

TEMA DEL DÍA

GEOLOGÍA DE ANDALUCÍA

J.A. Vera (1)

RESUMEN

Por expreso deseo del Comité Organizador del VIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología (Córdoba, septiembre de 1994) se pronuncia una conferencia sobre este tema, en la que se quiere presentar, con un nivel accesible a todos, los rasgos generales de la Geología de Andalucía. El autor se plantea cubrir (en la medida de lo posible) y de manera simultánea dos objetivos aparentemente contradictorios. El primero es mostrar el grado de conocimiento actual de la misma y dar la información bibliográfica seleccionada y reciente para que el experto en Geología pueda profundizar por sí mismo en el tema. El segundo es manejar, en todo el trabajo (exposición oral y texto escrito), un lenguaje científico no excesivamente complejo que permita su comprensión a personas que no sean geólogos profesionales.

ABSTRACT

A general introduction to Geological features of Andalusia is presented in this conference. The author try to achieve (as far as possible) two apparently radictory objectivs: first, showing the current stage of knowledge around the Geology of Andalusia and introducing a selected and present bibliographical information devoted to make a more and more careful study of that subject. Second one, using a reasonably complex scientific language along this work (oral exposition and written text) allowing the conceptual understanding for persons no necessary professional geologist.

1.- RASGOS GEOGRÁFICOS Y MORFOLÓGICOS

Andalucía es una de las diecisiete comunidades autónomas que constituyen España y se localiza en la parte meridional de la península ibérica, quedando rodeada por el sur por el Golfo de Cádiz (Océano Atlántico), el estrecho de Gibraltar y el Mar de Alborán (Mediterráneo occidental), mientras que hacia tierra limita con Portugal y las comunidades autónomas de Extremadura, Castilla-La Mancha y Murcia.

La Junta de Andalucía publicó recientemente (Junta Andalucía, 1992) un atlas básico de la comunidad donde se puede encontrar una cuidada cartografía y una detallada documentación sobre diferentes rasgos geográficos (relieve, clima, vegetación, morfología, etc.) que constituye la base de información geográfica más actualizada. Desde hace unos años, se cuenta con la cobertura de toda la comunidad de fotografías de satélite (ortoimágenes) a escala 1:100.000, publicadas por el Instituto Geográfico Nacional que constituyen excelentes documentos gráficos para ver la distribución los relieves y relacionarlos con los rasgos geológicos.

En Andalucía se pueden diferenciar tres grandes unidades morfológicas. La más septentrional es Sierra Morena, localizada al norte del valle del Guadalquivir, con una altitud media de 600 m y cotas máximas 912 m (S^a de Aracena, prov. de Huelva), 896 m (S^a de los Santos, prov. de Córdoba), de 1.323 m (S^a Madrona, noroeste de la prov. Jaén) y de 1.300 m (Estrella, límite norte de la prov. de Jaén, cerca de Despeñaperros). La segunda es la Depresión Bética o Depresión del Guadalquivir que corresponde a la gran llanura que rodea al valle del río Guadalquivir, que se ensancha ampliamente hacia el oeste (Marismas) y se estrecha hacia el este hasta terminar en las lomas de Ubeda en las faldas de la S^a de Cazorla; su altitud media al oeste de Córdoba es inferior a 200 m, mientras que en su extremo oriental es de unos 400 m. La tercera gran unidad morfológica, las Cordilleras Béticas, ocupa más de la mitad de la superficie de Andalucía, constituye un relieve montañoso accidentado en el que se elevan las cotas mayores de la Península Ibérica (Mulhacén, 3.481 m y Veleta 3.392 m) y en la que se levantan numerosas sierras en las que se superan los 1.900 m de altitud (Serranía de Ronda, S^a Tejada, S^a Nevada, S^a Harana, S^a de Baza, S^a de Gador, S^a de Filabres, S^a de María, S^a Mágina, S^a de Cazorla, S^a de Segura y S^a de la Sagra) localizadas en las provincias de Málaga, Granada, Almería y Jaén.

2.- RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES

Los límites de comunidades autónomas son divisiones administrativas raramente coinciden con límites de unidades geológicas, por lo que al

(1) Departamento de Estratigrafía y Paleontología.- Facultad de Ciencias.- Universidad.- 18071.- Granada



estudiar la Geología de una comunidad sea necesario ver la continuación de las unidades geológicas presentes en ella, fuera de la misma. En el caso de Andalucía se puede decir que Sierra Morena constituye el borde meridional de una unidad geológica que ocupa gran parte de la península (Macizo Hespérico o Macizo Hercínico de la Meseta) y que las Cordilleras Béticas, como unidad geológica, se prolongan hacia el este, fuera de la comunidad andaluza, por las provincias de Murcia, Albacete, Alicante y sur de Valencia, continuando bajo el Mediterráneo para aflorar en Ibiza y Mallorca.

2.1.- Fuentes de información geológica

Las fuentes de información sobre la Geología de Andalucía son muy diversas. De una parte se tienen los mapas geológicos de diferentes escalas. La superficie de Andalucía está representada en unas 200 hojas del mapa topográfico a escala 1:50.000 (desde la Hoja 807 a la 1078). El Instituto Geológico y Minero de España ha editado, desde 1970 hasta la actualidad, los mapas geológicos de unas 170 hojas, estando pendiente de publicación o de elaboración el resto (15%). El mapa geológico más detallado del conjunto de Andalucía (escala 1:400.000) fue editado en 1985 (Junta de Andalucía, 1985) y le acompaña una memoria explicativa con abundantes referencias bibliográficas. Se trata de dos mapas con la misma base geológica, uno de ellos con los yacimientos e indicios de minerales metálicos y energéticos (incluida la indicación de todos los sondeos petrolíferos) y el otro con la indicación de las explotaciones e indicios de minerales y rocas industriales. Mapas geológicos de menor detalle se incluyen en los atlas de Andalucía antes citados, como mapas temáticos, entre los que se encuentran mapas litológicos, de unidades estructurales, morfológicos y de suelos.

En los últimos años la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Industria tiene a disposición de los investigadores que lo deseen las descripciones de los sondeos de prospección petrolífera realizados en Andalucía (más de cuarenta) y gran parte de los perfiles sísmicos realizados por empresas petrolíferas que han quedado a libre disposición una vez que ha transcurrido el intervalo de tiempo de confidencialidad. El Instituto Geológico y Minero de España elaboró en 1986 un documento en el que se indican los perfiles sísmicos existentes en dicho banco de datos.

Los artículos y monografías publicadas sobre la Geología de Andalucía son muy numerosas, y sus autores son de diferentes nacionalidades (españoles, ingleses, franceses, alemanes y holandeses). Entre ellos se van a destacar algunos (Julivert, 1983; Junta de Andalucía, 1985; Fontboté, 1986; Vera, 1986, 1988; Martín-Algarra, 1987; Dallmeyer y Martínez-García, 1990; Sanz de Galdeano y Vera, 1991, 1992, Martín-Algarra *et al.*, 1992) por contener a su vez una importante

información bibliográfica que facilitará, al lector interesado, el poder profundizar en cualquier aspecto del tema.

2.2.- Unidades geológicas de rango mayor

En el territorio de Andalucía se pueden diferenciar tres grandes unidades geológicas (fig. 1), que en gran parte coinciden con las unidades morfológicas antes citadas.

Al norte del valle del Guadalquivir, coincidiendo con la unidad morfológica de Sierra Morena, aflora el Macizo Hercínico de la Meseta o Macizo Hespérico (Julivert *et al.*, 1974), constituido por materiales precámbricos y paleozoicos plegados durante la orogénia hercínica (hacia el final del Carbonífero medio) y que desde entonces (hace unos 300 millones de años) han quedado emergidos, constituyendo un continente sometido a erosión.

En la parte más meridional y ocupando la mayoría de la superficie, se elevan las Cordilleras Béticas (o Cordillera Bética) coincidiendo en gran parte con la unidad morfológica del mismo nombre. Se trata de una cadena de plegamiento alpino formada durante el Mioceno y que a su vez está constituida por dos grandes unidades: las *Zonas Externas*, que comprenden a los materiales mesozoicos y terciarios del antiguo margen continental localizado al sur y sureste de la placa ibérica, y las *Zonas Internas* que constituyen un fragmento de una microplaca (Subplaca Mesomediterránea) que se ha desplazado hacia el oeste hasta colisionar con el margen antes citado y formar la cordillera.

La tercera unidad geológica se va a denominar genéricamente "Depresiones neógenas" y es la que presenta algunas diferencias, en cuanto a su coincidencia con las unidades morfológicas. Se trata de las áreas que quedaron "deprimidas" después de la orogénia alpina y que fueron rellenadas por sedimentos producto de la erosión de los nuevos relieves. Entre ellas está la Depresión del Guadalquivir, localizada entre el macizo hercínico y el borde septentrional de las Cordilleras Béticas. Se incluyen además, y ésta es la diferencia con la división morfológica, un conjunto de áreas ubicadas dentro de las Cordilleras Béticas (cuencas intramontañosas) que tienen importantes relieves sedimentarios de materiales neógenos.

3.- EL MACIZO HERCÍNICO DE LA MESETA O MACIZO HESPÉRICO

En Andalucía aflora la parte más meridional de este macizo, el cual se extiende, por el norte, hasta las costas gallegas y asturianas. La alineación estructural dominante en este dominio hercínico es la NW-SE y paralelamente a ella, clásicamente, se diferencian varias unidades (zonas) de las cuales tres están parcialmente representadas en Andalucía (*Zona Centroibérica*, *Zona de Ossa-Morena* y *Zona Surportuguesa*). Las dos pri-



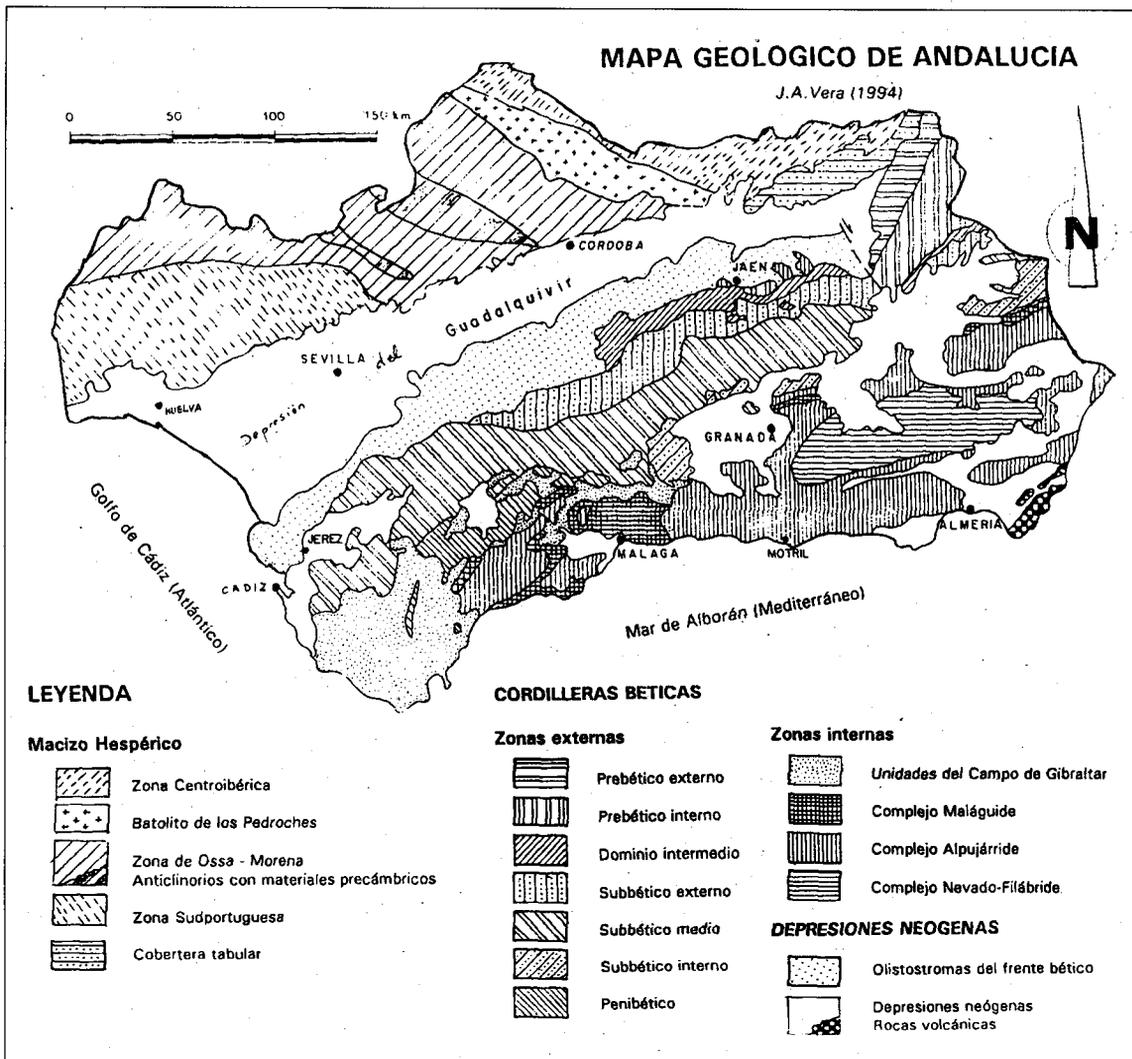


Figura 1.- Mapa geológico de Andalucía en el que se marca la distribución superficial de las diferentes unidades geológicas que afloran en esta comunidad.

meras están consideradas como integrantes de las "zonas internas" del macizo hercínico y en ellas afloran, esencialmente, materiales Precámbricos y del Paleozoico inferior, con un amplio desarrollo de las rocas plutónicas y con un metamorfismo de alto grado al menos en amplias regiones. La tercera (Zona Sudportuguesa) se considera como de "zonas externas" del mismo macizo y en ellas afloran los materiales del Paleozoico superior, con escasas rocas plutónicas y con un metamorfismo inexistente o de muy bajo grado.

La *Zona Centroibérica* ocupa la parte más oriental de los afloramientos del macizo hercínico dentro de Andalucía, concretamente los existentes en la provincia de Jaén y parte de los de la de Córdoba. En ella afloran materiales del Paleozoico, mayoritariamente pizarras y cuarcitas, entre ellas la llamada "cuarcita armoricana". Presenta un amplio plutón granítico (Batolito de los Pedroches) alargado según la dirección estructural dominante (NW-SE), con una anchura de 10-20 km, constituido por numerosas intrusiones graníticas de edad carbonífera, predominando las granodioritas y los granitos de megacrystalos de dos micas.

La *Zona Ossa-Morena* ocupa la parte central de los afloramientos del macizo hercínico en Andalucía y aflora en las sierras del norte de las provincias de Córdoba y Sevilla. En esta zona existen una mayor diversidad lo que ha llevado a numerosos autores a diferenciar unidades de rango menor (o dominios) en ella (ver: Junta de Andalucía, 1985), en función de los tipos y edades de materiales que afloran, del tipo de rocas ígneas asociadas y del grado de deformación. Estas unidades o dominios se alargan paralelamente a la alineación estructural dominante (NW-SE), y entre ellas está la denominada "faja blastomilonítica" de Córdoba-Badajoz y tres bandas de afloramientos precámbricos (Anticlinorios de Azuaga-Villanueva de Córdoba, Olivenza-Monesterio y Aracena). El Precámbrico está constituido por tres complejos separados por discordancias. El inferior está formado por gneis, anfibolitas y esquistos, el intermedio por esquistos y cuarcitas (grauvacas) de metamorfismo de grado bajo a muy alto y el superior por rocas vulcanosedimentarias con metamorfismo muy bajo. El Cámbrico inferior comienza con unas arenitas



y lutitas a las que siguen una formación carbonatada (Fm. Pedroche) con estromatolitos en la base y Archeociátidos y Trilobites en el techo. El resto del Cámbrico, el Ordovícico y el Silúrico se presentan con facies detríticas (pizarras y cuarcitas) con faunas marinas. El Devónico falta en amplios sectores y cuando está presente muestra facies propias de medios marinos someros ("facies renanas"). El Carbonífero aflora en bandas alargadas paralelas a las alineaciones estructurales (NW-SE), una de ellas al SE del batolito de los Pedroches y la otra en Bélmez-Peñarroya, y es generalmente discordante sobre los materiales anteriores de edades diversas. En los materiales carboníferos se diferencian tres conjuntos muy diferentes: el inferior de *facies Culm* (constituidas por lutitas y areniscas turbidíticas) cuya edad es esencialmente Dinantiense. El medio constituido por pizarras, areniscas y conglomerados con capas de carbón que se explotan comercialmente en la cuenca carbonífera de Peñarroya-Bélmez, cuya edad es Viseense superior, Dinantiense y Westfaliense. El tercero corresponde a algunos pequeños afloramientos muy aislados de materiales claramente postorogénicos, discordantes sobre los de edades anteriores, y datados como Estefaniense. La *Zona Surportuguesa* representada en la parte más occidental, en la provincia de Huelva, muestra un conjunto inferior (Devónico-Carbonífero inferior) formado por pizarras y cuarcitas con un complejo vulcanosedimentario cerca del techo y un conjunto superior (Carbonífero medio) formados por lutitas y areniscas turbidíticas (*facies Culm*). Dentro de esta zona se localiza la denominada "faja pirítica" que corresponde a una parte del afloramiento del complejo vulcano-sedimentario en el que se localizan importantes reservas de pirita que han sido objeto de explotaciones masivas. Se conocen más de 75 masas mineralizadas en esta faja, entre ellas las conocidas: Aznalcollar, Río Tinto, Sotiel y Tharsis.

El conjunto del macizo hespérico se deformó en la orogénesis hercínica, durante el Carbonífero, con varias fases superpuestas, y emergió constituyendo a partir de entonces un continente sometido a denudación y erosión, que fue el área fuente de los materiales depositados en los márgenes continentales o áreas subsidentes adyacentes, individualizados al inicio de Mesozoico.

4.- LAS CORDILLERAS BÉTICAS

Constituyen el extremo más occidental del conjunto de las cadenas alpinas europeas y ocupan más de la mitad de la superficie de Andalucía. Dentro de las Cordilleras Béticas se diferencian, como ya se dijo, dos unidades geológicas de rango mayor, que reciben los nombres de Zonas Externas y Zonas Internas, cuyas características se detallan a continuación.

4.1.- Las Zonas Externas

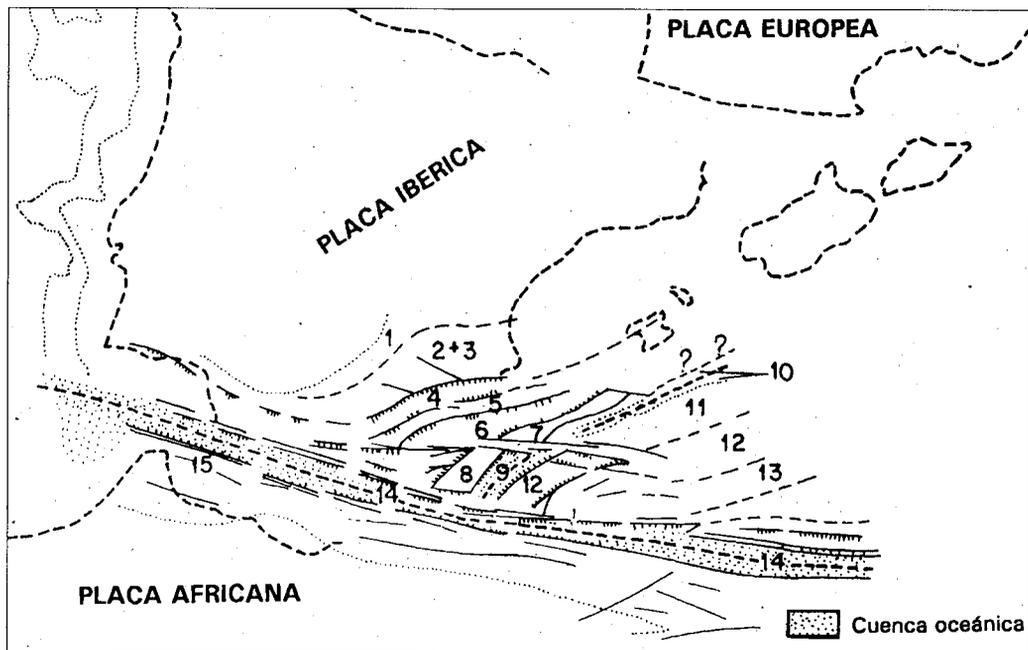
Afloran en la parte más septentrional de las Cordilleras Béticas en una banda alargada según la dirección WSW-ENE y con una anchura media de 80-100 km (fig. 1). Constituyen la cobertera sedimentaria del margen sudibérico, plegada y despegada de su zócalo. El nivel de despegue corresponde a los materiales del Triás (de facies germánica) de manera que la cobertera está formada por materiales triásicos, jurásicos, cretácicos y terciarios (hasta el Mioceno inferior), mayoritariamente sedimentarios. La única excepción a la afirmación anterior se debe a la presencia, en algunos sectores, de rocas volcánicas (o subvolcánicas) incluidas en los materiales mesozoicos. El zócalo no aflora en ningún punto, pero por los datos de sismica se conoce que es la prolongación hacia el sur del macizo hercínico de la Meseta y que se sitúa a una profundidad media de 3-4 km, hundiéndose progresivamente hacia el sur.

Dentro de las Zonas Externas, desde los primeros estudios de la cadena (ver revisión histórica en Vera, 1986), se diferenciaron dos grandes unidades (Prebético y Subbético). El *Prebético* sería la parte del margen continental adyacente al antiguo continente, que en Andalucía aflora ampliamente en las sierras de Carzorra y de Segura y, más reducidamente, en algunos relieves próximos a Jaén, caracterizado por el dominio de las facies marinas someras. El *Subbético* sería la unidad más alejada del continente durante el depósito y se caracteriza por el dominio (a partir del Lías superior) de las facies pelágicas. En estudios más recientes se han establecido subdivisiones de acuerdo con las características de las secciones estratigráficas, en especial del Jurásico y Cretácico inferior, y la posición originaria diferenciándose siete unidades, dos dentro del Prebético (Prebético externo y Prebético interno), una a caballo entre el Prebético y el Subbético (Dominio intermedio) y cuatro dentro del Subbético (Subbético externo, Subbético medio y Subbético interno, que hacia el oeste cambia al Penibético). En el mapa de la figura 1 se representan separadamente cada una de ellas, mientras que en la figura 2 se puede ver la posición paleogeográfica de las mismas.

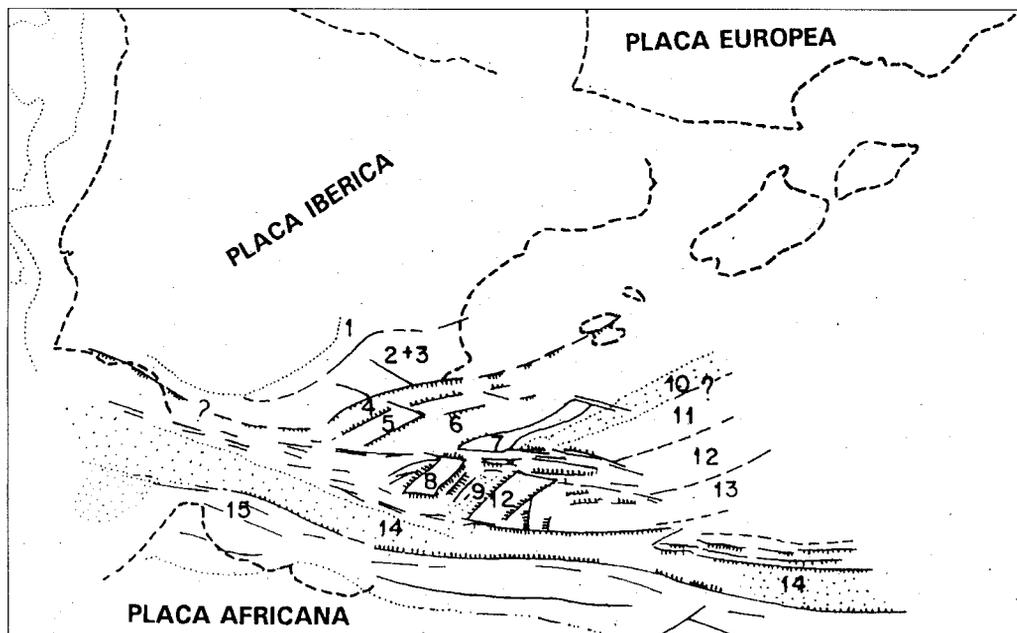
Dentro de los materiales que constituyen las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas se pueden delimitar tres grandes conjuntos que corresponden a tres etapas sucesivas de la evolución dinámica del margen continental en el que ocurrió el depósito de los mismos.

El primero de ellos lo constituyen los materiales del Triásico y del Liásico (hasta el final del Carixiense) que corresponden a los depósitos de una fase anterior a la formación del margen continental en la que se depositaron materiales detríticos rojos (*Buntsandstein* y *Keuper*) y de calizas marinas someras (*Muschelkalk* y Lias infradomeñense) con características litológicas muy similares en toda la región. Afloran ampliamente, en especial, en los núcleos de los antiformes y en los





Paleogeografía durante el Valanginiense (hace 125 millones de años)



Paleogeografía durante el Aptiense (hace 110 millones de años)

Figura 2.- Reconstrucciones paleogeográficas del sur de Iberia para dos intervalos de tiempo del Cretácico inferior, tomadas de Martín-Algarra *et al.* (1992). Leyenda: 1-8: Margen sudibérico. 1.- Cobertera tabular. 2.- Prebético externo. 3.- Prebético interno. 4.- Dominio intermedio. 5.- Subbético externo. 6.- Subbético medio. 7.- Subbético interno. 8.- Penibético. 9.- Cuenca profunda entre Penibético y los Rondaides. 10-13.- Subplaca mesomediterránea. 10.- Áreas oceánicas del Complejo Nevado-Filábride. 11.- Complejo Nevado-Filábride. 12.- Complejo Alpujarríde incluyendo los Rondaides. 13.- Complejo Maláguide. 14.- Surco de los flysch norte-africanos. 15.- Margen continental norte-africano.

frentes de cabalgamientos, destacando en el paisaje especialmente dos tipos de materiales, con dos tipos de relieves muy característicos del paisaje andaluz: los triásicos de facies Keuper que dan relieves alomados rojo-violáceos y las calizas del

Lías inferior que dan grandes relieves montañosos (p.ej. Parque Natural de las Sierras Subbéticas de Córdoba) y con importante desarrollo del modelado kárstico (p. ej. Sierra Gorda de Loja).



El segundo conjunto lo forman los materiales del Liásico (a partir del Domeriense) y comprenden el resto del Jurásico y el Cretácico inferior. Corresponden a los depósitos de la etapa de margen pasivo, de características peculiares (margen de tipo alpino, según Vera, 1994), que se inició con una fase de fracturación que llevó a la individualización de unos dominios paleogeográficos de características singulares, que permiten la diferenciación de unidades geológicas, que son las subdivisiones usuales de las Zonas Externas, a las que se aludía anteriormente. Dentro del Prebético (2+3 de la figura 2) se diferenciaban dos dominios: uno más cercano al continente (Prebético externo) con materiales marinos someros y costeros, con importantes lagunas estratigráficas, y otro más alejado (Prebético interno) con secciones estratigráficas más potentes y completas con algunos episodios de influencia pelágica hacia las partes más meridionales. En el área de sedimentación pelágica se individualizaron sectores con diferente subsidencia, alargados según la dirección WSW-ENE, dos bastante subsidentes (Dominio Intermedio y Subbético medio, 4 y 6 de la figura 2, respectivamente) y otros dos menos subsidentes (Subbético externo y Subbético interno + Penibético, 5 y 7+8 de la figura 2, respectivamente). En los sectores más subsidentes (surcos) se depositaron potentes paquetes de ritmitas de calizas-margas, calizas con sílex, turbiditas y margas radiolaríticas, localmente con intercalaciones de rocas volcánicas. En los sectores menos subsidentes (umbrales) se depositaron calizas pelágicas entre ellas las denominadas *facies Ammonítico Rosso*, poco potentes y en ellos se reconocen numerosas discontinuidades estratigráficas (García-Hernández *et al.*, 1989).

El tercer conjunto lo constituyen los materiales del Cretácico superior, Paleógeno y Mioceno inferior en los que se diferencian solamente dos conjuntos, ya que la individualización de surcos y umbrales del episodio anterior desapareció. Los dos dominios son: el Prebético, adyacente al continente (2+3 de la figura 2), con la sedimentación marina somera y episodios costeros y continentales y el resto de la cuenca (Dominio Intermedio y Subbético, 4-8 de la figura 2) con facies pelágicas margosas, localmente con intercalaciones turbidíticas. Afloran en los núcleos de los sinclinales y constituyen el conjunto minoritario en cuanto a superficie de afloramiento ocupada. Este tipo de materiales da un relieve suave en lomas que suele estar intensamente cultivado.

La estructura de las Zonas Externas es la de una cobertera plegada y desplazada hacia el NNW. Los límites de dominios paleogeográficos en gran parte coinciden con la posición de los frentes de los cabalgamientos de manera que en gran parte las unidades geológicas que se pueden diferenciar coinciden con los dominios paleogeográficos. Los materiales que han sufrido menor desplazamiento son los más cercanos al antiguo

continente (Prebético) en los que la deformación se limita a unas escamas y pliegues fallas vergentes hacia el continente. Los materiales del Dominio Intermedio y los del Subbético cabalgan ampliamente hacia el NNW, superponiéndose tectónicamente a materiales de dominios más septentrionales, superando ampliamente, en su desplazamiento horizontal, los límites numéricos para ser considerados mantos de corrimiento. En algunos sectores la vergencia de las estructuras es contraria, mostrando una cierta simetría. Mediante reconstrucciones palinspásticas (García-Hernández *et al.*, 1980; Vera, 1986) se ha calculado que el acortamiento de la cobertera durante la colisión continental ha sido del orden del 60-70%, de manera que la anchura del margen sería unas tres veces superior a la anchura actual de afloramiento de las Zonas Externas.

4.2.- Las Zonas Internas

Afloran en la parte más meridional de las Cordilleras Béticas y dentro de ella se reconocen varias unidades geológicas de rango mayor (fig. 1). En primer lugar se diferencian tres complejos (Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide) que constituyen tres conjuntos de mantos de corrimiento apilados, estando enumerados desde el tectónicamente más bajo al más alto. Los tres complejos corresponden a fragmentos del microcontinente que originariamente ocuparía posiciones más orientales (Subplaca Mesomediterránea o Subplaca de Alborán). A los efectos de la descripción, se incluyen en las Zonas Internas a las "Unidades del Campo de Gibraltar" aunque su atribución es discutible, ya que en realidad corresponden a los depósitos en las cuencas profundas, con substrato de corteza oceánica (o continental parcialmente oceanizada) que rodeaban a la Subplaca Mesomediterránea (9, 10 y 14 de la figura 2) y, por tanto, tienen entidad propia.

El *Complejo Nevado-Filábride* aflora extensamente en el núcleo del gran antiformal de Sierra Nevada y su continuación hacia el este (sierra de Filabres) y está constituido por rocas metamórficas agrupadas en dos grandes mantos de corrimientos superpuestos (Veleta y Mulhacén, ver: Fontboté, 1986). Litológicamente dominan los micaesquistos grafitosos y los micaesquistos feldespáticos y en segundo lugar los mármoles; más localmente afloran, también, anfíbolitas y ortogneisses. La edad de los materiales es muy difícil de estimar dada la ausencia de fósiles casi general, aunque se cree muy probable que fuesen paleozoicos y triásicos, sin descartar la presencia de materiales precámbricos.

El *Complejo Alpujárride* es el que más ampliamente aflora de los tres (fig. 1). Está compuesto por un conjunto de mantos de corrimiento superpuestos, constituidos por materiales que presentan un metamorfismo alpino bastante manifiesto en los términos inferiores y menos acen-



tuado (incluso ausente) en los superiores. En las unidades alpujarrides se suelen diferenciar tres formaciones: la inferior (Paleozoico), muy potente, formada por esquistos y micaesquistos, la segunda (Pérmico-Triásico inferior) de un centenar de metros de espesor constituida por filitas y cuarcitas y la tercera, también muy potente, formada por calizas y dolomías del Triásico medio y superior. Hacia el oeste, en la Serranía de Ronda, uno de los mantos alpujarrides contiene un importante volumen de peridotitas.

El *Complejo Maláguide* aflora extensamente al norte y oeste del ciudad de Málaga (fig. 1) y de modo mucho más local en las partes más septentrionales de las Zonas Internas, junto al contanto con las Externas. Al contrario que en los dos complejos anteriores, el Complejo Maláguide presenta (aunque solo muy localmente) términos del Jurásico, Cretácico y Terciario con fósiles. Los afloramientos más extensos corresponden al Paleozoico en los que se diferencian: una unidad basal de filitas y areniscas (Ordovícico?-Silúrico), una intermedia de calizas y grauvacas (Silúrico-Devónico) y una superior de grauvacas, lutitas y conglomerados (Carbonífero). Los materiales del Pérmico y Triásico son discordantes sobre los anteriores y presentan facies detríticas rojas, con niveles de arcillas y de carbonatos. Los materiales más modernos afloran muy localmente y son calizos (Jurásico-Cretácico inferior), calizo-margosos (Cretácico superior), de calizas y conglomerados (Eoceno) y de margas y lutitas (Oligoceno).

La posición paleogeográfica de estos tres complejos se esquematiza en la figura 2, de manera que entre ellos se forma la Subplaca Mesomediterránea. Para algunos autores hay que hablar de un cuarto complejo (Dorsal) aunque para otros (Martín-Algarra, 1987) podría incluirse dentro del Complejo Alpujarride. La estructura actual de las Zonas Internas es complejísima debido de una parte a las deformaciones dentro la propia Subplaca Mesomediterránea que se iniciaron en el Cretácico superior y terminaron en el Aquitaniense y de otra parte al desplazamiento de conjunto de la misma hacia el oeste hasta colisionar con el margen subibérico al final del Mioceno inferior.

Las *Unidades del Campo de Gibraltar* toman su nombre por el hecho de aflorar extensamente en la mitad meridional de la provincia de Cádiz, aunque se prolonga hacia el este con afloramientos progresivamente más reducidos, localizados entre las Zonas Internas y las Zonas Externas. Comprende materiales del Cretácico, Paleógeno y, especialmente, del Mioceno inferior. Corresponden a los depósitos de los surcos profundos localizados entre el margen sudibérico y la Subplaca Mesomediterránea (9 y 10 de la figura 2) y entre esta última y el margen continental norteafricano en el denominado surco de los "flyschs" norteafricanos (14 de la figura 2). Litológicamente destacan las margas con intercalaciones de turbiditas (calcáreas y terrígenas) alcanzado el má-

ximo desarrollo de los depósitos de turbiditas terrígenas en el Mioceno inferior, por lo que se tienen los mayores espesores en dichos términos. Estos materiales fueron desenraizados durante la etapa de colisión continental de manera que fueron expulsados de su posición originaria desplazándose hacia el oeste solidariamente con la Subplaca Mesomediterránea.

5.- LAS DEPRESIONES NEÓGENAS

Como se decía anteriormente se trataría de las áreas que quedaron "deprimidas" después de la orogenia alpina (colisión entre las Zonas Internas y las Zonas Externas) que ocurrió durante el Mioceno medio. Estas áreas subsidentes se rellenaron por sedimentos del Mioceno superior, Plioceno y, más localmente, Pleistoceno producto de la erosión de los nuevos relieves.

La más extensa de estas depresiones es la Depresión (o cuenca) del Guadalquivir, localizada entre el macizo hercínico de la Meseta y el borde septentrional de las Cordilleras Béticas. Se trata de una cuenca de antepaís, que se superpone al surco frontal que existiría al norte de la cordillera a la vez que se iba formando. Tiene una marcada asimetría ya que el borde norte (macizo hercínico) es tectónicamente inactivo mientras que el borde sur sería activo, lo que trae como consecuencia que junto a este borde activo se depositasen importantes volúmenes de olistostromas (fig. 1) formados por masas (olistolitos) de procedencia bética en el seno de materiales del Mioceno. La mitad norte de la Depresión del Guadalquivir corresponde a afloramientos del Mioceno superior y Plioceno sin olistostromas.

Además de la Depresión del Guadalquivir, se incluyen un conjunto de áreas ubicadas dentro de las Cordilleras Béticas (*cuenclas intramontañosas*) que tienen importantes rellenos sedimentarios de materiales neógenos postorogénicos. Entre ellas destacan por su amplitud y potencia del relleno sedimentario, de oeste a este, las depresiones o cuencas de; Ronda, Granada, Guadix-Baza, Almería, Sorbas y Huerca Overa. El relleno sedimentario de estas cuencas intramontañosas se inició durante el Tortoniense en medios marinos. Durante el Messiniense y el Plioceno se retiró el mar de las cuencas más alejadas de las costas actuales y se depositaron importantes volúmenes de sedimentos continentales (p.ej. Depresión de Guadix-Baza). Las depresiones postorogénicas tienen sus materiales con escasa deformación de manera que quedan subhorizontales dando un relieve muy característico.

En la región de Cabo de Gata durante el Mioceno superior tuvieron lugar importantes erupciones volcánicas, que dan un afloramiento importante al este de Almería (fig. 1) constituido mayoritariamente por riodacitas.



6.- EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA

La construcción de la morfología actual de Andalucía y de sus rasgos geográficos es fruto de un conjunto de cambios paleogeográficos acaecidos a partir del Precámbrico (hace más de 470 millones de años, Ma) hasta nuestros días. Como en cualquier reconstrucción paleogeográfica hay una parte interpretativa, discutible, la cual aumenta a medida que la estructura es más compleja y la edad más antigua.

Los únicos materiales claramente del Precámbrico (más de 570 Ma) que afloran en Andalucía son los de los núcleos antiformes de la Zona de Ossa-Morena. Su sedimentación tuvo lugar en un medio marino con substrato de corteza continental, que se adelgazaría en el eje Badajoz-Córdoba permitiendo el ascenso de magmas básicos. Los materiales se plegaron antes del inicio del Cámbrico y simultáneamente se produjo el metamorfismo de los materiales e intrusiones de granitoides.

Durante el Cámbrico y Ordovícico (570-439 Ma) en la parte del Macizo hercínico incluida en Andalucía, y presumiblemente en su continuación hacia el sur, la sedimentación fue enteramente marina, con diferencias notables de potencias y lagunas estratigráficas locales que indican juegos de bloques que se levantaban y se hundían. Durante el Ordovícico se diferenciaban dos dominios, ambos marinos: uno que comprendía la Zona Centro-Ibérica (al este del Batolito de los Pedroches) con la presencia de la "Cuarcita armoricana" y el otro (el resto) con facies de lutitas marinas.

Al inicio del Silúrico (439 Ma) tuvo lugar una transgresión generalizada depositándose los materiales silúricos sobre términos de diferente edad. Durante el Silúrico y Devónico inferior se mantiene una distribución paleogeográfica análoga a la de épocas anteriores con sectores con depósito de lutitas (pizarras) y otros de cuarcitas, siempre en medio marino.

Al inicio del Devónico superior (377 Ma) ocurrió otra transgresión disponiéndose los materiales de esta edad sobre los del Devónico inferior, con una laguna estratigráfica que comprende el Devónico medio. Los materiales del Devónico superior y Carbonífero inferior son marinos con intercalaciones de rocas volcánicas a veces muy importantes (complejo vulcanosedimentario de la Zona Surportuguesa).

Los depósitos de volúmenes importantes de turbiditas (facies Culm), precursores de la orogénia hercínica, son más antiguos en la Zona de Ossa Morena donde se iniciaron en el Carbonífero inferior y más tardíos en la Zona Surportuguesa en la que se iniciaron a lo largo de, o al final del, Namuriense. Durante el Westfaliense en la Zona de Ossa-Morena se depositaron facies parálicas con niveles de carbón, mientras que en la Zona Surportuguesa eran marinas más profundas.

Hacia el límite Westfaliense-Estefaniense (303 Ma) ocurrió la fase principal de la orogénia hercínica que conllevó la emersión generalizada del dominio hercínico, que perdura hasta la actualidad. Esta fase de deformación principal, estuvo precedida por, al menos, otras dos. Simultáneamente a la fase principal ocurrieron importantes intrusiones de granitos, entre ellos los del batolito de los Pedroches. La sedimentación del Estefaniense y del Pérmico, siempre continental, se limitó a aquellas regiones subsidentes hundidas dentro del nuevo continente y alimentadas por los productos de erosión de los relieves adyacentes.

Al inicio del Triásico (250 Ma) comenzó la individualización del margen continental sudibérico con una flexura en el borde meridional del macizo hercínico, siguiendo la alineación actual del río Guadalquivir, que permitió el depósito de materiales continentales y marinos someros (Triásico y Lías hasta el Carixiense) que alcanzaron grandes potencias.

Dentro del Pliensbachiense, hacia el límite entre el Carixiense y Domeriense (190 Ma), ocurrió una fase de *rifting* que marca realmente el inicio del margen continental sudibérico, delimitándose los dos grandes dominios: el Prebético adyacente al continente con sedimentación marina somera y el Subbético (incluido el Dominio intermedio), con surcos y umbrales, con sedimentación pelágica y con substrato de corteza continental adelgazada. Durante el resto del Jurásico y en el Cretácico inferior se mantuvo la individualización de surcos y umbrales en este margen de tipo alpino. Simultáneamente tuvieron lugar desplazamientos horizontales muy importantes de la Placa ibérica con respecto a la Placa africana, desplazándose ésta última un millar de kilómetros hacia el este (respecto a la primera), hasta ocupar posiciones relativas similares a las actuales. En la figura 2 se representan dos reconstrucciones paleogeográficas para dos intervalos de tiempo concretos (125 y 110 Ma), en los que se puede ver el crecimiento de las bandas de corteza oceánica que se supone existirían entre la Placa Ibérica, la Subplaca Mesomediterránea y la Placa Africana. La sedimentación en este intervalo de tiempo alcanzó su máximo desarrollo en los márgenes sudibérico y norteafricano, siendo mínima en la Subplaca Mesomediterránea la cual estaría emergida casi en su totalidad y sin unos márgenes continentales adyacentes desarrollados.

En el intervalo comprendido entre el inicio del Cretácico superior (96 Ma) y hasta algún momento dentro del Paleoceno (66,5-54 Ma) el margen continental siguió siendo expansivo y la sedimentación se hizo más uniforme, quedando niveladas las irregularidades del fondo (surcos y umbrales) del dominio pelágico de la etapa anterior. Simultáneamente ocurrió un giro de la Península Ibérica en sentido antihorario, con la consiguiente apertura del Golfo de Vizcaya.

La etapa de margen continental convergente se inició dentro del Paleoceno (66,5-54 Ma) y



terminó con la colisión continental (Mioceno medio). En esta etapa tuvieron lugar depósitos pelágicos con intercalaciones de turbiditas que alcanzaron su máximo desarrollo en los surcos profundos existentes entre las placas ibérica y africana y la Subplaca Mesomediterránea. Estos surcos eran la patria de las Unidades del Campo de Gibraltar. Dentro de la citada subplaca se produjeron cambios muy importantes, con la estructuración en mantos de sus unidades y formación de un bloque continental rígido que en época posteriores se desplazará hacia el oeste.

Los cambios paleogeográficos más significativos del área geográfica que actualmente ocupa Andalucía ocurrieron desde el Mioceno inferior al inicio del Mioceno superior. Durante los 185 millones de años anteriores, estos es, desde el inicio del Jurásico (210 Ma) hasta el Mioceno basal (hace 25 Ma), la línea de costas estuvo en el borde sur del macizo hercínico y el mar ocupó el resto. En este intervalo de tiempo (Mioceno inferior hasta el inicio del Mioceno superior) tuvieron lugar la colisión continental, la formación de las Cordilleras Béticas como una cadena montañosa emergida y la individualización de las depresiones neógenas, lo que implican notables y constante cambios de la línea de costas. En la fi-

gura 3 se representan cuatro esquemas de reconstrucción paleogeográfica para este intervalo de tiempo, correspondientes al Aquitaniense superior (22,5 Ma), al Burdigaliense inferior (19,5 Ma), al límite Serravaliense-Tortonense (10,2 Ma) y al Tortonense inferior (9 Ma). En el primero de ellos (fig. 3A) se muestra la posición relativa de la Placa Ibérica con el margen sudibérico con su máxima extensión y la Subplaca Mesomediterránea con el surco de los flyschs rodeándola por el oeste y por el sur; en este tiempo había comenzado la apertura de la cuenca oceánica que conlleva el giro de Córcega y Cerdeña en sentido antihorario. En el segundo (fig. 3B) se observa como sigue la apertura de la cuenca oceánica que separó Corcega y Cerdeña del Golfo de León y como se inicia la fragmentación de la Subplaca Mesomediterránea con la formación de una cuña de corteza oceánica. En los esquemas tercero y cuarto (fig. 3C,D) se muestra como la apertura progresiva de esta cuña de corteza oceánica, en el interior de la Subplaca Mesomediterránea, produce la "expulsión" de una parte de la misma hasta colisionar con el margen sudibérico, ocasionando la estructuración de los materiales que formaban la cobertera de este margen, que se despegan de su substrato, se pliegan y emergen constituyendo las Zonas Externas de las Cordille-

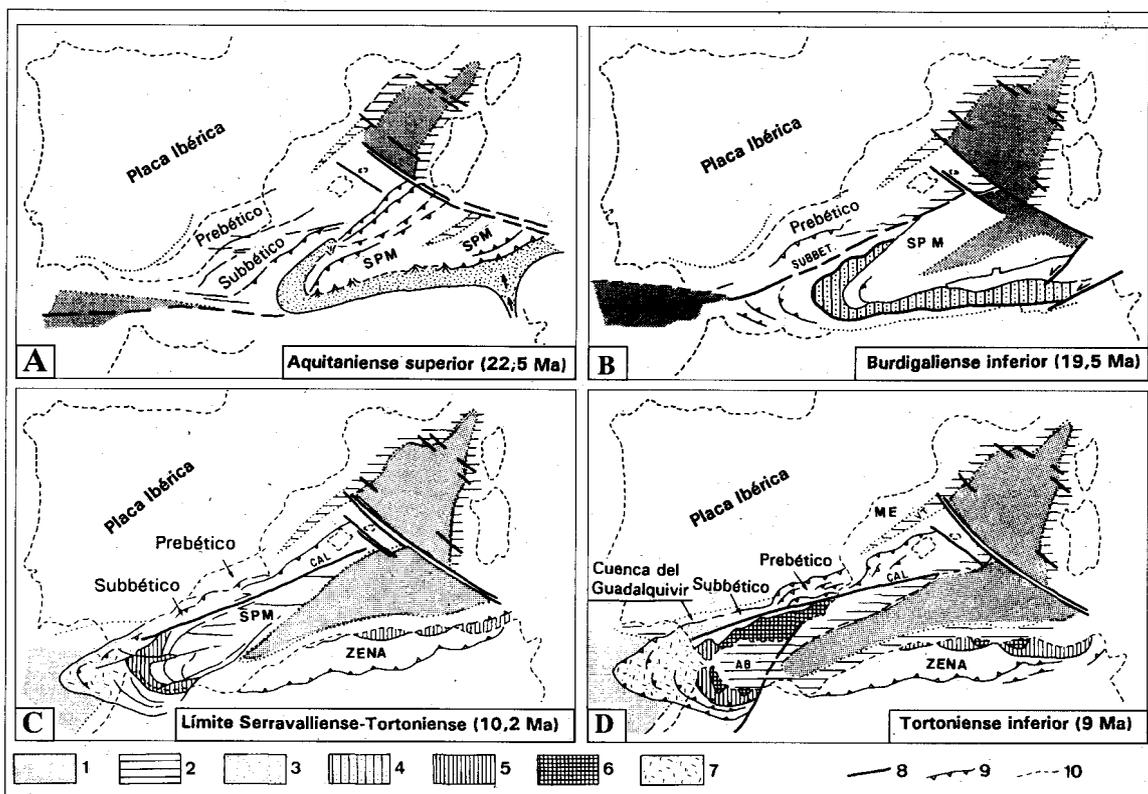


Figura 3.- Reconstrucciones paleogeográficas del sur de Iberia desde el Aquitaniense (antes del inicio de la colisión) al Tortonense inferior (final de la colisión) tomadas de Sanz de Galdeano y Vera (1992), en las que se muestra la fragmentación de la subplaca mesomediterránea, patria de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas, y la subsiguiente colisión formando el arco estructural de Gibraltar y produciendo la deformación de los materiales del margen sudibérico (Zonas Externas de las Cordilleras Béticas). SPM.- Subplaca mesomediterránea. AB.- Cuenca de Alborán. ZENA.- Zonas Externas del Norte de África. M.E.- Margen continental del Ebro. V.T.- Surco de Valencia. CAL.- Accidente Cádiz-Alicante. Leyenda: 1.- Corteza oceánica. 2.- Corteza continental adelgazada. 3.- Surco de los flyschs norteafricanos. 4.- Unidades del surco de los flyschs norteafricanos parcialmente desplazadas. 5.- Unidades del Campo de Gibraltar y otras unidades similares localizadas en el norte de África. 6.- Zonas Internas (en Cordilleras Béticas y en las cadenas norteafricanas). 7.- Olistostromas. 8.- Fallas principales. 9.- Frente de los olistostromas. 10.- Línea de costas actual.



ras Béticas. Un importante accidente de salto en dirección (Accidente Cádiz-Alicante, CAL de las figuras 3 y 4) contribuye a que el desplazamiento hacia el oeste del fragmento de la Subplaca Mesomediterránea (Zonas Internas) alcance dimensiones notables.

En la figura 4 se esquematizan en dos bloques diagramas los importantes cambios paleogeográficos acaecidos durante el Mioceno medio y superior. El correspondiente al Serravaliense (12 Ma) muestra la posición de dos masas continentales: al norte el macizo hercínico, que constituye el área de antepaís emergida, y al sur el bloque de la Subplaca Mesomediterránea (Zonas Internas) que ha colisionado con el margen sudibérico (arrastrando a las Unidades del Campo de Gibralt

tar). La parte más meridional de este margen se elevó iniciándose con ello la formación de la futura cadena montañosa y al norte de dicha elevación se individualizó un surco frontal en el que se depositaron masas de materiales deslizados (olistostromas). En el segundo de estos bloques diagramas de la figura 4, el correspondiente al Tortoniense superior (9 Ma), se representa la distribución de tierras y mares de la fase inmediatamente posterior al final de la colisión y la consiguiente estructuración definitiva de las Cordilleras Béticas, con la emergencia de la mayor parte de las mismas, seguida de una sumersión parcial, que afectó a las áreas más "deprimidas": la Depresión (o cuenca) del Guadalquivir y las depresiones intramontañas.

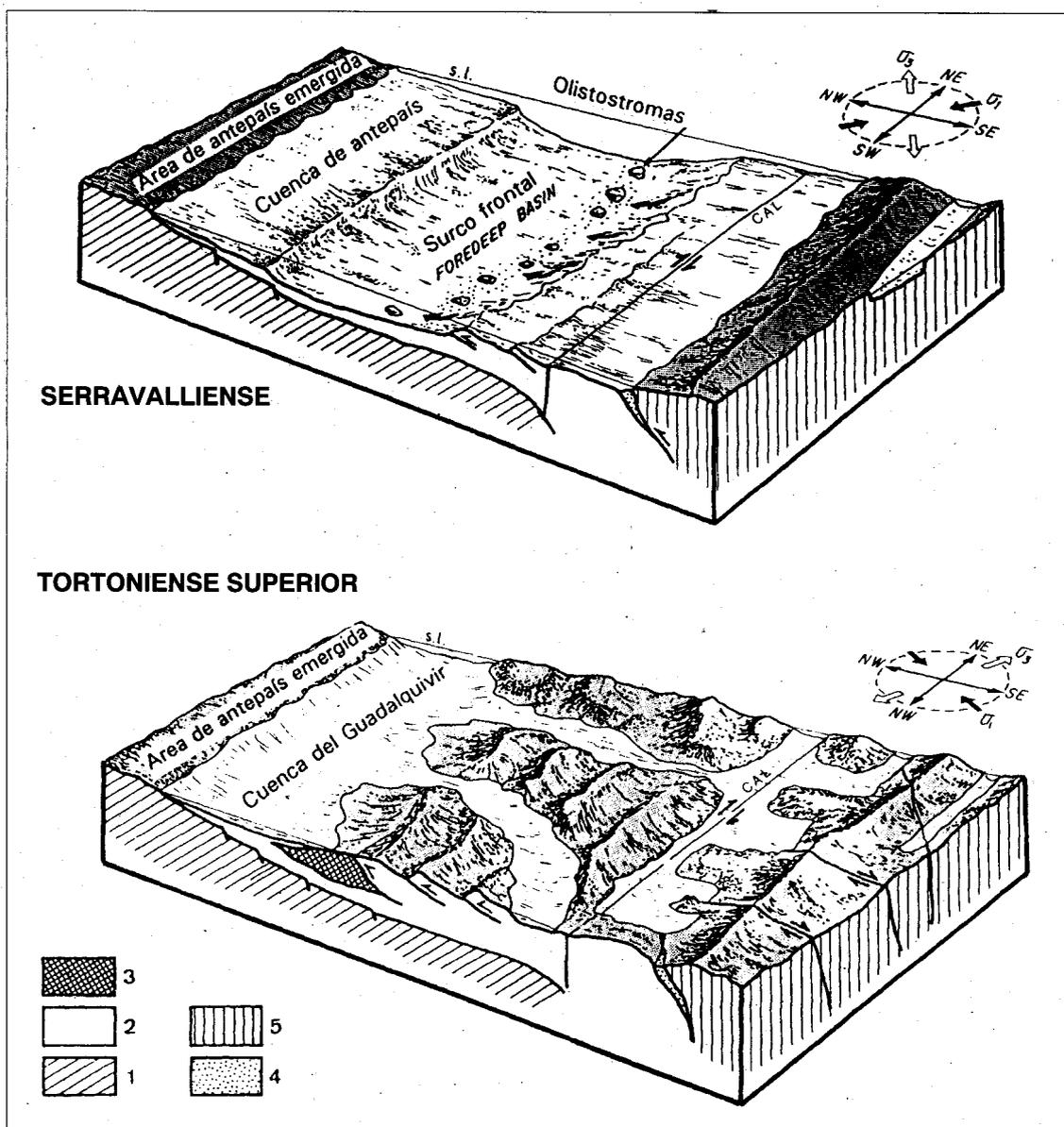


Figura 4.- Bloques diagramas esquemáticos en los que se muestra el cambio paleogeográfico desde la etapa de formación de las cordilleras béticas (Mioceno medio) y la etapa postorogénica (Mioceno superior), según Sanz de Galdeano y Vera (1991). Leyenda: 1.- Macizo hercínico de la Meseta (Macizo Hespérico) y su continuación como zócalo en las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. 2.- Cobertera sedimentaria (Triásico-Mioceno inferior) de las Zonas Externas. 3.- Olistostromas del frente norte de la cordillera y borde sur de la depresión del Guadalquivir. 4.- Flysch de las unidades del Campo de Gibraltar. 5.- Zonas Internas de las Cordilleras Béticas.



Al final del Mioceno superior (6,5 Ma) el mar se retiró de las cuencas intramontañosas más separadas de las líneas de costas actuales, pasando a ser cuencas endorreicas. Así, durante el Plioceno inferior (5 Ma) la línea de costas difería de la actual, solamente, en que el mar invadía parte de las cuencas neógenas de Almería y Málaga y en que penetraba por la depresión del Guadalquivir hasta cerca de Sevilla.

Al inicio del Pleistoceno (1,6 Ma) se produjo un levantamiento generalizado de gran parte de Andalucía que produjo el encajamiento de la red fluvial, que ya sería bastante similar a la actual, y la disposición de la línea de costas que también sería similar a la actual. Únicamente en algunas depresiones neógenas (p.ej. Guadix-Baza) hubo depósito de materiales continentales del Pleistoceno con cierta potencia, ya que en el resto la erosión dominó sobre el depósito.

Al final del Pleistoceno (0,1 Ma) la red fluvial actual quedó definitivamente estructurada y el depósito de los materiales holocenos se limitó a las zonas de inundación de los ríos actuales.

BIBLIOGRAFÍA

- Dallmeyer, R.M. y Martínez-García, E. (editores) (1990): *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Ed. Springer-Verlag, Berlín, 416 pags.
- Fontboté, J.M. (1986): Las Zonas Internas de la Cordillera Bética. In: *Geología de España*, Libro Homenaje J.M. Ríos, Ed. Inst. Geol. Min. España, vol. II, pp.-251-343.
- Fontboté, J.M. y Vera, J.A. (1986): La Cordillera Bética: Introducción. In: *Geología de España*, Libro Homenaje J.M. Ríos, Ed. Inst. Geol. Min. España, vol. II, pp.-205-218.
- García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Rivas, P., Sanz de Galdeano, C. y Vera, J.A. (1980): Mesozoic paleogeographic evolution of the External Zones of the Betic Cordillera (Spain). *Geol. Mijnb.*, vol. 59, pp.-155-168.
- García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Martín-Algarra, A., Molina, J.M., Ruiz-Ortiz, P.A. y Vera, J.A. (1989): Las discontinuidades mayores del Jurásico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas: análisis e interpretación de los ciclos sedimentarios. *Cuader. Geol. Ibérica.*, vol. 13, pp.-35-52.
- IGME (1970-1994): *Mapas geológicos y memorias explicativas a escala 1:50.000*. Ed. Inst. Geol. Min. España, Madrid.
- Julivert, M. (coordinador) (1983): Los tiempos precámbricos y paleozoicos. El ciclo hercínico. In: *Geología de España*, Libro Homenaje J.M. Ríos, Ed. Inst. Geol. Min. España, vol. I, pp.-57-631.
- Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A. y Conde, L. (1974): *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Inst. Geol. Min. España, 113 pags.
- Junta de Andalucía (1985): *Mapa Geológico Minero de Andalucía*. Ed. Consejería de Economía e Industria, Sevilla.
- Junta de Andalucía (1992): *Atlas básico de Andalucía*. Ed. Andalucía, Sevilla. 102 pags.
- Martín-Algarra, A. (1987): *Evolución paleogeográfica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis, Univ. Granada, 1171 pags.
- Martín-Algarra, A., Ruiz-Ortiz, P.A. y Vera, J.A. (1992): Factors controlling Cretaceous turbidite deposition in the Betic Cordillera. *Rev. Soc. Geol. España*, vol. 5, pp.-53-80.
- Sanz de Galdeano, C. y Vera, J.A. (1991): Una propuesta de clasificación de las cuencas neógenas béticas. *Acta Geológica Hispánica*, vol. 26, pp.-205-227.
- Sanz de Galdeano, C. y Vera, J.A. (1992): Stratigraphic record and palaeogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. *Basin Research*, vol. 4, pp.-21-36.
- Vera, J.A. (1986): Las Zonas Externas de la Cordillera Bética. In: *Geología de España*, Libro Homenaje J.M. Ríos, Ed. Inst. Geol. Min. España, vol. II, pp.-218-251.
- Vera, J.A. (1988): Evolución de los sistemas de depósito en el margen ibérico de las Cordilleras Béticas. *Rev. Soc. Geol. España*, vol. 1, pp.-373-391.
- Vera, J.A. (1994): *Estratigrafía. Principios y métodos*. Editorial Rueda, Madrid, 812 pags. ■



ANEXO DEL EDITOR

Con el objeto de facilitar la lectura ágil del artículo precedente sobre Geología de Andalucía, se ha creído oportuno adjuntar una Escala de los Tiempos Geológicos.

Esta inclusión no persigue otra función que la de poner al alcance de los lectores que no sean docentes de materias geológicas un esquema de referencia próximo en el que contextualizar las descripciones y la historia geológica del citado artículo.

Pese a ello, el reducido espacio disponible nos han llevado a limitar la Tabla a nivel de Peri-

odos o Sistemas, si bien para el Mesozoico y Cenozoico se reseñan también las Series o Épocas. En consecuencia, la escala jerárquica correspondiente a las distintas Edades o Pisos no ha tenido cabida pero su indicación en el texto queda suficientemente enmarcada en unidades de rango superior para que su posición precisa pueda ser localizada en escalas geológicas de mayor detalle.

Asimismo, queremos aclarar que la necesidad de adjuntar una Escala Cronostratigráfica concreta puede llevar a que existan pequeñas diferencias entre las edades de los límites entre unidades indicadas en el texto y sus equivalentes de la Tabla.

EONES		ERAS	SISTEMAS	SERIES	Ma.		
F A N E R O Z O I C O		CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno/ Pleistoceno	0.01		
			TERCIARIO	NEÓGENO	Plioceno Mioceno	2	
					Oligoceno Eoceno Paleoceno	24.6	
				CRETÁCICO	superior inferior	65	
			MESOZOICO	JURÁSICO	Malm Dogger Lias	144	
				TRIÁSICO	superior medio inferior	213	
		PÉRMICO			248		
		PALEOZOICO	CARBONÍFERO		286		
			DEVÓNICO		360		
			SILÚRICO		408		
			ORDOVÍCICO		438		
			CÁMBRICO		505		
			?	?	590		
		P R E C Á M B R I C O	C R I P T O Z O I C O	PROTEROZOICO	EDIACARIENSE		690
					?	?	1000
EIPROTOZOICO					1600		
NEOPROTOZOICO					1900		
MESOPROTOZOICO					2600-2500		
A R C A I C O	P A L E O P R O T O Z O I C O	P A L E O P R O T O Z O I C O			3800		
			PRISCOENSE				
			?	?			
P R I S C O E N S E O	C A T A R Q U E E N S E	C A T A R Q U E E N S E					

Tabla General de las Grandes Unidades Estratigráficas, según J. Salop (1983), en "Una Taula dels Temps Geològics", de Riba, Reguant i Tarradell (1986). Ma.: millones de años

