Karst en Andalucía. J. J. Durán y J. López Martínez (Eds.), pp. 153-164. Instituto Tecnológico Geominero de España, 1998, Madrid.

El karst del Torcal de Antequera

Francisco Javier Burillo Panivino [1]

RESUMEN

Se presentan las características principales del karst del Torcal de Antequera (Málaga), haciendo referencia a los principales factores que lo condicionan (clima, litología y estructura geológica) y, de manera especial, a los fenómenos climáticos cuaternarios. Describimos también los aspectos morfológicos, los rasgos espeleológicos (catálogo y tipo de cavidades) y el comportamiento hidrogeológico del sistema.

Palabras clave: Karst, Gelifracción, Derrubios ordenados, Neotectónica, Cavidades.

ABSTRACT

This paper presents the main features of the karst of the Torcal de Antequera (Málaga), making reference to the main control factors (weather, lithology and geological structure) and, specially, to the Quaternary climatic phenomena. The geomorphological aspects, the speleological features (catalogue and cave types) and the hidrogeological behavior of the system are also described.

Key words: Karst, Gelifraction, Stratified slope deposits, Neotectonic, Caves.

INTRODUCCIÓN

El Torcal de Antequera, situado unos 4 km al sur de la ciudad de Antequera (Málaga), constituye una importante sierra caliza en cuya parte superior se localiza uno de los paisajes kársticos de mayor belleza de cuantos podamos contemplar en nuestro país.

La zona del Torcal fue declarada Parque Natural por su interés geológico, botánico y paisajístico, sobre una extensión de unas 1.200 ha, recibiendo la afluencia de numerosos visitantes para los cuales se encuentra habilitado un refugio y algunos itinerarios turísticos.

El macizo del Torcal se continúa hacia el este por la Sierra de la Chimenea, donde se localiza el pico del Camorro Alto que, con sus 1.377 ms.n.m., supone la mayor altitud de la zona. El conjunto de las sierras de Chimenea y Torcal se alinean según una dirección aproximada E-O. El acceso al interior del macizo se realiza a través de la carretera comarcal C-3310 de Antequera a Málaga, que pasa por Villanueva de la Concepción; tomando dicha carretera en Antequera y rodeando el Torcal por su parte oriental (Sierra Pelada), a través del Puerto de la Boca del Asno, se accede a un desvío que nos lleva directamente al Centro de Interpretación del Torcal Alto, principal área visitable, sumando un recorrido total desde Antequera de unos 13 km (Fig. 1).

El Torcal de Antequera, desde el punto de vista geológico, es una de las sierras más orientales del Penibético. El Penibético, junto con el Subbético Interno, corresponde, en términos paleogeográficos, al área más interna de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, situándose, pues, en la franja límite con las Zonas Internas o Bético *s.str.*. De manera general, localizamos el Penibético desde el entorno oriental del Campo de Gibraltar (Cádiz) hasta los Tajos, conjunto de sierrezuelas al norte de Riogordo (Málaga). El Penibético tiene una disposición alargada según una franja más o menos paralela al Arco de Gibraltar y un máximo desarrollo en superficie hacia el oeste, en la Serranía de Ronda (Fig. 2).

El Penibético se distingue del Subbético Interno, en primer lugar, por su situación más occidental dentro de conjunto de las Cordilleras Béticas y, en segundo lugar, por la existencia de importantes lagunas estratigráficas en el límite Jurásico-Cretácico, que hacen prácticamente inexistente el Cretácico Inferior en el Penibético, o reducido a series muy condensadas.

Al Norte del Torcal aflora el Trías de Antequera, amplia zona de materiales triásicos de facies germano-andaluza, así como un conjunto de formaciones postorogénicas que van desde el Mioceno hasta el Cuaternario. Al sur y este del Torcal se disponen una serie de unidades geológicas de carácter flyschoide y procedencia alóctona (unidades del Campo de Gibraltar). Hacia el oeste localizamos la Sierra de las Cabras, correspondiente a la gran unidad paleogeográfica de la Alta Cadena, al parecer de afinidad Subbético Medio (Martín Algarra, 1987).

[1] Diputación General de Aragón. Dpto. Industria, Comercio y Turismo. Servicio de Minas e Investigación Minera. Paseo María Agustín, 36 (Palacio Pignatelli). 50004-Zaragoza.

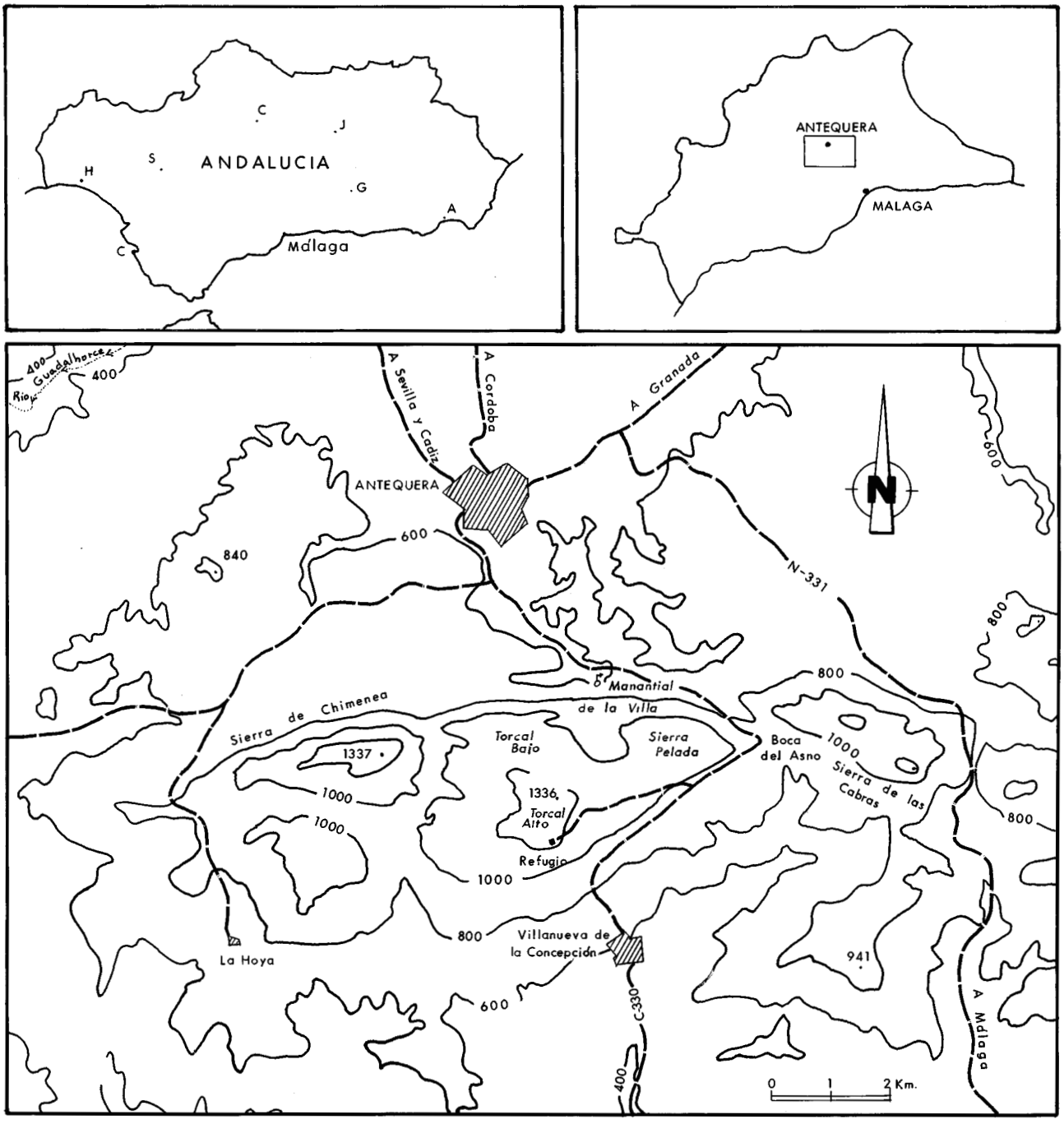

Fig. 1.- Situación geográfica y accesos.

La relación paleogeográfica de todas las unidades a las que hemos hecho referencia, debido a su caracter alóctono, es complicada y ha sido y es objeto de controversias, como uno de los temas más candentes de interpretación de las Cordilleras Béticas. Al respecto, uno de los esfuerzos más meritorios corresponde a la tesis doctoral de Agustín Martín Algarra, de la Universidad de Granada y publicada en 1987, de lectura recomendada para cualquiera que desee ampliar conocimientos sobre estos temas.

FACTORES ESTRATIGRÁFICOS Y LITOLÓGICOS

Martín Algarra (1987), distingue dentro del Penibético, tres grandes conjuntos litológicos:

- Grupo Hidalga: Trías Penibético de facies germano-andaluza. Sólo aflora al sur de Ronda (arcillas y margas con yesos, calizas).

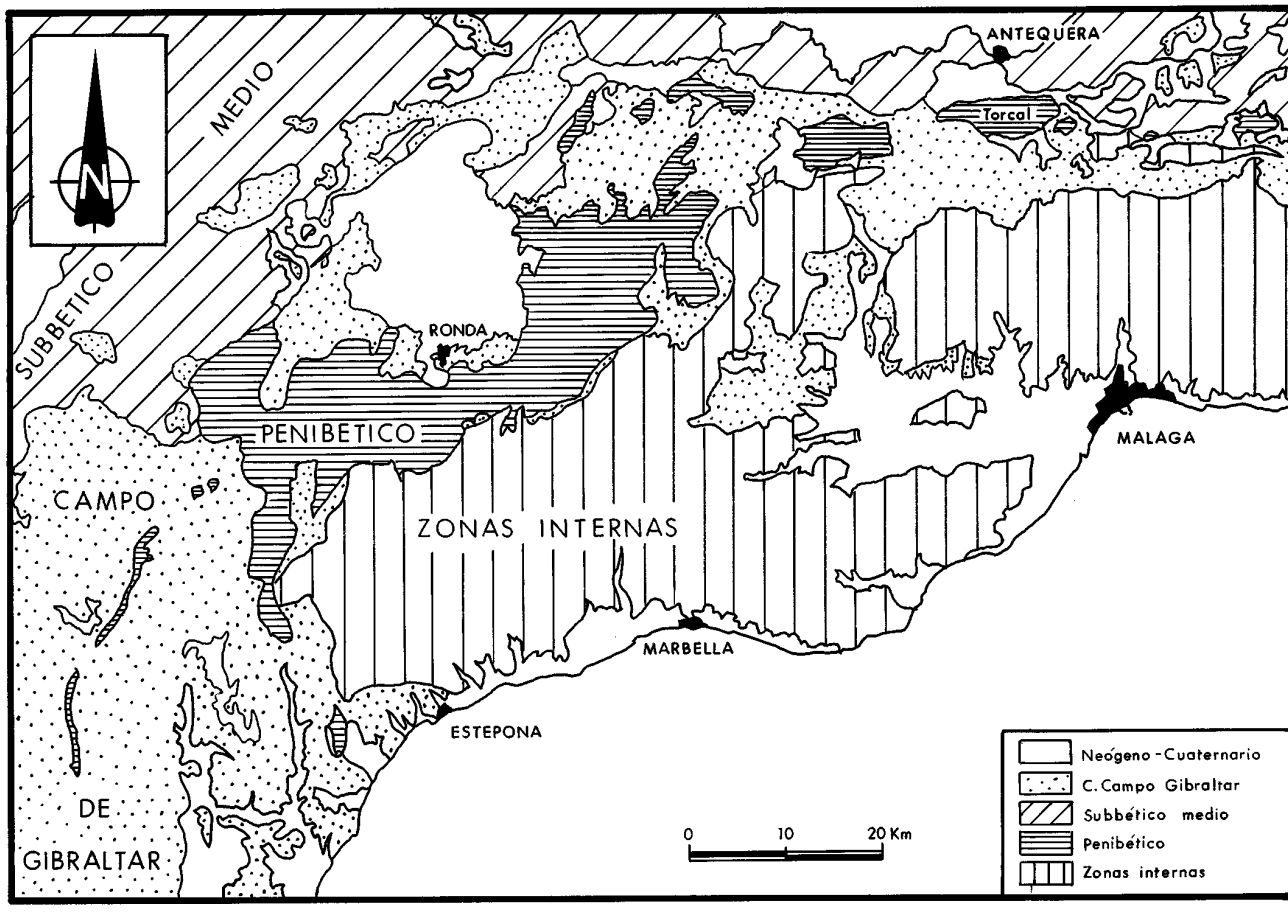

Fig. 2.- Entorno geológico del Torcal de Antequera (según Martín Algarra, 1987).

- Grupo Líbar: Jurásico y algo de Cretácico Inferior (calizas y dolomías).

- Grupo Espartina: Cretácico y Terciario (margas y margocalizas).

Al Grupo Líbar corresponden dos importantes formaciones calizas: la Formación Endrinal, la más antigua, presenta una potencia variable, con valores máximos de 300 m, tomando las calizas distintos aspectos (tableado, masivo, etc). En el Torcal el aspecto es de calizas oolíticas masivas o en bancos muy gruesos. Hacia el techo de la formación aparece una discontinuidad estratigráfica definida por un paleokarst que marca el límite con la formación superior; lapiaces, pequeñas oquedades y formas tipo "kamenitzas" caracterizan dicho paleokarst, el cual parece haberse generado en un área de interfase marítimo-terrestre. La Formación Torcal, al igual que la anterior, tiene espesores muy variables con valores máximos de 200 m. Las calizas de la Formación Torcal suelen estar bien estratificadas en tablas o bancos que van de pocos centímetros a 3-4 m, siendo de caracter oolítico, noduloso, o bien pseudobrechoide. Estas calizas dan siempre un modelado kárstico muy peculiar en el Penibético, análogo al del Torcal aunque sin alcanzar la espectacularidad de éste (por ejemplo, en algunos sectores de la Sierra de Líbar, entre Málaga y Cádiz).

Dentro de la Formación Torcal, se pueden distinguir dos miembros: uno noduloso inferior y otro de calizas oolíticas superior. Entre ambos miembros, existen cambios de facies tanto laterales como verticales. La edad de la Formación Torcal va del Oxfordiense al Berriasense (Malm y base del Cretácico).

Las calizas del Grupo Líbar se encuentran dolomitizadas, sobre todo hacia la base estratigráfica, en algunas zonas. Estas dolomías reciben el nombre de Jarastepar, por la localidad del mismo nombre (Martín Algarra, 1987).

En la Sierra del Torcal de Antequera, se pueden distinguir todas las unidades estratigráficas que hemos descrito correspondientes al Grupo Líbar y Espartina, incluida la Dolomía Jarastepar, que aparece en el extremo más oriental de la Sierra (Boca del Asno), como base de la serie. Las calizas masivas de la Formación Endrinal conforman los flancos y grandes farallones del Torcal. El

Cretácico margoso del Grupo Espartina aflora, esencialmente, en la entalladura de Las Navas, depresión que separa el Torcal de la Sierra de Chimenea (Fig. 3).

FACTORES TECTÓNICOS

La estructura general del Torcal corresponde a un pliegue en forma de "cofre" o "champiñón", con una charnela muy desarrollada de estratos subhorizontales y unos flancos breves y abruptos de estratificación subvertical e incluso invertida (zona Sur del Torcal) (Fig. 3). El eje del pliegue es, a grandes rasgos, NE-SO.

Los límites norte y sur de la Sierra y la fuerte verticalización de los estratos, se asocian a grandes fallas con un efecto original de desgarre que, más tarde, han rejugado con una importante componente vertical, fruto de la cual, se puede hablar de una "extrusión" del macizo con respecto de los terrenos circundantes (Peyre, 1974; Martín Algarra, 1987). Sierra Pelada, extremo oriental del Torcal, se encuentra separada de la Sierra de las Cabras por una falla de características similares a las anteriormente descritas; esta falla corre paralela a la carretera hasta el Puerto de la Boca del Asno.

Algunas de estas fallas tienen un gran desarrollo regional, observable sobre imágenes satélite, e individualizan grandes áreas, como el macizo del Torcal, en bloques independientes (Fig. 4).

Dentro del macizo se reconoce una fracturación muy intensa en relación con dos sistemas conjugados cuyas direcciones son N40-60ºE y N110-120ºE respectivamente; estos sistemas sufren una ligera curvatura fruto de un efecto de rotación levógira (contraria al sentido de avance de las agujas del reloj) del conjunto, de manera que las direcciones van evolucionando hasta valores N70-80ºE y N130-150ºE en la parte más oriental del Torcal. Inscrita sobre los sistemas mencionados se reconoce, sobre todo en la parte del Torcal Alto, una segunda red de fracturas o diaclasas menores con direcciones conjugadas de N70ºE y N135ºE (Fig. 4).

Por otro lado, no existe una coincidencia de la dirección del eje de los pliegues observables en el Torcal (en torno a N60ºE) y la dirección de alargamiento E-O del macizo.

El conjunto de datos expuestos nos permite deducir que la estructura actual es el resultado de la superposición de varias etapas tectónicas. Muchos de estos hechos ya fueron reconocidos por Peyre (1974) y avalados posteriormente por las observaciones de otros autores. Peyre proponía un modelo de evolución tectónica para el Torcal en el que se señalaban las siguientes fases durante la época orogénica:

- 1ª fase: se configuran los pliegues suaves, la red de diaclasas y fracturas de menor entidad. Se sitúan las unidades adyacentes al Torcal (Alta Cadena y Unidades del Campo de Gibraltar).

- 2ª fase: "extrusión" del Torcal, aparición de la red de fracturas de gran tamaño y recolocación de algunas de las unidades adyacentes. Algo más tarde, se dan cabalga-

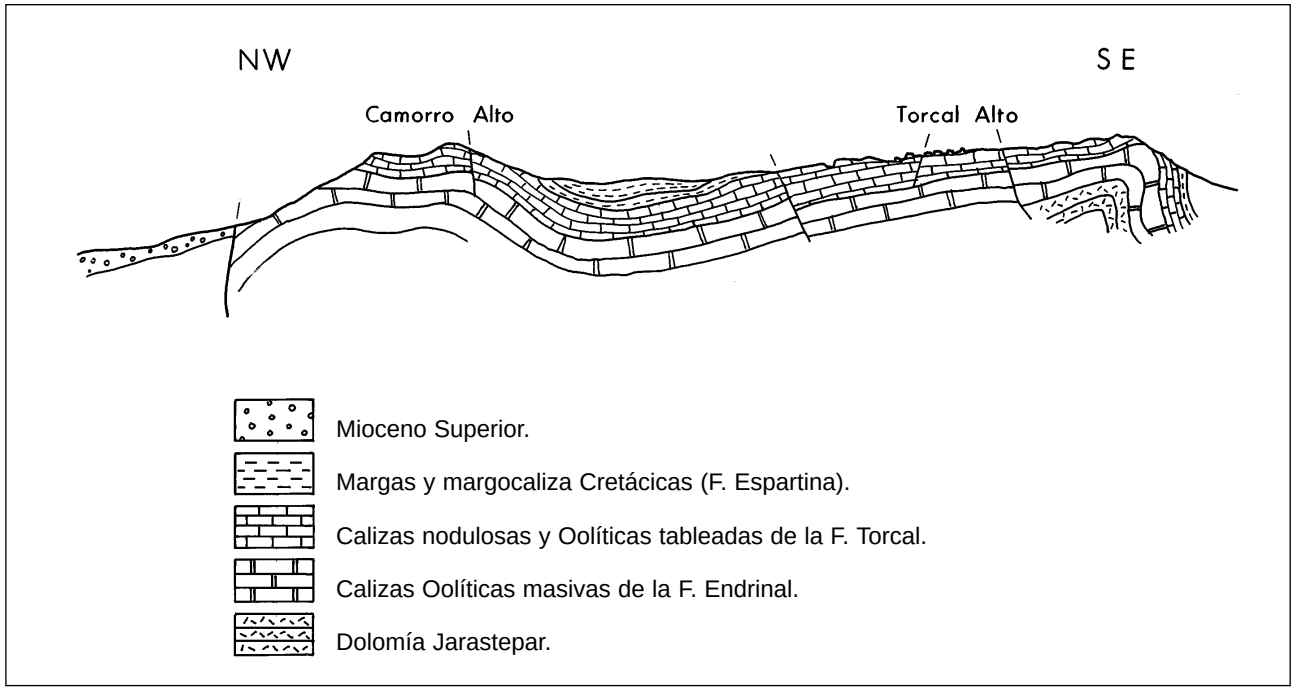

Fig. 3.- Perfil geológico (según Martín Algarra, 1987).

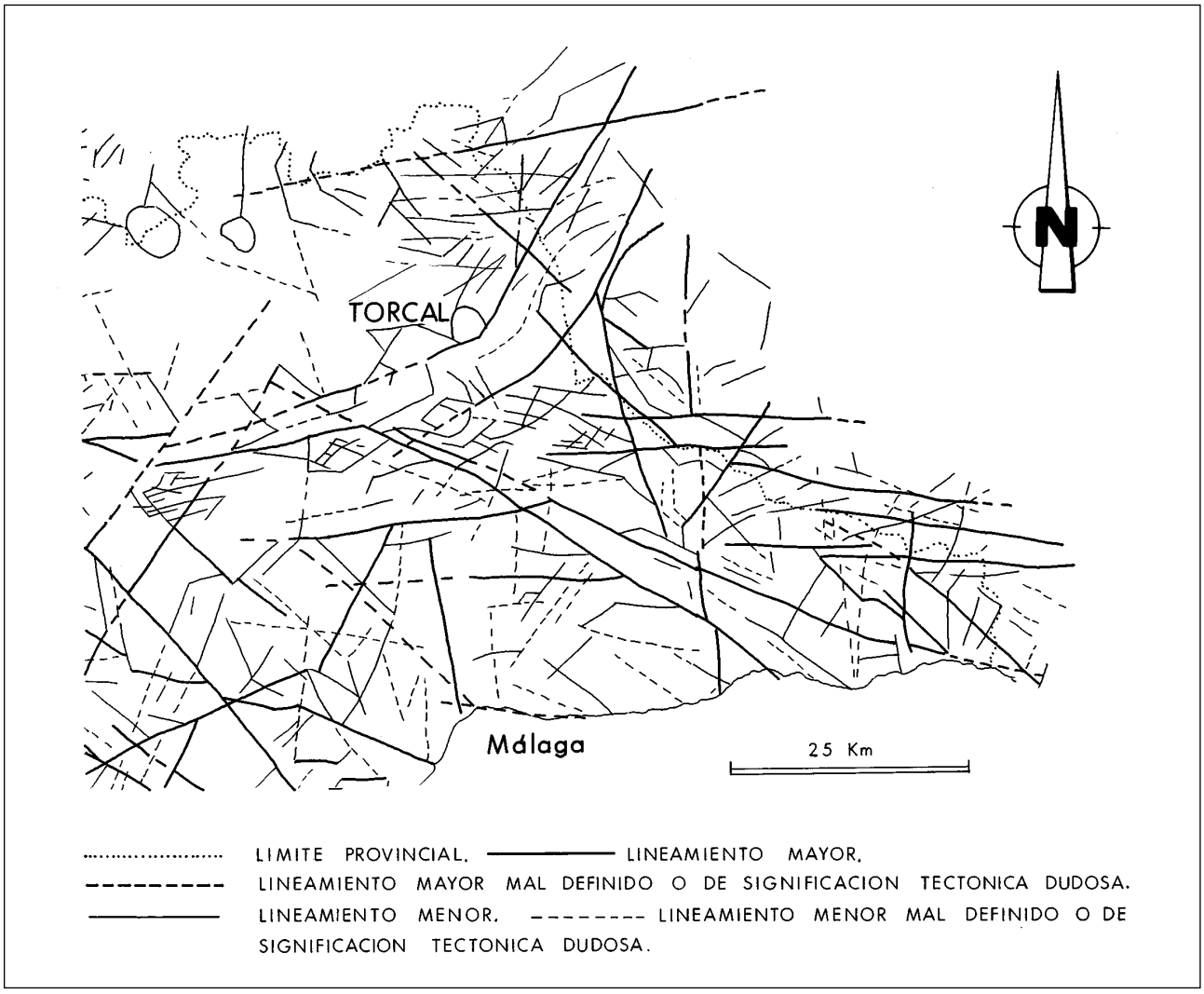

Fig. 4.- Mapa de lineamientos LANDSAT del SE de la provincia de Málaga.

mientos del Torcal hacia el SE en algunas zonas (SO de la Boca del Asno) y deformaciones de la red de fracturas.

Las fases propuestas por Peyre pueden ser discutibles, pero no cabe duda que nos encontramos en una zona con una alta complicación tectónica, cercanos al límite entre las Zonas Externas-Zonas Internas por el sur, y flanqueados por grandes accidentes, con distintos comportamientos a lo largo de una prolongada historia geológica, según han ido cambiando las direcciones de los esfuerzos tectónicos.

A la complicación geodinámica del área, hay que añadir una neotectónica muy reciente y activa que deja sentir sus efectos sobre las formas del relieve y sobre la sismicidad del área (Fig. 5).

Las evidencias más claras de procesos tectónicos muy recientes las encontramos en el NE de la Sierra, junto a la carretera de acceso al macizo, donde se localiza una importante fractura de dirección aproximada NO-SE, que implica directamente a los depósitos de ladera cuaternarios (Fig. 6); la falla presenta un plano con varios juegos de estrías, uno subhorizontal, más antiguo y con importantes entalladuras, y otro subvertical, menos marcado, que se superpone al primero y se reconoce en unos niveles cuaternarios deformados, significando una elevación del macizo. También se observan evidencias de actividad neotectónica en la parte SE del Torcal; en este sector aparece un importante afloramiento de brechas cuaternarias muy cementadas (potencia del orden de la decena de metros) cuyo buzamiento (algunos grados) es contrapendiente, es decir, en sentido opuesto a la fuente de materiales, lo que testimonia la actividad de una fractura.

Otro aspecto neotectónico, la sismicidad constatable en la zona, actual e históricamente, no es muy importante en cuanto a magnitud de los terremotos, aunque sí ha debido de serlo en tiempos geológicamente no muy lejanos, o, al menos, el área sí que habrá recibido la influencia de fuentes sísmicas cercanas en las que se reconocen terremotos históricos notables; así, las investi-

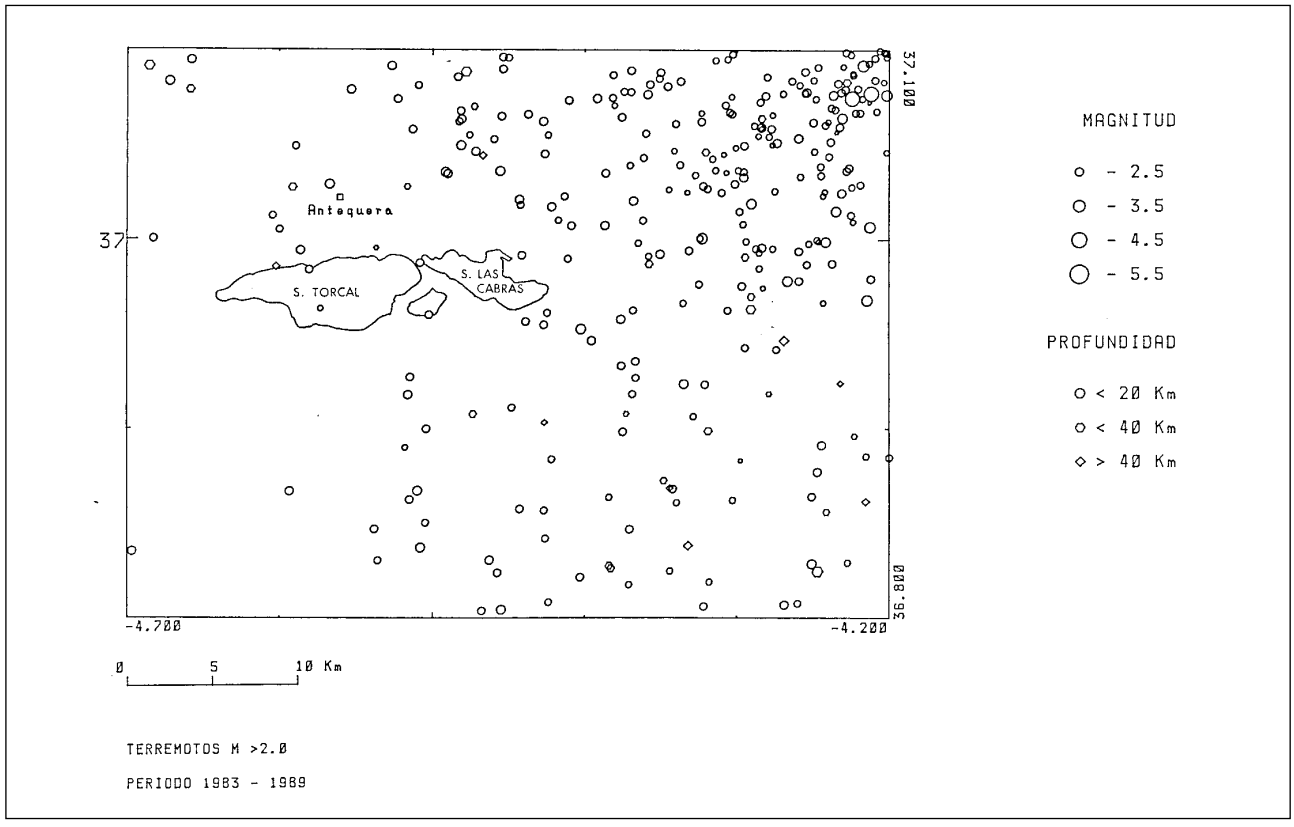

Fig. 5.- Sismicidad del área de Antequera (Fuente: Observatorio Sismológico de la Cartuja, Granada).

gaciones arqueológicas llevadas a cabo por Martín Socas (1986) en la Cueva del Toro (Torcal), revelan un período de ocupación humana para la cavidad que va desde el Neolítico Medio hasta el Bronce Inicial, y se apuntan indicios sobre la ocurrencia de un "cataclismo" (*sic*) a finales de la Edad del Cobre (hace unos 5.000 años). El mismo autor piensa que el fenómeno es generalizado para, al menos, toda la Sierra del Torcal.

FACTORES CLIMÁTICOS

La evolución climática cuaternaria, sobre todo aquella que comprende los últimos 150.000 años, constituye un factor de alta variabilidad para ese mismo intervalo de tiempo con respecto a otros elementos como la litología o la estructura geológica. Intensamente dinámico, el clima ha tenido una especial trascendencia sobre los aspectos morfológicos de la región; la sucesión de períodos glaciares e interglaciares y las variaciones internas de estos mismos períodos, han condicionado la disponibilidad de agua y el régimen de temperaturas como aspectos fundamentales de la dinámica externa.

Para las latitudes consideradas, debemos esperar que los períodos glaciares, aún suponiendo una disminución general de las temperaturas, tuvieran su expresión principal en cambios significativos en el volumen de precipitaciones. En la mitad meridional de la Península Ibérica, las manifestaciones propiamente glaciares aparecen sólo a partir de altitudes importantes, en macizos montañosos como el de Sierra Nevada. Son mucho más frecuentes los indicios de periglaciarismo ligados a los momentos más fríos, siendo quizás los "derrubios ordenados" la forma periglaciar más característica del entorno mediterráneo. Estos depósitos comenzaron a estudiarse en Francia a principios de los años 50, recibiendo el nombre de *grèzes litées* o *éboulis ordonnés* (*stratified slope deposits* en terminología anglosajona); se trata de una serie de brechas y arcillas que presentan una cierta ordenación en capas, con distintas proporciones de cantos y matriz, y que se adaptan a las pendientes de las laderas sobre las que se disponen.

En el Torcal, los depósitos de *grèzes litées* aparecen por todas sus vertientes, sobre todo en la parte central y oriental del macizo (Fig. 6). La importancia de este tipo de acúmulos reside en su significación paleoclimática; en general, se asocian los términos más arcillosos con condiciones climáticas más benignas, sin fuertes contrastes en cuanto a temperatura y humedad, y que pueden permitir, incluso, un cierto desarrollo edáfico por meteorización. Por contra, los niveles de brechas tienen un origen crioclástico, ligado a los períodos más fríos, o quizá en una expresión más acertada, de mayor rigor climático, con marcados contrastes de temperaturas, tanto diurnos

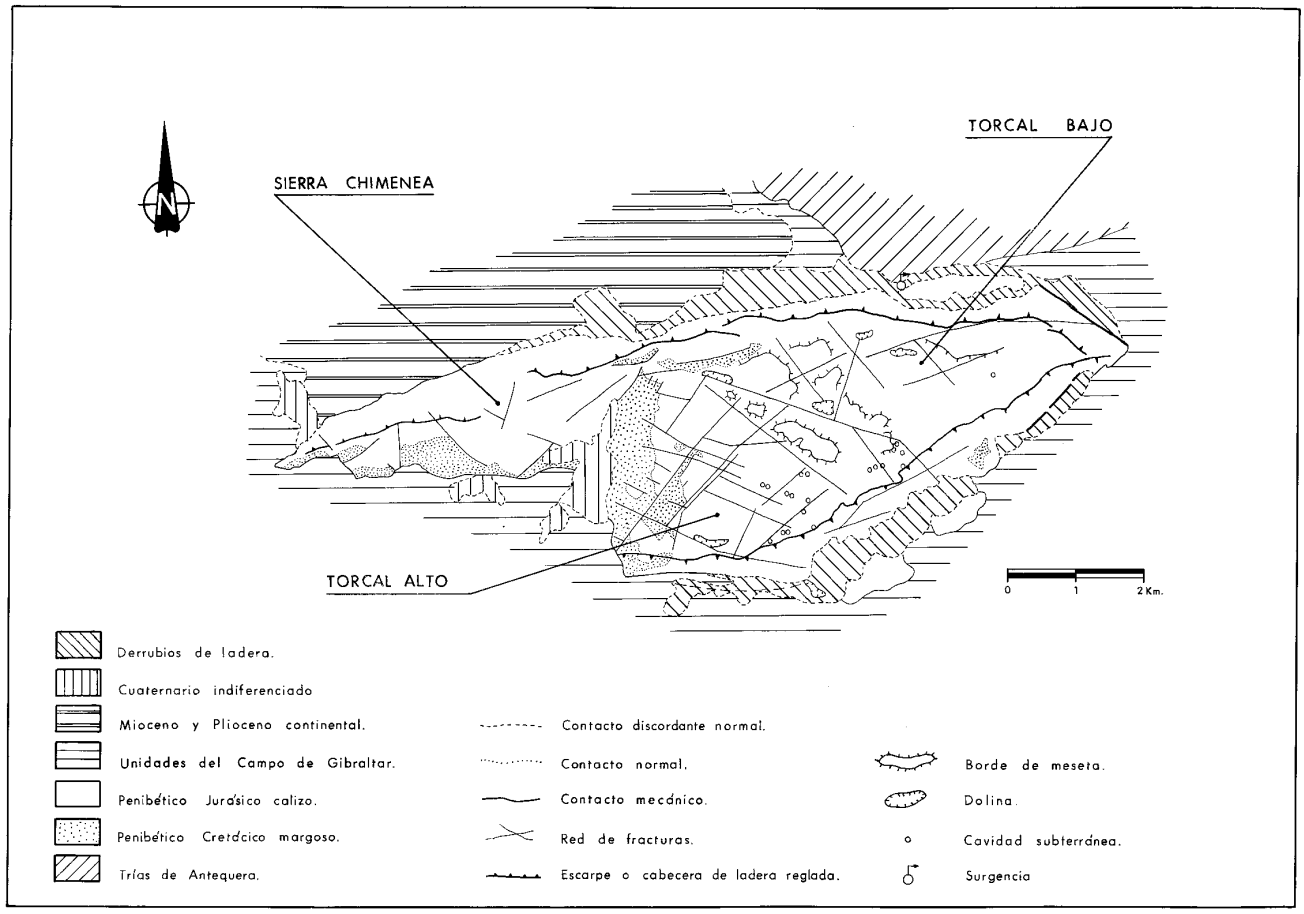

Fig. 6.- Esquema geomorfológico de la Sierra de Chimenea y el Torcal (modificado de Lhénaff, 1981).

como estacionales, que favorecerían los fenómenos de gelivación. Asimismo, los fenómenos de hielo/deshielo (fusión de nieves) y las lluvias primaverales, habrían provocado una abundancia de agua, en momentos determinados, que colaboraría a generar procesos de arroyada, lavado y solifluxión que hoy podemos apreciar en las estructuras sedimentarias de los "derrubios ordenados" del Torcal.

Análisis por difracción de rayos X sobre muestras de arcillas correspondientes a los depósitos de "terra rossa" de la parte superior del Torcal y de los niveles arcillosos de los *grèzes litées* que localizamos en sus vertientes, aluden a una composición mineralógica muy parecida, donde cuarzo y halloysita- caolinita son los elementos principales; illita, esmectita, vermiculita y clorita aparecen como minoritarios. La presencia predominante de halloysita y caolinita nos habla de suelos evolucionados en condiciones más o menos templadas y húmedas. Estas son las condiciones que pueden corresponder a una época interestadial de una glaciación determinada en el entorno que nos movemos o, en un caso más extremo, a un estadio interglaciar. En éste último sentido es como lo interpreta Pezzi (1975, 1977), que señala, para los *grèzes litées* del Torcal, la presencia de un nivel arcilloso interestratificado entre dos generaciones de brechas, unas cementadas y otras no; este nivel de interrupción en la generación de crioclastos, el autor lo atribuye al último interglaciar (Riss-Würm), de manera que las brechas cementadas pertenecerían al Riss y las no cementadas al Würm. Un análisis más detallado, favorecido por algunas canteras cuyo frente de corte debió aumentar con posterioridad a la época de los estudios citados de Pezzi, permite observar que son varios los niveles arcillosos existentes (al menos tres) y, además, hay investigadores que, para otros sectores cercanos, optan por una asignación cronológica más reciente, que se desarrolla en el marco de las variaciones climáticas del último período glaciar: el Würm.

Como vemos, la datación precisa de los "derrubios ordenados" constituye un problema, ya que suelen carecer de materia orgánica, fósiles u otros elementos que permitan dicha datación. A pesar de ello, recientes análisis de algunas muestras de las brechas del Torcal, llevados a cabo en la Universidad de Granada, delatan la presencia de huesos de pequeños roedores que podrían aportar una interesante información cronológica (J.J. Durán, com. personal).

Por otro lado, las brechas presentan diversos grados de cementación, pasando de unas muy cementadas y

compactas a otras de elementos sueltos; las primeras, aparecen fundamentalmente en la base de las series de derrubios, a veces con un gran desarrollo (del orden de la decena de metros de potencia), esencialmente en la vertiente meridional del Torcal. En todo caso, también encontramos niveles de brechas cementadas sobre otros que no lo están, e incluso cambios laterales en la naturaleza de dichos niveles, por lo que el grado de cementación no representa un criterio claro para establecer edades relativas. Los derrubios sin cementar, quizá más modernos, tienen abundancia de matriz arcillosa y gran difusión por todas las laderas del macizo, con potencias muy variables (máximas del orden de los 12 m). Existen en otros lugares de la geografía bética depósitos de *grèzes* donde se encuentran potentes niveles cementados que se superponen y fosilizan a las brechas sueltas (Gutiérrez Elorza y Estévez, 1988, por ejemplo).

Es interesante también destacar la presencia de concreciones calcíticas rellenando multitud de diaclasas en el Torcal, así como intercalándose o superponiéndose a paquetes de brechas poco consolidadas en las vertientes del macizo (esto se aprecia, por ejemplo, en la pista de subida al Torcal Alto, donde los niveles calcíticos alcanzan varios decímetros de espesor y parece que los mismos llegan incluso a englobar, a veces, a las brechas). Esa profusión superficial de depósitos calcáreos, de la cual se distinguen varias generaciones, podría alternarse con la producción de brechas, todo ello dentro de los períodos de mayor contraste de temperatura y humedad, de manera simultánea al lixiviado de la matriz arcillosa de algunos sectores de los derrubios y cementación de los mismos, e incluso, al arrastre por arroyada de los depósitos. Los fenómenos fluvio-nivales tendrían un papel muy especial en todos estos procesos.

Una vez finalizada la época tardiglaciar, se instaura un clima más cálido y seco que perdura hasta nuestros días, desapareciendo los fenómenos periglaciares e inaturándose un ambiente general de degradación de las formas y depósitos superficiales antes originados. Así, por ejemplo, se observan corrosiones de las concreciones calcíticas en muchos lugares y, probablemente, los importantes acúmulos de bloques que se observan en la parte superior del Torcal, hayan tenido su desarrollo más importante durante el Holoceno.

EL KARST

Aspectos morfológicos

El Torcal de Antequera posee uno de los modelados kársticos más impresionantes de la Península Ibérica. Las formas kársticas superficiales se desarrollan esencialmente en la parte superior del macizo, que constituye, virtualmente, una gran meseta de calizas subhorizontales bien estratificadas, cuyo drenaje es prácticamente endorreico, favoreciendo la permanencia del agua en ese sector.

La intensa fracturación de las calizas (diaclasas y fallas), condiciona claramente la circulación de las aguas y el desarrollo de las formas de absorción y trasmisión. Exteriormente, observamos un relieve muy accidentado, plagado de dolinas, corredores kársticos, portillos, conjuntos de bloques desordenados, piedras caballeras y otras formas residuales, que conforman un verdadero laberinto difícil de transitar y, al mismo tiempo, de gran belleza plástica. En la terminología local, las dolinas o torcas reciben el nombre de "hoyos" o "corralones", los amontonamientos caóticos de bloques son los "agrios" y los estrechos corredores, muy característicos del Torcal, son los "callejones".

Una prueba concluyente del condicionamiento estructural del karst se refiere al alineamiento de dolinas y cavidades con respecto a la fracturación. En el Torcal, las dolinas se alinean en un 64% según el grupo de fracturas mayores, es decir las de dirección N40-70ºE y N110-135ºE, guardando un alto coeficiente de correlación entre ambos sucesos (Pezzi, 1979). La ubicación de las cavidades existentes responde al mismo patrón. Son las fracturas más modernas, aquellas formadas durante los últimos 25 m.a., y de éstas las más recientes, las que tienen una especial trascendencia en el desarrollo de los macizos kársticos béticos (Benavente y Sanz de Galdeano, en este volumen).

El factor litológico tiene también una gran trascendencia en las formas que observamos, de manera que, por ejemplo, encontramos un lapiaz mucho más desarrollado en los niveles de calizas oolíticas de la Formación Torcal que en los niveles de nodulosas o de calizas pseudobrechoides, fenómeno que nos habla del mayor contenido en carbonato cálcico de las primeras y, por tanto, su mayor susceptibilidad a la disolución (Pezzi, 1975, 1977). Sin embargo, sobre las formas residuales de la meseta (conjuntos aislados de capas apiladas), observamos que los niveles nodulosos, y sobre todo los brechoides, se comportan como miembros menos competentes que las calizas oolíticas, desapareciendo antes que éstas. Esto origina sucesiones de capas con alternancia de resaltes y entalladuras, donde los resaltes corresponden a calizas oolíticas o nodulosas s.str. y las entalladuras a capas de nodulosas o de calizas brechoides, según las alternancias respectivas. Para este hecho, en principio un tanto contradictorio, Pezzi (1975, 1977) encuentra una explicación en la influencia de los fenómenos periglaciares tipo gelifracción y/o crioclastia, correspondientes a las épocas frías que describíamos en el apartado anterior, a los cuales son más susceptibles las calizas brechoides por su mayor porosidad y presencia de discontinuidades texturales.

En conclusión, para Pezzi, la alternancia de niveles o estratos en la roca que presentan diferencias en cuanto

a la sensibilidad al hielo (gelivación), en función de su composición y textura, ha colaborado a originar las formas kársticas superficiales típicas del Torcal junto con el fenómeno disolución; la "gelivación diferencial" existente entre calizas oolíticas/nodulosas/brechoides, ha hecho que la denudación profundice más en las últimas, dando formas caprichosas que, a veces, se apoyan sobre bases inverosímiles por sus reducidas dimensiones en relación con el elemento que sustentan.

Hoy en día, merece la pena hacer una cierta revisión de estas ideas ya que encontramos ciertos obstáculos a las mismas: en primer lugar, no aparecen restos de depósitos periglaciares en la parte superior del Torcal y, por otra parte, morfologías equivalentes a las del Torcal, sobre los mismos materiales, aparecen a altitudes muy variadas; así, por ejemplo, encontramos una morfología tipo "Torcal" en la Sierra de Utrera, junto a Manilva, en la misma provincia de Málaga, a una altitud de unos 300 m s.n.m. para la cual es difícilmente concebible la existencia de fenómenos periglaciares durante el Cuaternario.

Pezzi (1975, 1977), atribuye la ausencia de depósitos periglaciares en la parte superior del Torcal a que éstos han sido literalmente "tragados" por las dolinas y demás formas de absorción kársticas. Realmente, han llegado a localizarse brechas que parecen ser de origen periglaciar dentro de algunas cavidades, pero el volumen de depósitos observados es insignificante comparado con el total que ha debido de ser evacuado, por lo que resulta difícil creer en la explicación de Pezzi como única.

Con todo esto, pensamos que la denudación diferencial de los niveles superiores del Torcal, responde a un fenómeno complejo en el que han podido intervenir de forma combinada procesos como gelivación, erosión eólica e incluso disolución (la mayor porosidad, y por tanto la mayor capacidad de retención de agua, de las calizas pseudobrechoides, quizás compense su menor contenido en carbonato cálcico).

Cabe hacer mención a la existencia de grandes corredores kársticos que discurren paralelos a las grandes fracturas, las cuales condicionan la formación de éstos. Estos corredores pueden tener profundidades de varias decenas de metros y anchuras muy variables, con un fondo relleno de arcillas de descalcificación. Se trata de formas un tanto raras en el ambiente mediterráneo, siendo más bien propias de áreas más húmedas, en relación, muchas veces, con procesos nivales. Esto hace que podamos relacionar el principal desarrollo de los corredores con las importantes acumulaciones de nieve sobre el Torcal que debieron darse durante las epocas glaciares recientes (Pezzi, 1977).

En cuanto a cavidades se refiere, éstas son numerosas, con un claro predominio de las simas sobre las cuevas o cavidades de desarrollo preferentemente horizontal (la única cavidad de desarrollo propiamente horizontal aparece en la Fuente de la Villa, en la parte inferior del macizo). Estas simas están, muchas veces, ligadas a grietas o fracturas abiertas en las que prácticamente no existen evidencias de disolución y las reconstruciones litoquímicas son escasas, plagadas de bloques caidos (lo que los espeleólogos llaman "cavidades tectónicas"). Esto es especialmente notorio en el Torcal Alto, mientras que, en el Torcal Bajo, puntualmente, se han localizado algunas cavidades con una presencia significativa de espeleotemas, sin dejar su condición de simas, pero significando un papel más relevante de los procesos de disolución y precipitación química frente a procesos puramente mecánicos.

La exploración de las cavidades del Torcal ha sido y está siendo llevada a cabo, por un lado, por la Sociedad Excursionista de Málaga, a cuya labor se debe el siguiente listado (Ramírez Trillo, 1982):

Cavidad	**Desnivel máximo (m)**	**Longitud proyectada (m)**
Sima Azul	-114.86	206.46
Sima de la Unión	-143.63	188.01
Cueva de la Picardía	- 6.23	36.63
Cueva de la Cruz I	- 17.34	27.38
Sima del Moño I	- 26.30	10
Cueva de Marinaleda I	- 11.89	25.12
Sima del Callejón Oscuro I	- 20.84	12.89
Cueva del Toro	- 10	42
Sima de la Mujer	- 81	58
Sima de la Torrecilla	- 44	17
Sima Choza de los Marranos	- 59	15
Sima Camorro las Motesas	- 56	10
Sima Loca	- 36.35	10.35
Sima M y M	- 29.67	40.59
Sima Tosaires I	- 15.96	16.12
Sima Tosaires II	- 25.85	32.38
Sima Tosaires III	- 18.78	5.98
Sima Marilo	- 42.41	101.19
Sima de los Mosquitos	- 11.36	6.48

Por otro lado, el Grupo de Montaña y Espeleología Tupecaras (Antequera) y la Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos, mantienen también una actividad investigadora sobre la zona, que ha dado como fruto la localización de la Sima del Navazo Verde (-127 m) y Sima Rasca (González Narbona, 1989; Fernández Sánchez, 1990), que, con sus 240 m de profundidad explorados hasta la fecha, se ha convertido en la segunda cueva en importancia, de desarrollo vertical, de Andalucía (Fig. 7). Como dato de interés, al final de la sima, se localiza un curso de agua activo, hecho que hasta ahora no se había constatado, sobre una cota de -150 m de profundidad aproximadamente. En niveles superiores, llegan a localizarse meandros fósiles, actualmente desfondados, prueba de cierta circulación subhorizontal de aguas.

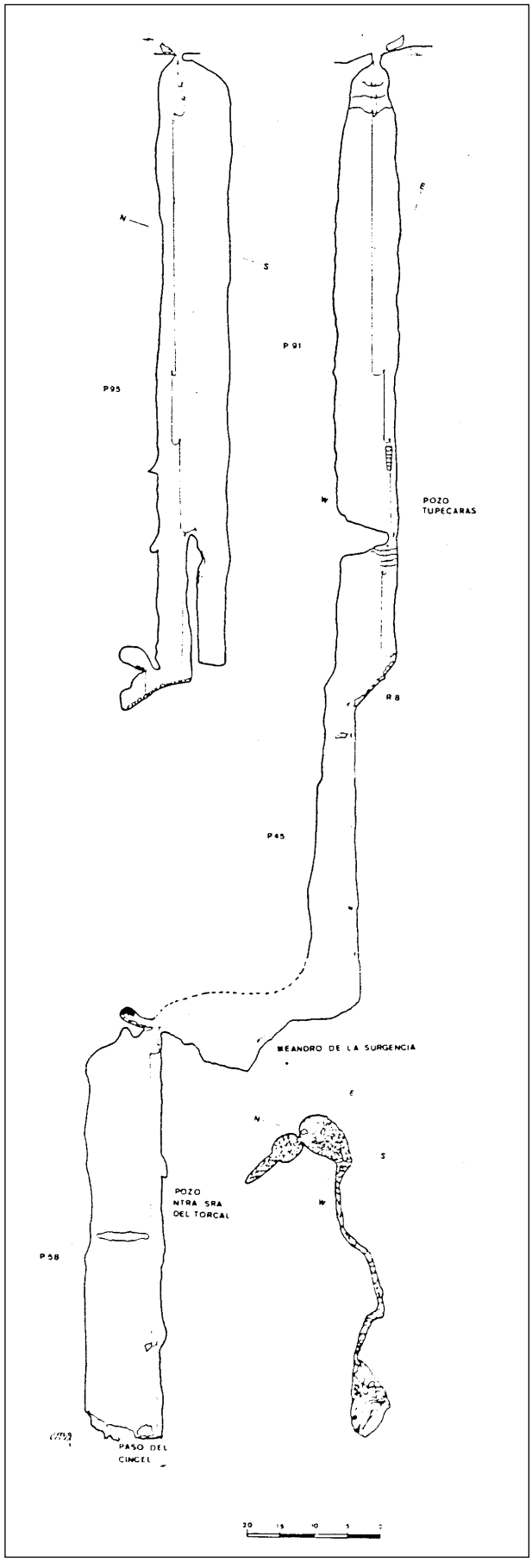

Fig. 7.- Levantamiento topográfico de Sima Rasca (según González Narbona, 1989).

Aspectos hidrogeológicos

El Torcal constituye un acuífero kárstico de límites netos, desarrollado en calizas rodeadas de materiales impermeables o poco permeables (Fig. 8). La mayor parte del agua de las precipitaciones que caen sobre el Torcal queda atrapada en la red endorreica del mismo, que actúa a manera de "embudo" para todo el sistema, de manera que, prácticamente, toda la lluvia útil se transforma en infiltración.

El agua penetra en el macizo a través de las abundantes formas kársticas de absorción superficiales (lapiaz, fisuras y dolinas esencialmente), progresando rápidamente en profundidad hasta ciertos niveles (entre los -150 y los -200 m según los datos espeleológicos).

La circulación se realiza por un medio muy fisurado que hace que el sistema kárstico funcione de una manera más o menos parecida a un medio granular altamente transmisivo, de gran memoria (capacidad de regulación superior a 70 días), en cuanto a su reacción en surgencias, y de reservas apreciables (Pulido, 1989).

Las surgencias del sistema son numerosas y se distribuyen por todo el borde del Torcal en un único nivel (no se localizan surgencias antiguas inactivas a cotas más altas), siendo su caudal de escasa cuantía salvo en el caso del Manantial de la Villa que supone por sí sola el 87% de las salidas del acuífero. Esta surgencia se sitúa al norte del macizo, a 586 ms.n.m., y tiene acceso por la misma carretera que llega hasta el parque. La surgencia es objeto de regulación a través de unos sondeos de los cuales se bombea el agua que abastece algunas explotaciones agrícolas y la ciudad de Antequera.

El modelo kárstico podría semejarse bastante al establecido por Kiraly (1975) sobre un macizo compartimentado en bloques capacitivos, finamente fisurados, y una red de canales transmisivos (fisuras mayores), interrelacionada con los bloques.

Algunos datos climáticos e hidrológicos de interés son los siguientes (IGME, 1983):

- Precipitación media anual: 860 mm/año
- Superficie efectiva del acuífero: 35 km^2
- Coeficiente de infiltración: 51-55%
- Recursos: 15.5 hm^3/año
- Descarga Manantial de la Villa: 13.5 hm^3/año
- Caudal medio Manantial de la Villa: 425 l/s
- Caudal mínimo Manantial de la Villa: dudoso por bombeo
- Caudal máximo Manantial de la Villa: 1.785 l/s

CONCLUSIONES

El llamativo karst superficial del Torcal de Antequera es el sorprendente resultado de una combina-

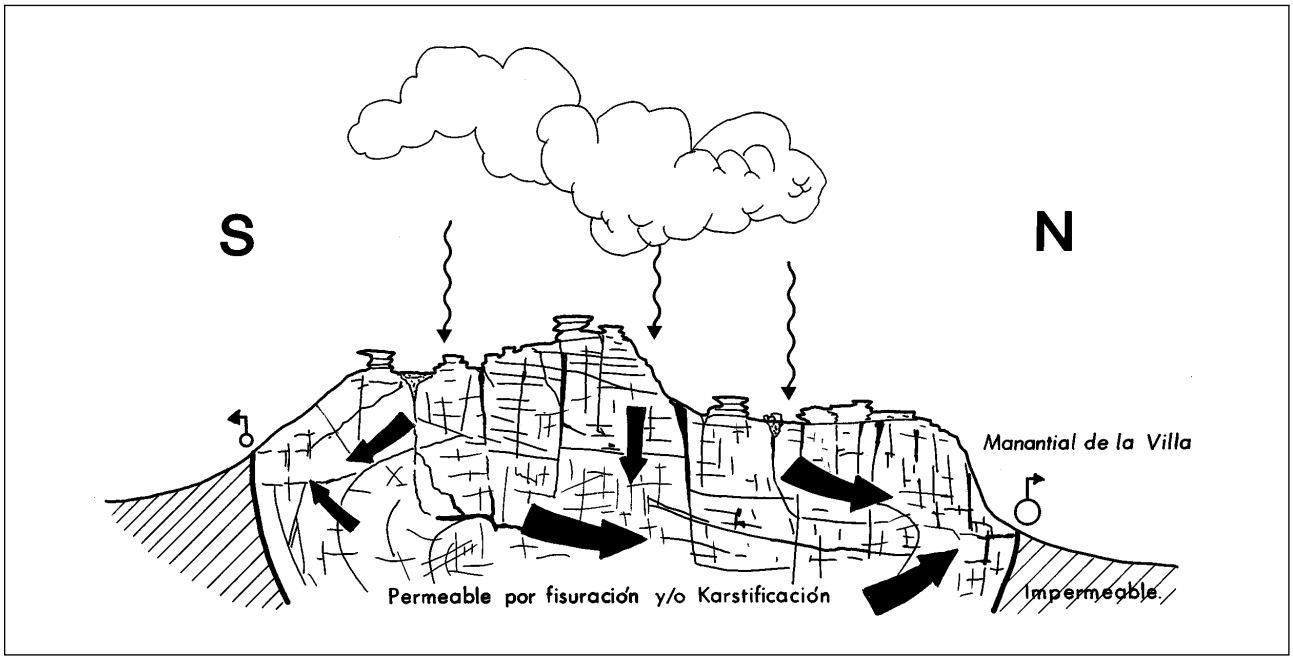

Fig. 8.- Esquema hidrogeológico simplificado del macizo kárstico del Torcal.

ción de factores típicos, cada uno de los cuales juega una papel peculiar y tiene un peso específico propio en la obra final: clima, litología y estructura geológica son esos factores.

Las últimas épocas frías cuaternarias han aportado una disponibilidad de agua y unos fenómenos periglaciares, como la crioclastia, de gran trascendencia. Asimismo, las calizas del macizo han permitido, por sus distintas texturas y contenido en carbonatos, una acción diferencial de los agentes externos (disolución, gelivación y, quizá acción eólica) sobre los estratos, de características alternantes y bien definidos en la parte alta del macizo. La estructura general del Torcal, un pliegue tipo "champiñón", da lugar a una amplia meseta donde se desarrollan las espectaculares formas kársticas, en un régimen prácticamente endorreico. Al mismo tiempo, todas esas formas, por ejemplo los grandes corredores, están configuradas o ligadas al enorme número de diaclasas y fallas de la sierra.

La abundancia de pequeñas cavidades, la existencia de una red subterránea poco jerarquizada, el poco desarrollo de los espeleotemas y de las formas de disolución, el cavernamiento en fisuras, la presencia de un nivel de surgencias único, etc, son aspectos que sugieren una rápida evolución del karst del Torcal, cuyo mayor desarrollo, puede atribuirse a tiempos relativamente recientes dentro de la última glaciación cuaternaria, el Würm.

Las cavidades, numerosísimas, son esencialmente verticales (simas), y la mayor conocida ronda los 240 m de profundidad; sobre los -150 m, aparece un curso de agua y presencia de meandros, con un cierto desarrollo subhorizontal del cavernamiento.

El comportamiento del acuífero kárstico, es bastante regular en sus respuestas a las precipitaciones, lo cual hace previsible las mismas; además, la capacidad de regulación de las aguas infiltradas es grande y el sistema manifiesta una gran inercia. Esto significa un nivel de fisuración muy importante y una transmisividad alta, con un nivel freático más o menos uniforme para la zona saturada.

Desde el punto de vista espeleológico, todo lo anteriormente expuesto, puede repercutir en la inexistencia de grandes cavidades subhorizontales, al menos penetrables, una vez superadas las simas; este extremo, sin confirmar, no debe desalentar la labor de los deportistas y/o investigadores del mundo subterráneo, para los cuales, con toda seguridad, el Torcal aún guarda muchas sorpresas en lo que queda por explorar, que es mucho.

REFERENCIAS

FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, J.M. (1990): Sima Rasca (Torcal de Antequera, Málaga). *Espeleo-Sur*, 3-6. Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos.

GONZÁLEZ NARBONA, J. (1989): Sima Rasca (El Torcal, Antequera, Málaga). *Andalucía Subterránea*, 9, 51-64. Federación Andaluza de Espeleología.

GUTIÉRREZ ELORZA M. y ESTÉVEZ, A. (1988): Depósitos periglaciares en la vertiente septentrional de la Sierra de Lújar. Implicaciones neotectónicas. *Mediterránea*, 7, 95-106.

IGME (1983): *Investigación hidrogeológica de las cuencas del Sur de España (Sector Occidental)*. Informe técnico 8. Ministerio de Industria y Energía, Madrid.

KIRALY, L. (1975): Rapport sur l'etat actuel des connaissances dans le domaine des caracteres physiques des roches karstiques. *International Union Geological Sciences*, B, 3, 53-67.

LHÉNAFF, R. (1981): *Recherches geomorphologiques sur les Cordilleres Betiques centro-occidentales (Espagne)*. Tesis doctoral. Université de Lille III. Francia.

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.

MARTÍN SOCAS, D. (1986) :Informe preliminar de la campaña de 1985 en la Cueva del Toro del Torcal (Antequera, Málaga). *Anuario Arqueológico de Andalucía 1985*. Sevilla: Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía.

PEYRE, Y. (1974): *Géologie d`Antequera et de sa Région (Cordillères Betiques-Espagne)*. Tesis. Université de Paris. Paris: Institute Nationale Agronomique.

PEZZI, M. (1975): Le Torcal d`Antequera (Andalousie): un karst structural retouché par le périglaciarisme. *Méditerranée*, 2, 23- 27.

PEZZI, M. (1977): Morfología kárstica del sector central de la Cordillera Bética. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*. Monografía, 2. 288 p.

PEZZI, M. (1979): Análisis morfológico del Torcal de Antequera. *Jabega*, 26, 54-64. Diputación Provincial de Málaga.

PULIDO, A. (1989): Le Torcal d`Antequera: points de vue morphologique et hydrogeologique. Livret-guide de la *Reunion Franco-Espagnole sur les Karsts Méditerranéens d`Andalousie Occidentale.*

RAMIREZ TRILLO, F. (1982): III Campamento Social-1981. Torcal de Antequera. 75 *Aniversario SEM*, 89-94. Sociedad Excursionista de Málaga.