a que presenta una litología caliza sometida a una fracturación con diaclasado abundante y desarrollo de fallas normales que propicia acusados escarpes, cuevas y simas, claves en el desarrollo del karst. A ello se suma el buzamiento subhorizontal de los estratos en el núcleo del anticlinal que favorece la disolución kárstica. La interpretación de los fotogramas aéreos permitirá establecer por primera vez un esquema geomorfológico del conjunto de este inusual enclave costasoleño. Analizaremos finalmente los procesos kársticos que determinan esta característica evolución superficial y subterránea que convierten a la Sierra de la Utrera en un paisaje litológico dotado de identidad propia.

## **ABSTRACT**

This paper present the main features of the karst of the Sierra de la Utrera (Costa del Sol Occidental, Málaga), a particular and unknown limestone outcrop with an anticline structure. This massif show very well the fracturing like a determinant factor, but not the only one, of it karstification, controlling the infiltration rates and many others geomorphological features at different scales. The aerial photography analysing shows a first geomorphological scheme of this unusual area. At the end we analysed the karst processes that determine the superficial and subterranean characteristic evolution. This converts the Sierra de la Utrera in a litological landscape with own identity.

\* Agradezco la revisión y las aportaciones realizadas a este artículo por el Catedrático Agustín Martín Algarra (Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada) y a la Profesora María Elena Martín-Vivaldi Caballero (Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada).

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Cordilleras Béticas presentan una riqueza y variedad excepcional de manifestaciones kársticas que ha sido puesta en relieve en numerosos trabajos<sup>1</sup>. Este rico desarrollo de morfologías kársticas varía principalmente en función de las afinidades paleogeográficas de las series sedimentarias, así como por la disposición de los estratos ante la erosión. De esta manera, encontramos que, dentro de modelado kárstico mediterráneo, el karst malagueño ha suscitado cuantiosos estudios geomorfológicos de determinados relieves<sup>2</sup>, ya que tanto por la elevada proporción de afloramientos karstificables como por las manifestaciones kársticas, el territorio carbonatado de esta provincia andaluza es considerado como la región kárstica más rica y variada del sur peninsular (Durán Valsero, 1996). Sin embargo, las investigaciones realizadas se han polarizado en determinados macizos o fenómenos puntuales, con el consecuente desconocimiento generalizado del resto del mundo kárstico malagueño. En esta coyuntura se encuentra la Sierra de la Utrera, un interesante (y olvidado) enclave que, a pesar de sus reducidas dimensiones, se configura como uno de los relieves kársticos más característicos de la provincia de Málaga<sup>3</sup> (Fig. 1). También conocida como de los Canutos, es simultánea y de idénticos caracteres litológicos al Torcal de Antequera y a la Sierra de Líbar. Aunque con el primer

1. La importancia de la morfología kárstica de las Cordilleras Béticas queda reflejada en obras tanto de carácter general (Durán y López Martínez, 1989, 1999; Ayala et al., 1996; Colón Díaz, 1998; Durán et al., 1999; Alonso Otero, 1999), como específicas de las mismas (Pezzi Ceretto, 1975a; Lhénaff, 1977b, 1978, 1986a, 1986b, 1989; Benavente y Sanz de Galdeano, 1985; Delannoy et al., 1989; Díaz del Olmo y Delannoy, 1989; López Bermúdez y López Limia, 1989; Alonso, 1990).
2. Los estudios geomorfológicos del karst de la provincia de Málaga se centran principalmente en el Torcal de Antequera y la Serranía de Ronda (Sierra de Grazalema y Sierra de las Nieves). Entre la bibliografía sobre el Torcal de Antequera destacamos: Carandell (1923, 1926), Cabanás (1960), Pierre (1965), Fernández Rubio y Delgado (1975), Pezzi Ceretto (1975b, 1977, 1979), Fernández Rubio et al. (1981), Carrasco et al. (1998) y Burillo Panivino (1999). En cuanto a las investigaciones llevadas a cabo sobre la Serranía de Ronda señalamos las siguientes: Lhénaff (1977<sup>a</sup>), Rodríguez Martínez (1977), Rodríguez Vidal (1982), Díaz del Olmo y Rubio (1984), Delannoy y Díaz (1986), Delannoy y Guendon (1986), Delannoy (1987, 1989, 1992, 1999). También se han realizado otras investigaciones sobre las sierras Blanca y de Mijas (Rodríguez Vidal, 1982; Andreo, 1996 y Andreo et al., 1999) y sobre el karst de Nerja (Carrasco et al., 1999). Como vemos, pese a que los estudios de ámbito sectorial son cuantiosos, las investigaciones de ámbito provincial se reducen a Rodríguez Vidal (1981) y Durán Valsero (1996).
3. Prieto Borrego et al. (1994) y Romero González et al. (1997) han realizado aproximaciones geomorfológicas al karst de la Utrera.

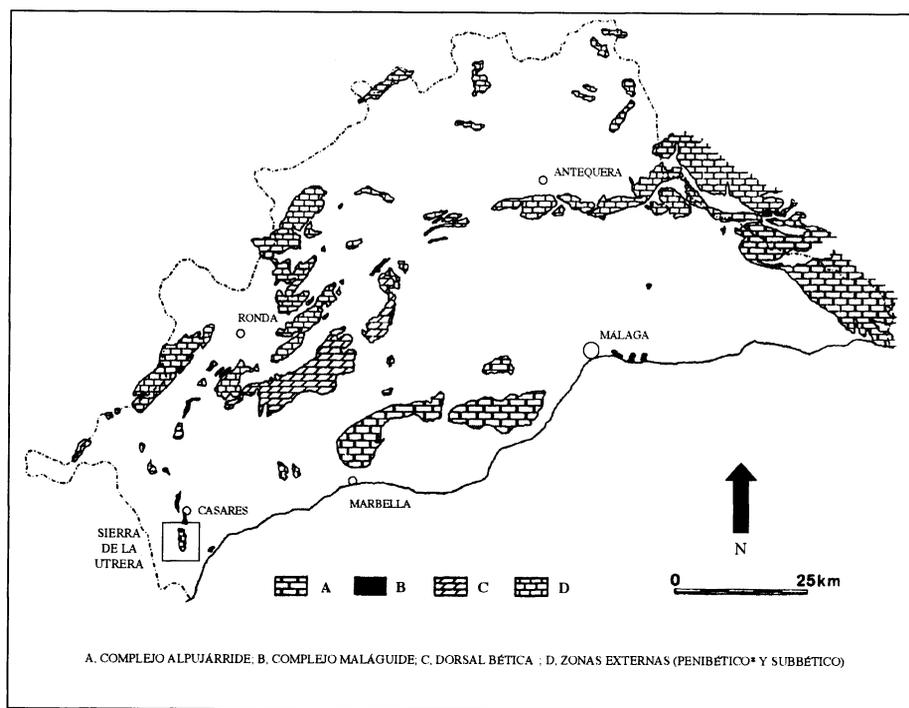


Figura 1. Ubicación de la Sierra de la Utrera entre los diferentes macizos kársticos distinguidos en la provincia de Málaga en función de los distintos dominios geológicos de la Cordillera Bética (Fuente: J. Durán Valseo, 1996).

\* Desde un punto de vista de geológico, el término Penibético fue utilizado por Blumenthal (1927) para agrupar materiales que él atribuía a la cobertera jurásico-cretácica del Bético de Málaga (Complejo Maláguide), pero que se habían despegado y deslizado hacia el norte, ocupando áreas preferentemente de las Zonas Externas. Autores posteriores han utilizado el término Penibético con acepciones diferentes. No obstante, cabe recordar que su significado geológico difiere del otorgado por los geógrafos, que utilizamos el término para referirnos a las alineaciones montañosas meridionales de Andalucía, lo que en términos geológicos abarca las Zonas Internas y parte de las Zonas Externas.

aflorescimiento jurásico comparte numerosos rasgos que le otorgan una gran semejanza, difiere en cuanto al menor desarrollo del karst, mientras que respecto a la Sierra de Lbar, no participa del mismo modelado kárstico debido a una composición ligeramente diferente de los estratos. Nos encontramos, por tanto, ante el depósito karstificado más meridional de España y de Europa, si no tenemos en cuenta el Peñón de Gibraltar.

La morfogénesis kárstica está condicionada por el sustrato geológico y el dispositivo estructural. No obstante, la localización geográfica y el medio bioclimático, así como la acción antrópica han influido en la evolución geomorfológica de esta sierra.

En este sentido, el estudio geomorfológico debe tener en cuenta que, a lo largo de la historia, este karst ha sido utilizado para la explotación de los recursos naturales, tanto para la instalación de canteras como para la extracción de ruedas de molino. Estas últimas, provenientes de las piedras caballeras, abastecían a los numerosos molinos de una comarca dedicada al cultivo del cereal y que, en no pocas ocasiones, puso en cultivo los pequeños poljes de la Sierra. Por ello, es importante señalar que las abundantes acciones erosivas directas de componente antrópica han tenido una incidencia muy importante en la generación y conservación de las geoformas. Incluso las acciones indirectas han jugado un papel influyente en los procesos erosivos y de sedimentación, como ha ocurrido con las deforestaciones y roturaciones de los poljes. Estas modificaciones antrópicas del karst han experimentado en los últimos años un aumento importante como consecuencia de la proliferación de infraestructuras y el incremento descontrolado de canteras para la extracción de áridos, mármol y piedras ornamentales que amenazan con la destrucción total del macizo.

La metodología utilizada para analizar este relieve se ha basado en la interpretación de los fotogramas aéreos tanto del año 1956 (que facilita la lectura geomorfológica al no estar tan transformado el territorio) como de 1994 (que posibilita la actualización y seguimiento de ciertos fenómenos antrópicos) y su comprobación sobre el terreno. Por otra parte, la aportación de Martín Algarra (1987) ha sido un buen punto de partida para el conocimiento de la geología de la zona sobre la que fundamentar las observaciones y elaborar una imagen fiel del modelado. Asimismo, el mapa geológico existente a escala 1:50.000 (hoja 1071 Jimena de la Frontera), sin publicar, nos ha facilitado esta tarea junto con el referente del mapa a 1:200.000 de la hoja de Algeciras.

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

El conjunto aparece en la Hoja topográfica 1:25.000 de Manilva (1071-IV) a 36° 25' N y 5° 16' W. Perteneciente al término municipal de Casares, la Sierra de la Utrera se encuentra entre los relieves del extremo Sur-Occidental de la provincia. Esta localización próxima al Estrecho de Gibraltar, así como su disposición topográfica, condicionan una mayor influencia del régimen atlántico de vientos y precipitaciones con clara influencia marina a los que queda completamente abiertos. Actualmente, según Pezzi Ceretto (1975b), se vería afectada por un sistema templado-húmedo de carácter mediterráneo, con veranos cálidos y prolongados e inviernos suaves y lluviosos (800-1.100 mm), lo cual implica una serie de procesos morfogénicos como la disolución, edafogénesis, etc.

Respecto a la vegetación, el área presenta en la actualidad una cubierta vegetal dispersa conformada por un matorral medio más o menos degradado y

una formación arbórea abierta constituida por acebuches (*Oleo sylvestris*), algarrobos (*Ceratonia siliqua*) y sabinas (*Juniperus turbinata*). Cuando la formación arbórea desaparece, en su lugar se instala un espinar denso con coscojas (*Quercus coccifera*) y lentiscos (*Pistacia lentiscus*) como primera etapa de sustitución. Esta etapa de sustitución, al igual que los sabinares, pueden asentarse sobre suelos poco evolucionados constituyendo, en algunas zonas como la Rampa de la Hedionda, la comunidad permanente en paredes y lugares abruptos. Cuando el matorral se encuentra más degradado, la siguiente etapa de sustitución la componen especies como *Chamaerops humilis*, *Teucrium lusitanicum*, *Phlomis purpurea*, *Micromeria latifolia*, etc. Finalmente, la última etapa de degradación la constituyen los pastizales entre los que cabe destacar la riqueza de la flora rupícola, que aprovecha las numerosas cornisas, grietas y huecos calizos. La más emblemática es la *Saxifraga boissieri* como elemento endémico.

Por su parte, la tipología edafológica contempla la presencia de litosuelos y protosuelos calizos, suelos raquíuticos y de escaso grosor desarrollados sobre las zonas denudadas. En las zonas más favorables se desarrollan suelos más evolucionados de tipo "terra rosa" e incluso tierras pardas calizas en las dolinas y pasillos de la sierra. Sin embargo, los materiales circundantes a la misma propician suelos de matriz margosa sobre litología margocaliza.

### 3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

#### 3.1. Estructura y Tectónica

Siguiendo la división en formaciones establecida con carácter formal, la tectónica sitúa geológicamente a nuestro ámbito de estudio en el extremo occidental de la Cordillera Bética, una interesante situación dentro del contexto estructural de la última cordillera surpeninsular. La Sierra de la Utrera forma parte de una continuidad estructural en los pliegues del Penibético (Blumenthal, 1927) hacia el sector del Campo de Gibraltar caracterizada por Martín Algarra (1987) por ser una sucesión de anticlinorios y sinclinorios, cuyo eje de plegamiento muestra en este sector una fuerte desviación N-S acorde con la megaestructura del Arco de Gibraltar. La plataforma Subbética del Dominio Penibético se extiende hasta esta sierra en forma de afloramientos aislados y de menor extensión que aparecen en ventana tectónica bajo los materiales turbidíticos de las unidades alóctonas del Surco del Flysch, dibujando el cierre del Arco de Gibraltar. De hecho, la Sierra de la Utrera conforma junto a Sierra Crestellina y el Hacho de Gaucín uno de los afloramientos carbonatados más destacados de este arco.

La Sierra de la Utrera se configura estructuralmente como un pliegue anticlinal de dirección N-S de unos 5km de longitud, de tipo "cofre" o en

“champiñón”<sup>4</sup>, con una amplia bóveda anticlinal de estratos prácticamente horizontales y unos flancos ligeramente desiguales y cortos con buzamientos suaves. De esta manera, como veremos, el resultado geomorfológico estará protagonizado por un karst estructural con una organización estratigráfica en la que las capas más antiguas se colocan en el centro.

Esta estructura es el resultado de un proceso durante el cual el conjunto litológico sufrió un empuje orogénico horizontal, propiciando un levantamiento subhorizontal de la parte central, mientras que el borde sufrió una inclinación periclinal. Consecuentemente, las tensiones internas se resolvieron con una serie de fracturas y fallas que trocean todo el conjunto de forma ortogonal y generalmente de Norte a Sur y de Este a Oeste, y que condicionó las vías preferentes de disolución kárstica.

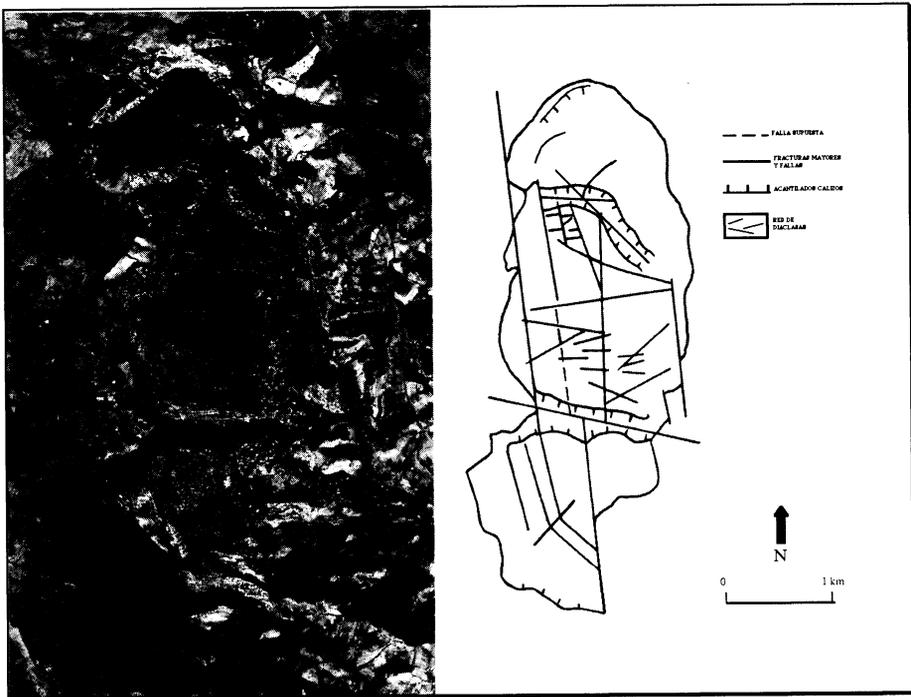


Figura 2. Fotografía aérea de 1956 y esquema de fracturas y fallas (Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes).

4. En superficie sólo se ve la bóveda anticlinal, pero posiblemente en profundidad sea un pliegue de tipo “cofre” o “champiñón”, como es usual en el Penibético.

El análisis de la fracturación sobre la fotografía aérea (Fig.2) muestra por un lado un sistema de diaclasas longitudinales tensionales, perpendiculares a la directriz principal del plegamiento (N-S). Por otra parte aparecen una serie de fracturas transversales agrupadas por sectores<sup>5</sup>. El trabajo de campo ha puesto de manifiesto la relación existente entre esta fracturación y la karstificación de la Sierra que, al igual que en otros macizos estudiados (Pezzi, 1977; Benavente y Sanz de Galdeano, 1999), manifiesta el control que la fracturación ejerce sobre las alineaciones de dolinas y corredores kársticos y, consecuentemente, sobre el endokarst en la orientación preferencial de las cavidades en función de la dirección de las fracturas. El sector más elevado de la Sierra aparece extraordinariamente fracturado, distinguiéndose una doble red supuestamente ligada a la reacción de la losa caliza a la deformación, la primera compuesta por pequeñas fracturas y diaclasas en dirección E-W, mientras que la segunda esta compuesta por fracturas y fallas más importantes de dirección N-S, siendo la principal una falla normal que atraviesa el corazón del macizo.

### **3.2. Litoestratigrafía**

Convencidos de la importancia de la peculiar estratigrafía en este tipo de modelado, tanto por su influencia sobre el karst de la Sierra de la Utrera en general como -y en particular- sobre el tableado rítmico que propician estas series estratigráficas, la secuencia estratigráfica que conforma a esta sierra queda configurada por un paquete concéntrico de rocas carbonatadas rodeado de materiales del Complejo del Campo de Gibraltar (Fig.3). Las variaciones estratigráficas hacen que en el análisis de este tipo de relieves sea imprescindible una visión conjunta de la realidad litológica, que marcará ineludiblemente el rumbo del modelado.

- a) Calizas oolíticas y nodulosas (Dogger-Malm): se trata de un nivel calcáreo de unos 200 metros de potencia que constituye el núcleo del anticlinal de la Sierra de la Utrera. Se pueden distinguir dos formaciones (Fm. Endrinal y Fm. Torcal) separadas entre sí localmente por una discontinuidad estratigráfica que determina el paso de las facies neríticas a las pelágicas. En primer lugar nos encontramos con la Formación Endrinal (Dogger), compuesta por caliza gris masiva de facies neríticas entre las que predominan las calcarenitas oolíticas (grainstones). Estas calizas constituyen el muro de la formación en bancos gruesos de hasta 1 metro de espesor. Presenta niveles de oolitos cementados entre sí,

5. Estos datos son concordantes con estudios semejantes realizados sobre el Torcal de Antequera (Fernández Rubio et al., 1981).

que representan el elemento textural dominante. Otros elementos texturales frecuentes son los bioclastos, en especial de crinoides y, en menor proporción de algas, corales, gasterópodos, braquiópodos y foraminíferos (Martín Algarra, 1987; Martín Algarra y Vera, 1989). Ascendiendo en la serie, nos encontramos con la Formación Torcal (Malm). Esta formación está constituida por calizas pelágicas, a veces nodulosas, con estratos cuyo espesor varía desde pocos centímetros a algunos metros, y que en conjunto constituyen una mega secuencia estratocreciente. La naturaleza pelágica de estas rocas se deduce de sus abundantes fósiles, ya que tanto los ammonites como la microfauna son muy cuantiosos. Se pueden diferenciar dos miembros; el inferior constituido por calizas nodulosas rojas estratificadas en bancos de unos 50 centímetros con intercalaciones finas de margas rojas. Este miembro presenta a menudo colores rojos y en él destacan por su gran tamaño los ammonites. El miembro superior se muestra mucho más potente y está constituido por calizas compactas grises o blancas con pasadas de calizas nodulosas rosadas o pardas. Abundan los fósiles o bioclastos de los organismos antes citado, constituidos principalmente por oolitos pelágicos (Didon, 1969; Martín Algarra, 1987; Martín Algarra y Vera, 1989).

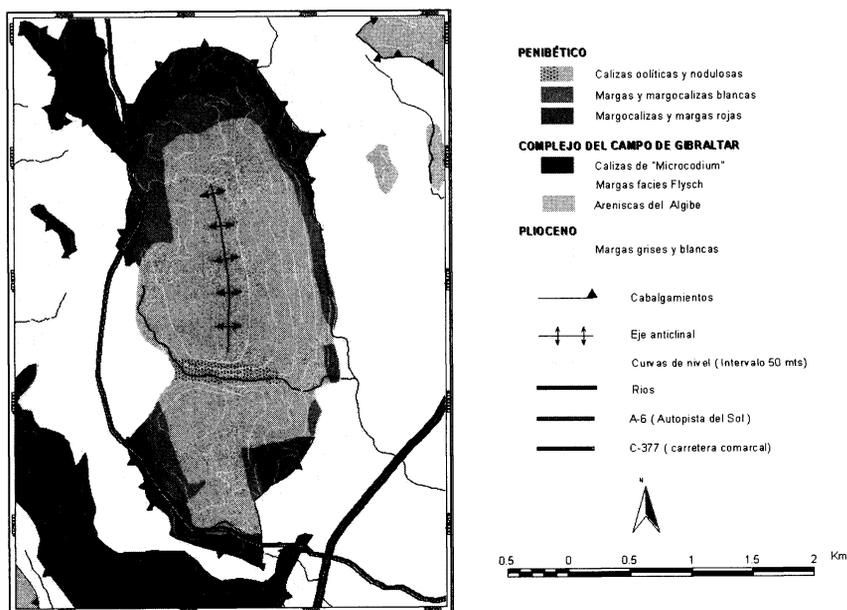


Figura 3. Esquema geológico de la Sierra de la Utrera (Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Geológico Nacional, Hoja 1071).

b) Margas y margocalizas blancas (Cretácico Inferior): depósito aflorante en torno al paquete de calizas oolíticas y nodulosas que presenta una gran importancia debido a que define las distintas interrupciones sedimentarias que afectan a la zona durante el Cretácico Inferior. Dentro de la unidad, Martín Algarra (1987) ha distinguido tres niveles con litofacies similares separadas por discontinuidades sedimentarias de diversa importancia:

- Nivel con oncolitos pelágicos de Los Canutos. Formado por calizas biomicríticas blancas con glauconita, crinoides y nódulos fosfatados (que en realidad son oncolitos). Con unos 10 cm de espesor, su techo está afectado por una superficie de erosión ligeramente irregular que cepilla los nódulos oncolíticos, y representa una interrupción en la sedimentación con mineralización y colonización local del fondo, posiblemente relacionada con un evento tectónico y/o eustático que provocó un cambio brusco en la deposición.
- Capas de Manilva. Son margocalizas y calizas margosas de tonos claros que contienen material bituminoso, además de ammonites y abundante microfauna. Es en la ladera occidental del anticlinal de Los Canutos donde afloran con mayor espesor, mostrando una potencia de 12 metros. El tránsito hacia el nivel superior es brusco y coincide con una interrupción sedimentaria documentada paleontológicamente.
- Capas Blancas. Nivel superior donde la tasa de sedimentación debió ser muy baja (alto fondo) con gran cantidad de corrientes submarinas que distribuyeron los escasos depósitos biogénicos. Se trata de un conjunto de margas y margocalizas blancas y amarillas con algunos nódulos de sílex negro y verde, así como nódulos piritosos y material bituminoso que confiere en corte fresco colores grises y negros. Este nivel también presenta gran abundancia de ammonites, así como de belemnites, foraminíferos planctónicos y bentónicos, radiolarios y equínidos.

c) Calizas y margas rojas “Capas Rojas” (Cretácico superior-Eoceno): este tipo de materiales se encuentra únicamente orlando los extremos septentrional y meridional del macizo. Se trata de un conjunto litológico que comienza por unos niveles de margas y margocalizas grises y concluye con un techo de margas, margocalizas y calizas de tonalidades asalmonadas. Teniendo en cuenta su distribución en el área de estudio, la sedimentología, tal y como nos indican Martín Algarra y Martínez Gallego (1984), está protagonizada por la deposición de un fango calcáreo como sedimento original, formado esencialmente por cocolitos y foraminíferos planctónicos, una acumulación que se produjo en un

ambiente de aguas cálidas de procedencia fundamentalmente continental. Consecuentemente, abunda el contenido paleontológico y su potencia oscila entre los 100 y los 200 metros (Martín Algarra, 1987; Ruiz Reig, 1994).

## 4. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

### 4.1. Encuadre geomorfológico

A fin de ubicar la Sierra de la Utrera en un contexto geomorfológico determinado que facilite su comprensión, pueden distinguirse a grandes rasgos dos conjuntos o comarcas naturales sobre los que destaca este afloramiento kárstico. Se encuentra a caballo entre el Complejo alóctono del Campo de Gibraltar, constituido por tierras medias y bajas de origen arcilloso con pequeños afloramientos calizos y areniscosos, y los materiales pliocenos y cuaternarios que forman relieves alomados sobre margas grises y blancas con llanuras aluviales en el fondo.

### 4.2. El modelado

A grandes rasgos, la Sierra de la Utrera presenta un relieve encastillado que apenas resalta topográficamente del entorno, siendo en conjunto una pesada mole entre las suaves colinas y llanos circundantes. El macizo presenta una altitud máxima de 354 m y un desnivel que supera los 300 m entre la cima y el río Manilva, y está dividida en dos partes por un cañón denominado Canuto Grande, que contrasta con el carácter tabular del resto de la Sierra, la cual da una impresión morfológica más suave a pesar de estar muy fragmentada.

Tanto la disolución como la erosión superficial han actuado de forma diferencial sobre una columna estratigráfica desigual de las calizas del jurásico que ha propiciado el desarrollo de un modelado en capas horizontales y escalones, por lo que el tipo de caliza, así como el tipo de estratificación en bancos poco potentes, son determinantes en el comportamiento de los materiales ante la erosión y la morfología resultante<sup>6</sup>. En este sentido, el anticlinal está constituido por tres unidades geomorfológicas diferentes:

6. A la configuración de este modelado tan singular presuponemos que han podido contribuir también las oscilaciones climáticas del Cuaternario, al igual que ocurriera en otras áreas próximas como el Torcal de Antequera. A pesar de las diferencias litológicas entre ambos enclaves kársticos, es posible que esto haya sucedido en el karst de la Utrera. Para ello, en un futuro próximo vamos a proceder a llevar a cabo los análisis de resistencia de materiales a la gelifración, como en su día se hizo para el Torcal (Pezzi, 1975a, 1975b).

- a) El núcleo “amesetado” de la Sierra y parte de los bordes inclinados de la misma está compuesto por el muro de la formación que sucesivamente alterna caliza gris-crema masiva de hasta un metro de espesor (calizas oolíticas en superficie), principalmente en los flancos y farallones, junto con niveles de calizas nodulosas rojas y amarillentas estratificadas en bancos de hasta unos 50 centímetros con intercalaciones delgadas de margas rojas que culminan nuevamente en unos niveles de calizas nodulosas.

Las calizas oolíticas, debido a su composición, morfológicamente se comportan como un tramo competente, propiciando grandes resaltes y produciendo un lapiaz intenso debido a que muestra la mayor capacidad de absorción de agua de toda la columna estratigráfica, tal y como comprobó Pezzi (1977) en el Torcal. Según este mismo autor (Pezzi, 1975a, 1975b, 1979), las calizas oolíticas, al tener un mayor contenido en carbonato cálcico, desarrollan más eficazmente los lapiazes que en las calizas nodulosas suprayacentes.

Por su parte, las calizas tableadas nodulosas rojas con intercalaciones margosas propician una zona de resalte (calizas nodulosas) y entalladura (calizas nodulosas ligeramente más margosas) típica de este tipo de karst. Este



Figura 4. En esta otra fotografía podemos apreciar como aparecen con profusión buena parte de los elementos del relieve kárstico. (Foto: autor).

modelado se produce al tener el tramo compuesto por calizas nodulosas ligeramente más margosas un mayor contenido en residuos arcillosos que son bastante erosionables, y que incluso son eliminados por completo, dando lugar a piedras caballeras (Fig.4).

La estratificación de niveles calizos de diferente naturaleza, así como de calizas nodulosas ligeramente más margosas, al igual que la horizontalidad de los mismos determina una respuesta diferencial ante la erosión, fundamentalmente por disolución, de ahí que se generen estas formas lenticulares y apiladas características del centro de la Sierra de la Utrera. Dichas formas sobresalen individualmente y dan un aspecto ruiforme al conjunto, un modelado kárstico caprichoso que la identifica frente a los terrenos circundantes y que ha propiciado la denominación popular de esta zona de la sierra como Canchos de la Utrera. En el flanco Este de la sierra, en función de una superficie más inclinada, encontramos las formas típicas del lapiaz abarrancado. Este lugar se conoce como Rampa de las Hediondas.

- b) En torno al paquete principal de calizas oolíticas y nodulosas, aparece una superficie de erosión inclinada y ligeramente irregular caracterizada por la alternancia de calizas biomicríticas, margas y margocalizas blancas. Esta superficie conoce un mayor desarrollo en la zona Occidental. Aquí, la proliferación de geoformas es muy inferior a la anterior formación, prevaleciendo unas laderas desnudas en función de la litología sobre la que se desarrollan.
- c) La sucesión hacia el borde de la ventana tectónica está compuesta por las "Capas Rojas", una litología que cuando es exhumada se manifiesta geomorfológicamente como una losa caliza inclinada de tonalidades asalmonadas coincidente con una superficie de estratificación. Cuando esta losa es desmantelada da paso a una erosión superficial incisiva favorecida por los materiales más blandos de margas y margocalizas, como queda patente en los dos cañones que atraviesan estos materiales. El color rojo del sedimento y la abundancia de costras ferruginosas indica que la oxigenación de las aguas en su origen era buena, favoreciendo una importante actividad biológica que queda patente en la abundancia del contenido paleontológico.

En el esquema geomorfológico contemplamos la Sierra como unidad fisiográfica que contiene las formas exokársticas así como endokársticas más características de un bloque calizo en avanzado proceso de karstificación (aunque la mayor parte de las geoformas no tienen la suficiente entidad como para ser cartografiadas en detalle) (Fig.5).

Entre las formas exokársticas resaltan el típico aspecto de lapiaz, pequeñas dolinas, pilones o cubetas de disolución, callejones, cuevas, simas, sumideros, agrios (zonas fracturadas y formadas por grandes bloques) (Fig.5), así como las formas de disolución en pequeñas cubetas también llamadas kamenitzas, que se hacen usuales sobre las calizas oolíticas y que se ven favorecidas por la elevada carga orgánica de origen animal (ganado caprino).

Destaca la presencia de cinco cañones fluvio cársticos importantes, un elevado número para lo que es el volumen del macizo. Los dos primeros y más destacados desfiladeros están excavados en las calizas oolíticas y nodulosas de la base de la formación litológica de Sierra de la Utrera: el Canuto de la Utrera (Canuto Grande) y el Canuto Chico, unas hendiduras profundas y estrechas de paredes rocosas y prácticamente verticales socavadas a lo largo del tiempo por la acción fluvial, y que presentan diferentes estadios de evolución.

En este sentido, el Canuto de la Utrera, con unos 1000 metros de longitud y hasta 110 metros de altura máxima, tiene un mayor desarrollo que el segundo, aflorando la Formación Endrinal en superficie (Fig. 6). Aprovechando la falla que lo atraviesa, el arroyo del Canuto se encajó en profundidad, por lo que puede considerarse como una cluse al cortar transversalmente este pliegue

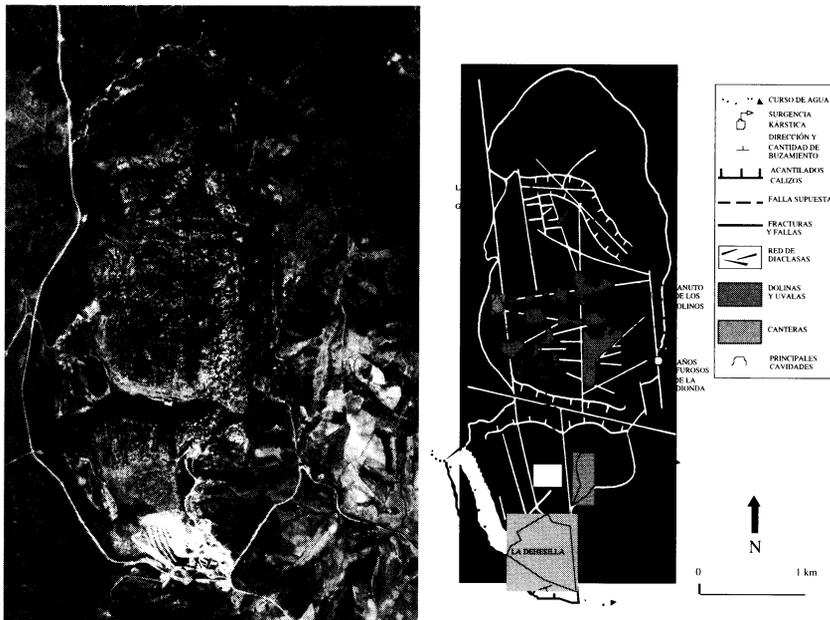


Figura 5. Fotografía aérea de 1994 y esquema geomorfológico (Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes).

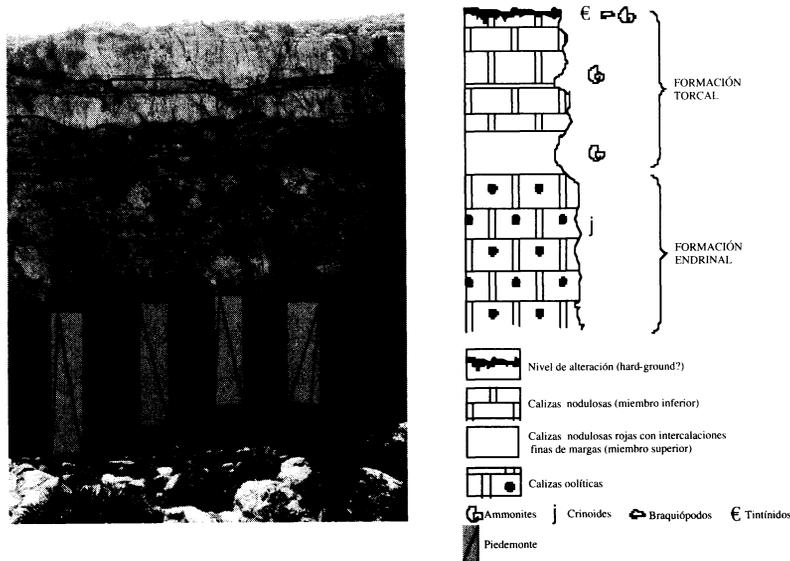


Figura 6. Flanco sur del Canuto de la Utrera y estratificación litológica. (Fuente: elaboración propia a partir de Martín Algarra, 1987).

calizo. Se caracteriza por una mayor verticalidad de la pared Norte (techo de la falla), en contraposición al aterramiento en cornisas del flanco Sur (muro de la falla), flanco que a su vez, como consecuencia del movimiento de los bloques desplazados, aparece más elevado que la pared norte. La anchura del cañón oscila entre los 250 metros de la entrada y los 30 metros de la salida. En ambas paredes se desarrolla un piedemonte por la acumulación de bloques y derrubios.

Entre el resto de los cañones fluvicársticos destaca el conocido como Canuto de los Molinos, que es atravesado por el río Manilva. Este río ha socavado el lecho fluvial entre calizas del Cretácico y depósitos del Plioceno compuestos por arenas y margas muy consolidadas, formando dos pequeños lagos entre rápidos denominados Charca del Diablo y Charca del Estudiante. A estos cañones cabe añadir otros dos más modestos excavados sobre las “Capas Rojas” del extremo Septentrional y Meridional del conjunto.

En los bordes del macizo es habitual la formación de pequeños glaciares de cobertera desarrollados al pie de la sierra. Estos presentan un dispositivo morfológico en escalonamiento, respondiendo a un modelado de laderas particular. En términos geomorfológicos, los pequeños glaciares propician acumulaciones al pie de las vertientes de materiales caóticos como cantos y bloques empastados por una matriz arcillosa de suave pendiente y de fuerte incidencia sobre los procesos de deriva erosiva.

Por otro lado, los alrededores de la Sierra de la Utrera conforman un ligero plano inclinado caracterizado por la inestabilidad mecánica de las arcillas y margas del Complejo del Campo de Gibraltar, un paquete de materiales poco coherentes que en el contexto de un medio húmedo con etapas secas propicia la remoción progresiva del suelo y frecuentes fenómenos de deslizamientos de ladera o coladas de soliflucción. Este fenómeno, está condicionado por la presencia de un doble patrón litológico caracterizado por las calizas del Terciario y los mantos desgarrados y basculados de margas y arcillas del piedemonte. Todo ello propicia la inestabilidad de las vertientes, provocando situaciones de desequilibrio que pueden desembocar en la movilidad de grandes volúmenes de materiales con modificaciones muy rápidas, y puntualmente catastróficas, del perfil de la ladera. Este fenómeno se manifiesta con coladas de dimensiones variables que tienen una típica sección en onda y que generalmente proceden de las áreas más elevadas. A su vez, también aparecen los amplios teatros del cizallado de soliflucción, que hoy día aún no han sido fosilizados por la erosión areolar o la cubierta vegetal y que son activos.

Respecto al modelado endokárstico de la Sierra de la Utrera, se han inventariado más de cien cuevas, simas y abrigos, detectadas en gran parte por el Grupo de Exploraciones Subterráneas del Club Alpino Al-Hadra. En este sistema endokárstico destacan en el flanco Este del macizo la Cueva Vieja o Cueva de la Hedionda I, con numerosas formaciones litogénicas como espeleotemas o "tapices de falsa ágata" (debido a la precipitación de carbonatos), la Sima de Pito Díaz o Hedionda II, la CRS.3 o Hedionda III y la Sima de los Baños, con más de 90 metros de desnivel. En el Canuto Grande se encuentra la Cueva del Gran Duque y en el Canuto Chico se localiza el Pozo Ixodes, sima con la mayor vertical absoluta del karst de la Utrera con 36m.

Por otra parte, la Sierra de la Utrera juega un importante papel en relación con las surgencias de agua de la provincia de Málaga, ya que el manantial de los Baños de la Hedionda aporta 60 l/s de agua sulfurosa. Tipológicamente, se trata de un manantial "represado" al existir una barrera impermeable de materiales blandos que actúa de límite lateral y altitudinal al acuífero, que a su vez presenta un cierto desarrollo en profundidad (Durán Valsero, 1996; Diputación Provincial de Málaga, 1988).

### **4.3. Proceso de karstificación**

Como es de todos sabido, la karstificación es un tipo de meteorización química causada por el agua de lluvia en combinación con dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) disuelto que consiste en la disolución de la roca caliza. El ácido carbónico (CO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>) resultante, a pesar de ser débil, es capaz de transformar el mineral de calcita (CaCO<sub>3</sub>) en bicarbonato cálcico, que es transportado con facilidad

lejos de su origen. Este proceso de carbonatación va en aumento en la medida en que el contenido de ácidos húmicos procedentes de la descomposición de la materia orgánica es mayor, así como la temperatura. La caliza se ve entonces atacada por la acción corrosiva implacable de los ácidos. En función del contenido en carbonato cálcico de las calizas, éstas se ven afectadas por una clara denudación diferencial.

Todo este proceso nos ayudará a entender el desarrollo del paisaje kárstico de la Sierra de la Utrera y a explicar la progresiva reducción y erosión de estos terrenos ricos en óxidos básicos. Como podemos apreciar en la figura 7, a través de las formas kársticas de absorción superficial (dolinas, grietas, etc.), penetra el agua en el interior del macizo circulando por un medio muy fisurado que propicia un gran parecido del sistema kárstico con un medio granular de gran memoria (entendida como capacidad de regulación) y de importantes reservas (Pulido Bosch et al., 1987; Carrasco et al., 1998). De hecho, incluso parte del modelado se ha podido desarrollar por desagregación y disolución bajo el suelo (criptogénesis), un modelado que salió a la luz tras el desmantelamiento de la capa superficial de la vertiente como consecuencia de una serie de periodos erosivos.

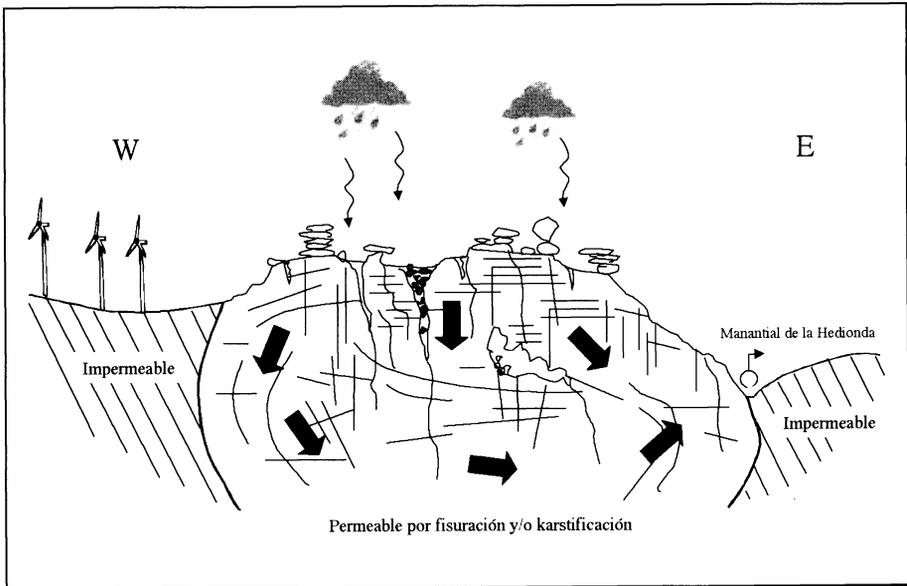


Figura 7. Esquema de la circulación de las aguas subterráneas por el interior de la Sierra de la Utrera. (Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes).

Debido a las filtraciones profundas del pliegue a través de la red de fracturas, el agua entra en contacto con los materiales yesíferos infrayacentes de menor permeabilidad, propiciando la aparición de la famosa surgencia de agua sulfurosa denominada Baños de la Hedionda.

Se trata de un proceso secuencial que se inicia cuando aparecen fracturas verticales como resultado de la presión a la que ha sido sometido el macizo. Estas son determinantes en la configuración de la red de drenaje subterráneo y condicionantes a su vez de la karstificación superficial que se produce en la culminación plana del pliegue anticlinal.

Seguidamente, el material de descalcificación y la mayor humedad existente en la zona hundida condiciona la instalación de una vegetación que ha su vez propicia un suelo más profundo y rico en humus. Este humus provoca una mayor corrosión kárstica debida a los ácidos.

El mayor desarrollo del proceso kárstico se produce cuando los corredores estructurales presentan sus fondos rellenos de materiales de descalcificación, y allí donde se cruzan dos o más corredores por la conexión de fallas o fisuras, aparecen pequeñas dolinas de forma irregular. La visión estereoscópica de las fotografías aéreas confirma este hecho, y aquellas dolinas que no responden a un sistema de fractura determinado pueden deberse al hundimiento de techos de cavidades subterráneas concretas. Coincidiendo con las fracturas mayores se produce la instalación de la red fluvial local y posterior encajamiento en profundidad, como es el caso de los canutos. Si bien las roturaciones y la tala indiscriminada pudo ralentizar el proceso kárstico en otros tiempos, aunque aumentase la erosión del suelo, en la actualidad, el abandono tanto de las actividades agrícolas como la extracción de ruedas de molinos propician el desarrollo de la cubierta vegetal considerablemente, y con ello el carácter policíclico del proceso kárstico.

En cuanto al viento, la Sierra de la Utrera, como consecuencia de la cercanía al Estrecho de Gibraltar, se incluye dentro de un área de intensa erosión eólica donde el viento impone su marca en la vegetación y en aquellos medios denudados o con una cobertura vegetal muy clariseminada. A pesar de ello, presuponemos que en estos complejos fenómenos erosivos el agente eólico juega un papel poco significativo, actuando la deflación eólica, si acaso, como proceso eficaz en el socavado de los materiales carbonatados más deleznales.

## **5. CONCLUSIONES**

La morfogénesis kárstica de la Sierra de la Utrera está condicionada por el sustrato geológico y el dispositivo estructural. Por una parte se ha puesto de manifiesto la relación existente entre la fracturación y la karstificación de la

Sierra. Por otra, esta estrecha vinculación a su peculiar litología caliza, es causante a su vez de los procesos morfogenéticos derivados de la misma y que le otorgan a este singular afloramiento su característica fisionomía.

A su vez, la disposición horizontal de los estratos facilita la disolución kárstica laminar de las rocas. Esta morfología ha sido considerada como la más representativa del exokarst malagueño, con modelados ruiformes sobre mázlas tableadas con un fuerte desarrollo de la erosión diferencial en las capas de distinto contenido en carbonatos.

Este compendio de circunstancias hacen que la Sierra de la Utrera sea particularmente destacable entre los macizos kársticos andaluces por constituir el "típico karst de mesa", originando un paisaje insólito, similar, aunque de menor extensión y desarrollo al del Torcal de Antequera. Este relieve encastillado es generativo de caprichosas geofomas, endorreísmo o ausencia virtual de drenaje, presencia de depresiones y fisuras, de cavidades superficiales, con red de drenaje subterránea, etc. De igual modo, en función de la génesis kárstica, también nos encontramos con la combinación de procesos kársticos y fluviales, es decir, con un fluviokarst, patente en el desarrollo de varias gargantas que cortan el anticlinal y que son denominadas en el lugar como canutos.

Finalmente, cabe recordar que a la obligación de difundir el conocimiento geomorfológico de un área como ésta se añade la necesidad de obtener una información de gran valor para el cómputo del conocimiento geomorfológico de Andalucía, normalmente parcial y en muchas ocasiones desconocido. Este interés se ve incrementado si tenemos en cuenta que el karst de la Sierra de la Utrera, por su ubicación y características, se encuentra continuamente amenazado en el contexto socioeconómico de la Costa del Sol. De acuerdo con Ramírez (1992), Durán et al. (1996) y Colón (1998), la puesta en conocimiento de aquellos valores relevantes deberá contribuir a una equilibrada explotación del patrimonio geomorfológico, destacando la habilitación para el turismo de los karst, y en especial de las cavidades y las surgencias kársticas. Este tipo de turismo blando es completamente compatible con la conservación del medio, tanto por las características de las personas que los practican, respetuosas con el medio ambiente, como por que dichas actividades no suponen una explotación indiscriminada de los recursos naturales.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO OTERO, F. (1999): Historia y desarrollo de las investigaciones sobre el modelado kárstico en Andalucía. En Eds. J.J. Durán Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 21- 29.
- ALONSO OTERO, F. (1990): *El modelado kárstico en la Cordillera Bética andaluza: ensayo de interpretación*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 785 pp.
- ANDREO, B. (1996): *Estudio hidrogeológico de los mármoles alpujarrides de las Sierras Blanca y de Mijas (Málaga)*. Contribución al conocimiento de los acuíferos carbonatados del sur de España. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 492 pp.
- ANDREO, B., CARRASCO, F., CUENCA, J., TÉLLEZ, A. y VADILLO, I. (1999): El Karst de los mármoles alpujarrides de las sierras Blanca y Mijas. En Eds. J.J. Durán Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 131-143.
- AYALA, F.J., RODRÍGUEZ ORTIZ, J.M., PRIETO, C., DURÁN, J.J., DEL VAL, J. Y RUBÍO, J. (1986): *Mapa y memoria del karst de España*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 68 pp y 1 mapa e. 1:1.000.000.
- BENAVENTE, J. Y SANZ DE GALDEANO, C. (1999): La fracturación en los macizos kársticos andaluces y su influencia en el desarrollo del relieve kárstico. En Eds. J.J. Durán Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 41- 47.
- BENAVENTE, J. Y SANZ DE GALDEANO, C. (1985): Relación de las direcciones de karstificación y del termalismo con la fracturación en las Cordilleras Béticas. *Estudios Geológicos*, 41, 177-188.
- BLUMENTHAL, M.M. (1927): Versuch einer tektonischen *Gliederung der betischen Cordilleren von Central-und Südwest (Andalousien)*. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 20, 487-532.
- BURILLO PANIVINO, F.J. (1999): El karst del Torcal de Antequera. En Eds. J.J. Durán Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 153-164.
- CABANÁS, R. (1960): El Torcal de Antequera. Un típico karst de mesa. *Estudios Geográficos*, 78, 63-82.
- CARANDELL, J. (1923): Un típico paisaje kárstico en Andalucía: el Torcal de Antequera (Málaga). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural*. XXIII, 233-237.
- CARANDELL, J. (1926): El Torcal de Antequera. *Actas XIV Congreso Geológico Internacional*, 103-123. Instituto Geológico de España. Madrid.
- CARRASCO, F., SERRANO, F. Y GUERRA MERCHÁN, A. (1998): El área de Antequera y el Torcal. En *Itinerarios por espacios naturales de la provincia de Málaga. Una aproximación al conocimiento de su geología y su botánica*. Servicio de Publicaciones Universidad de Málaga, Málaga. 163-179.
- CARRASCO, F., DURÁN, J.J., ANDREO, B., LIÑÁN, C. Y VADILLO, I. (1999): consideraciones sobre el karst de Nerja. En Eds. J.J. Durán Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 173-181.

- COLÓN DÍAZ, M. (1998): *Montaña y karst mediterráneo: especificidad, antropización y gestión ambiental*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Cádiz. 535 pp.
- DELANNOY, J.J. (1987): *Reconocimiento biofísico de espacios naturales de Andalucía. (Serranía de Grazalema-Sierra de las Nieves)*. Junta de Andalucía-Casa de Velázquez. Sevilla. 50 pp. y dos mapas.
- DELANNOY, J.J. (1989): La sierra penibética de Libar (Serranía de Grazalema). En J.J. Delannoy, F. Díaz del Olmo y A. Pulido Bosch, Eds. *Reunion franco-espagnole sur les karst méditerranéens d'Andalousie*, 155-181. Librería Andaluza. Sevilla.
- DELANNOY, J.J. (1992): Les apports de la karstologie dans la définition morphogénique d'un massif montagnard méditerranéen (Exemple de la Sierra de las Nieves, Andalousie, Espagne). En *Karst et évolutions climatiques. Hommage à J. Nicod*, 153-175. Presses Universitaires. Bordeaux.
- DELANNOY, J.J. (1999): Contribución al conocimiento de los macizos kársticos de las serranías de Grazalema y de Ronda. En Eds. J.J. Durán Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 93-129.
- DELANNOY, J.J. Y DÍAZ, J.L. (1986): La Serranía de Grazalema (Málaga-Cádiz). *Karstología Mémoires*, 1, 54-70.
- DELANNOY, J.J. Y DÍAZ DEL OLMO, F. Y PULIDO, A. (Eds.) (1989): *Reunion franco-espagnole sur les karst méditerranéens d'Andalousie (Cordillères Bétiques-Sierra Morena)*. Livret Guide. Librería Andaluza. Sevilla. 218 pp.
- DELANNOY, J.J. Y GUENDON, J.L. (1986): La Sierra de las Nieves et la Sima G.E.S.M. Estudio geomorfológico y espeleológico. *Karstología Memoires*, 1, 71-85.
- DELANNOY, J.J. Y GUENDON, J.L., QUINIF, Y. Y ROIRON, P. (1993): Formaciones travertínicas del piedemonte mediterráneo de la Serranía de Ronda (Málaga). *Cuadernos de Geografía*, 54, 189-222.
- DÍAZ DEL OLMO, F. Y DELANNOY, J. (1989): El karst en las Cordilleras Béticas: Subbético y Zonas Internas. En Eds. J.J. Durán y J. López Martínez. *El karst en España*, 175-185. Monografía 4. Sociedad Española de Geomorfología. Madrid.
- DÍAZ DEL OLMO, F. Y RUBIO, J.M. (1984): Rasgos geomorfológicos de la vertiente septentrional de la Sierra del Pinar (Cordilleras Béticas, Cádiz). *Estudios Geográficos*, 175, 175-192.
- DIDON, J. (1969): *Etude geologique du Campo de Gibraltar (Espagne Méridionale)*. Thèse Université Paris. 539 pp.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE MÁLAGA (1988): *Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga*. Diputación de Málaga. Málaga. 151 pp.
- DURÁN VALSERO, J.J. (1996): *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental*. Tesis doctoral Universidad Complutense, Madrid. 409 pp.
- DURÁN VALSERO, J.J. Y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (Eds.) (1999): *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 192 pp.
- DURÁN VALSERO, J.J., LÓPEZ MARTÍNEZ, J. Y VALLEJO, J. (1999): Distribución, caracterización y síntesis evolutiva del karst en Andalucía. En Eds. J.J. Durán

- Valsero y J. López Martínez *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 13-19.
- DURÁN VALSERO, J.J., CUENCA, J. Y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (1996): Un ejemplo de sistematización e inventario del Patrimonio Geológico: el patrimonio kárstico de la provincia de Málaga (Cordillera Bética). *Geogaceta*, 19, 224-227.
- DURÁN VALSERO, J.J. Y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (Eds.) (1989): *El karst en España*. Monografía 4. Sociedad Española de Geomorfología. Madrid. 413 pp.
- FERNÁNDEZ RUBIO, R. Y DELGADO, J. (1975): Fisuración y karstificación del Torcal de Antequera (Málaga). *Cuadernos de Geografía de la Universidad de Granada, Serie Monografías*, 1, 93-107.
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.; JORQUERA, A.; MARTÍN, R.; ZOFIO, J.; VILLALOBOS, M. Y PULIDO BOSCH, A. (1981): Análisis de la fracturación y directrices estructurales en el acuífero kárstico de El Torcal de Antequera (Málaga). *SIAGA*, 2, 659-673.
- HOYOS, M., LARIO, J., GOY, J.L., ZAZO, C., DABRIO, J.C., HILLAIRE-MARCEL, C., SILVA, P., SOMOZA, L. Y BARDAJÍA, T. (1994): Sedimentación kárstica y procesos morfosedimentarios en la zona del Estrecho de Gibraltar. En *Gibraltar during de Quaternary*, AEQUA Monografías, 2, 36-48. Asociación Española para el Estudio del Cuaternario. Gibraltar.
- IGME, (1984): *Mapa de la hoja 1071 (Jimena de la Frontera) del Mapa Geológico nacional a escala 1: 50.000*. Madrid (sin publicar).
- ITGE-JUNTA DE ANDALUCÍA (1990-1991): *Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Estudio de detalle de la provincia de Málaga*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 541 pp.
- LHÉNAFF, R. (1977a): Les formes majeures du relief karstique dans la Sierra de Libar (Andalousie, Espagne). *Norois*, 95 bis, 275-284.
- LHÉNAFF, R. (1977b): *Recherches géomorphologiques sur les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne)*. Thèse d'Etat. Université de Paris, 713 pp.
- LHÉNAFF, R. (1978): Poljés et structures charriées: quelques exemples dans les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne). *Revue de Géographie Alpine*, 2-3, 299-307.
- LHÉNAFF, R. (1986a): Répartition des massifs karstiques et conditions générales d'évolution. En *Karst et cavités d'Andalousie. Cordillères Bétiques centrals et orientales. Karstologia Mémoires*, 1, 5-24.
- LHÉNAFF, R. (1986b): Les grands poljes des Cordillères Bétiques andalouses et leur rapports avec l'organistion endokarstique. En *Karst et cavités d'Andalousie. Cordillères Bétiques centrals et orientales. Karstologia Mémoires*, 1, 101-112.
- LHÉNAFF, R. (1989): Les grands traits caractéristiques des karsts andalouses. *Reunion franco-espagnole sur les karst méditerranéens d'Andalousie occidentale. Livret-guide*, 13-18. Librería Andaluza. Sevilla.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. Y LÓPEZ LIMIA, B. (1989): Geomorfología del karst Prebético (Cordilleras Béticas). En J.J. Durán y J. López Martínez (Eds.) *El karst en España*, 187-200. Monografía 4. Sociedad Española de Geomorfología. Madrid.
- MARTÍN ALGARRA, A Y MARTÍNEZ GALLEGU, J. (1984): El Paleógeno del Penibético. (Cordillera Bética). *Mediterránea B. Er. Geol.*, 3, 41-64.

- MARTÍN ALGARRA, A. (1987): *Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 1.171 pp.
- MARTÍN ALGARRA, A. Y VERA, J.A. (1989): La serie estratigráfica del Penibético. *Libro homenaje a Rafael Soler*. AGGEP, 67-76.
- PÉREZ BERROCAL, J.A. Y MORENO, L. (1988): *Guía de las cuevas de Málaga*. Biblioteca Popular Malagueña. Diputación Provincial de Málaga. 184 pp.
- PEZZI CERETTO, M.C. (1975a): Morfología kárstica del sector central de la Cordillera Subbética. Tesis doctoral Universidad de Granada, Granada.
- PEZZI CERETTO, M.C. (1975b): Le Torcal d'Antequera (Andalousie): un karst structural retouché par le périglaciarisme. *Méditerranée*, 2, 23-27.
- PEZZI CERETTO, M.C. (1977): Morfología kárstica del Sector Central de la Cordillera Subbética. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*. Serie Monográfica 2, 289 pp.
- PEZZI CERETTO, M.C. (1979): Análisis morfológico del Torcal de Antequera. *Jábe-ga*, 26, 54-64.
- PIERRE, Y. (1965): *Morphologie et géologie de la Sierra del Valle de Abdalajís (Espagne)*. Thèse. Université de Paris. 604 pp.
- PRIETO BORREGO, L., QUIRÓS HERNÁNDEZ, M. Y CASADO BELLAGARZA, J.L. (1994): *El medio físico de la Costa del Sol Occidental*. Seminario del Medio Ambiente de la Costa del Sol Occidental. CREA, Málaga.
- PULIDO BOSCH, A., MARSILY, G. Y BENAVENTE, J. (1987): *Análisis de descarga del Torcal de Antequera mediante deconvolución*. Hidrogeología, 2.
- RAMÍREZ TRILLO, F. (1995): Grandes cavidades en la provincia de Málaga. *Espeleotemas*, 5, 71-94.
- RAMÍREZ TRILLO, F. (1992): Espacios Naturales Protegidos y Karst. Estado de la cuestión. *Actas del VI Congreso Nacional de Espeleología*. 257-270.
- RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, F. (1977): *La Serranía de Ronda*. Estudio Geográfico. Caja de Ahorros de Ronda. 530 pp.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1981): *Distribución general de zonas kársticas de la provincia de Málaga*. Informe inédito. Diputación Provincial de Málaga. Málaga. 92 pp.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1982): El condicionamiento estructural del karst de la Sierra Blanca (Marbella-Málaga). *Reunión monográfica sobre el karst*, Larra, 105-115. Diputación de Navarra. Pamplona.
- ROMERO GONZÁLEZ, M., GARRIDO LUQUE, A., LEDESMA VARGAS, D. Y SALAZAR FERNÁNDEZ, J. (1997): *Sierra de la Utrera y Baños de la Hedionda*. EETUR Andalucía. Guaro, Málaga. 131pp.
- RUIZ REIG, P. (direcc.) (1994): *Algeciras (87)*. Mapa geológico de España, 1:200.000 (MAGNA). ITGE. Madrid. 116 pp.