

## DIQUES NEPTUNICOS EN EL CRETACICO DEL PENIBETICO: ASPECTOS GENETICOS Y ETAPAS DE RELLENO

POR

M. COMPANY \*, J. M. GONZÁLEZ-DONOSO \*\*, D. LINARES \*\*,  
A. MARTÍN-ALGARRA \*\*\*, M. REBOLLO \*\*, F. SERRANO \*\*,  
J. M. TAVERA \*\*\*\* y J. A. VERA \*\*\*

### RESUMEN

En el Penibético (sectores de Grazalema y Villaluenga del Rosario) se encuentran diques neptúnicos encajados en las calizas del Jurásico superior-Valanginense inferior y rellenos de material pelágico del Cretácico. Se han reconocido rellenos de materiales del Hauterivense superior-Barremense, Aptense, Albense, Vraconense, Cenomanense, Turonense, Coniacense, Santonense?, Campanense, Maastrichtense? y Paleoceno datados por medio de foraminíferos planctónicos o *Nannoconus*.

Los diques se originaron por fracturación de los materiales previamente consolidados y disolución durante una emersión temporal, con karstificación de los materiales pelágicos infrayacentes. El relleno se efectuó en unas condiciones en las que las corrientes sólo permitían el depósito que quedase atrapado en las fisuras. La fosilización se efectuó cuando la sedimentación llegó a cubrir los relieves preexistentes, lo que ocurrió heterocrónicamente durante el intervalo Albense medio-Paleoceno.

### ABSTRACT

In the Penibetic realm (Grazalema and Villaluenga del Rosario regions) habe been found neptunian dykes developped on the Upper

\* Departamento de Paleontología. Universidad de Granada.

\*\* Departamento de Geología. Universidad de Málaga.

\*\*\* Departamento de Estratigrafía. Universidad de Granada.

\*\*\*\* Departamento de Geología General. Universidad de Granada.

Jurassic-Lower Valanginian limestones filled up with Cretaceous pelagic materials. Infilling sediment of different ages have been dated by means of planctonic foraminifera and *Nannoconus*: Upper Hauterivian-Barremian, Aptian, Albian Vraconian, Cenomanian, Turonian, Coniacian, Santonian?, Campanian, Maastrichtian? and Paleocene.

The origin of the dykes is related with a fracturation of the previously consolidated underlying pelagic sediments, with temporary emersion and karstification. The infilling of the dykes took place under conditions that avoid any deposit except that was trapped in the fissures. The fossilization of the dykes occurred when the preexisting submarine relief were covered by sediments from Albian to Paleocene at different ages for the several studied sections.

## 1. INTRODUCCION

El dominio paleogeográfico Penibético (*sensu* GONZALEZ-DONOSO *et al.*, 1982) comprende un conjunto de unidades situadas en el sector suroccidental de las Zonas Externas de la Cordillera Bética. El Mesozoico de este dominio presenta características especiales, como ya puso de manifiesto BLUMENTHAL (1927) al definir el Penibético, así como los autores posteriores que lo han estudiado (DURR *et al.*, 1960-62; DURR, 1967; HOPPE, 1968; CHAUVE *et al.*, 1968; DIDON, 1969; BOURGOIS *et al.*, 1970; PEYRE, 1969, 1974).

Autores anteriores han indicado que uno de los rasgos estratigráficos más característicos del Penibético es la existencia de una laguna estratigráfica generalizada, que comprende desde el Valanginense al Albense. CHAUVE *et al.* (1968), en un estudio monográfico de la discontinuidad en ocho localidades, dentro del Penibético, describieron materiales hauterivenses y barremenses en algunas de ellas, con series reducidas y/o condensadas. CHAUVE (1968) y BOURGOIS (1978) en uno de los cortes estudiados en este trabajo (Graza-lema, salida W) describieron materiales albenses rellenando cavidades y fisuras en las calizas jurásicas, por debajo de la superficie de discontinuidad.

GONZALEZ-DONOSO *et al.* (1982) han estudiado cuarenta cortes del Penibético y con los datos obtenidos han reconstruido su historia sedimentaria durante el Cretácico. Estos autores han reconocido cuatro interrupciones sedimentarias durante el Cretácico inferior, a partir del estudio de los materiales del Valanginense-Albense medio que se conservan en algunos cortes. La primera interrupción (que en detalle pudo ser doble) tuvo lugar durante el Valanginense y se detecta por un *hard-ground*. La segunda acaeció en el Hauterivense y durante ella quedó emergida la parte septentrional del Penibético y

se produjo la fisuración, karstificación y erosión de las calizas infra-yacentes. La tercera y cuarta interrupciones (durante el Aptense inferior y el Aptense terminal-Albense inferior, respectivamente) se detectan por la existencia de lagunas estratigráficas generalizadas.

En numerosos cortes (Grazalema, Villaluenga del Rosario, Venta del Clavellino, Benaocaz, Teba, etc.) estos autores han reconocido diques neptúnicos, es decir, grietas o cavidades de morfología diversa, formadas en ambiente submarino y rellenas por sedimentos marinos más recientes.

Las grietas o cavidades están labradas en las calizas del Jurásico-Valanginense inferior y están rellenas por material pelágico, de diversas edades, que abarcan desde el Hauterivense superior al Paleoceno. En general, se cumple que la edad del material que rellena las cavidades es más antiguo, o de la misma edad, que el que fosiliza la discontinuidad principal. No obstante, como en los ejemplos que aquí se estudian, pueden existir faunas más modernas en los rellenos, que han penetrado lateralmente, a través de fisuras, desde áreas sin fosilizar.

La fosilización de la discontinuidad principal se inició en el Albense superior-Vraconense (REBOLLO, 1980; GONZALEZ-DONOSO *et al.*, 1982), aunque, muy localmente, comenzó durante el Albense medio. Sin embargo, en el sector más septentrional del Penibético, donde el desarrollo de los diques neptúnicos es mayor, la fosilización fue más tardía. Justamente a este tipo de cortes corresponden los casos concretos que son objeto de estudio monográfico en este trabajo. Se han seleccionado dos sectores (Grazalema y Villaluenga del Rosario) en los que se pueden observar, netamente, dos fenómenos interesantes: el gran desarrollo de los diques neptúnicos y la heterocronía de los materiales fosilizantes de la discontinuidad principal. Ambos sectores (ver Fig. 1) corresponden a la parte septentrional del Penibético, que es donde tuvo un mayor desarrollo la emersión intrahauterivense (GONZALEZ-DONOSO *et al.*, 1982).

Para estudiar los diques neptúnicos se han elaborado gráficos a partir de numerosas observaciones efectuadas en el campo. Asimismo se han estudiado los materiales que los rellenan y se han datado con foraminíferos planctónicos y *Nannoconus*. De los datos anteriores se pueden deducir las características genéticas de los diques y la edad de las diferentes etapas de relleno. También constituye un objetivo de este trabajo el proponer una explicación de la heterocronía de los materiales que fosilizan la discontinuidad principal, incluso entre cortes muy cercanos dentro de un mismo sector. Para ello se cuenta con datos sobre los materiales suprayacentes, expresados en velocidades de sedimentación, calculadas a partir de los valores del

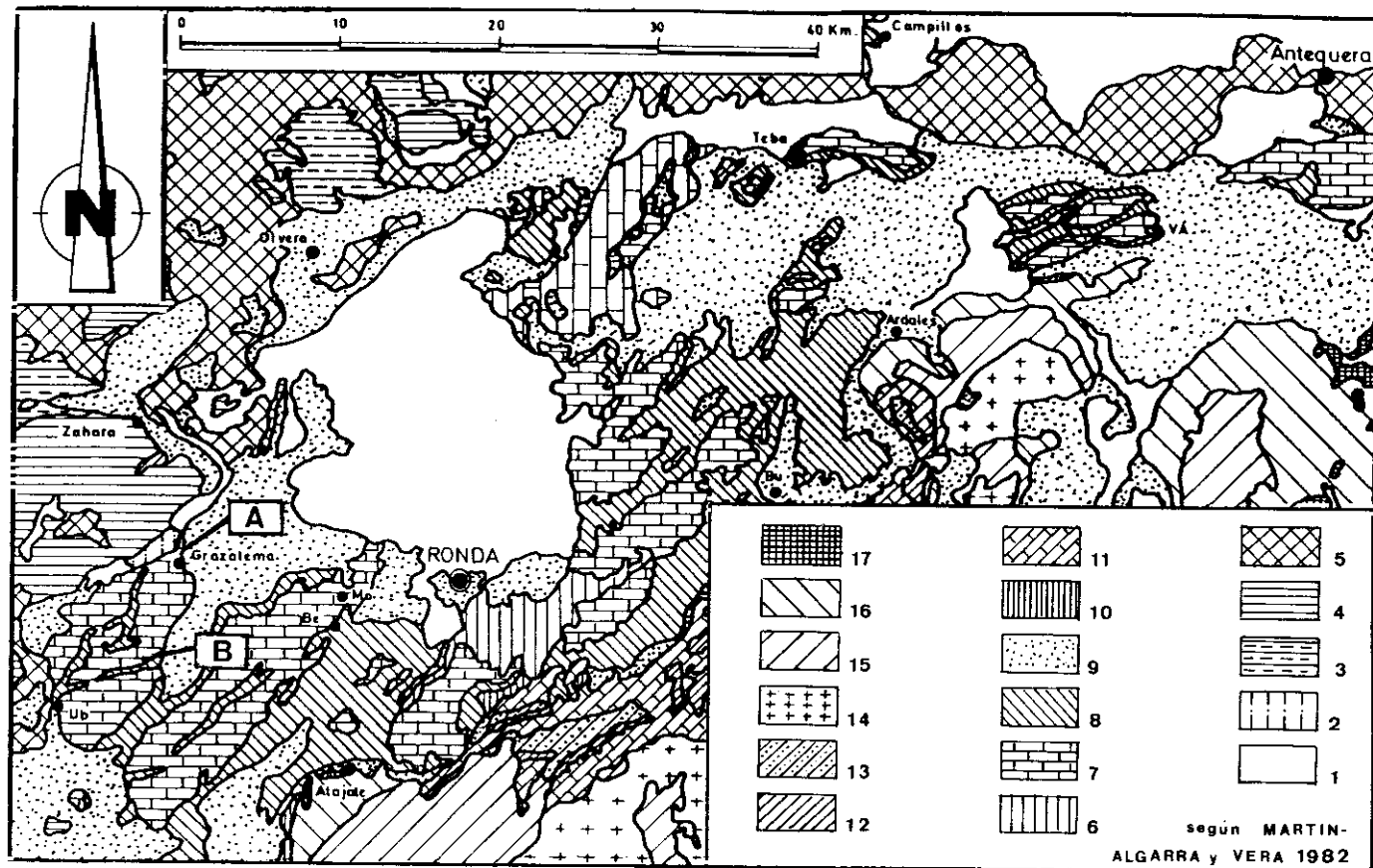


FIG. 1.—Localización de los sectores estudiados: A) Grazalema.—B) Villaluenga del Rosario.—Leyenda: Terrenos postorogénicos: 1) Mioceno superior y Cuaternario.—Subbético medio: 3) Triás.—4) Jurásico.—5) Cretácico y, localmente, Paleógeno y Mioceno inferior.—Penibético: 6) Triás.—7) Jurásico.—8) Cretácico y, localmente, Paleógeno y Mioceno inferior.—Unidades del Campo de Gibraltar: 9) Cretácico a Mioceno inferior.—Rondaides o Dorsal Bética (Unidades de Enamorados, Benadalid, Tajarillo, Cabrilla y Pereila): 10) Triás a Oligoceno.—Unidad de las Nieves: 11) Triás superior.—12) Jurásico.—13) Brecha de la Nava (Oligoceno-Mioceno inferior).—Alpujárrides: 14) Peridotitas.—15) Rocas metamórficas en general.—Maláguides: 16) Paleozoico.—17) Mesozoico y Terciario.

espesor de cada intervalo cronoestratigráfico y de las edades absolutas de los mismos, según las estimaciones de VAN HINTE (1976).

## 2. SECTOR DE GRAZALEMA

Se han estudiado, en los alrededores de Grazales, tres cortes donde se observan, claramente, las características de la discontinuidad. Los cortes se localizan en las proximidades de la carretera C-344 (kms 49,2, 50,6 y 53, respectivamente). Se han efectuado, además, observaciones a lo largo de todo el afloramiento, lo que ha permitido proponer un modelo (Fig. 2) de la geometría del contacto.

El contacto, en general, es una superficie de topografía ligeramente irregular, como se observa en la figura 2. Se han localizado diques neptúnicos en los tres cortes antes citados (Fig. 2, A, C y D) y, además, en áreas localizadas entre ellos, se han reconocido brechas de colapso (Fig. 2 B). En la roca encajante se diferencian dos conjuntos litoestratigráficos. El inferior, muy potente, constituido por calizas oolíticas sin fauna determinable, se ha atribuido al Lias y Dogger, pudiendo llegar al Oxfordense (HOPPE, 1968). El conjunto litoestratigráfico superior, con potencia variable de 3 a 12 metros, está constituido por calizas pelágicas, localmente nodulosas, con fauna de ammonites del Oxfordense superior en el muro. El techo de estas calizas está marcado por una superficie karstificada, con perforaciones de organismos y mineralización de óxidos de hierro. La edad del nivel más alto varía de unos cortes a otros, lo que apoya la interpretación de que se trate de una superficie erosiva, además de karstificada. Así, en el corte de la figura 2 A, la muestra 14 contiene *Crassicollaria parvula* REMANE, *Calpionella alpina* LORENZ, y, con reservas, *C. elliptica* CADISCH, lo que indica una edad tránsito Tithónico-Berriasense o Berriasense inferior. En el corte de la figura 2 C, el nivel 43 tiene una macrofauna de *Ptychophylloceras* sp., *Haploceras carachtheis* (ZEUSCH.), *Haploceras* sp., *Burckhardticerias* sp., *Parapallasiceras* sp., *Lytoceras* sp. y *Belemnites* sp., que data el Tithónico inferior no basal (zona de *Burckhardticerias*) mientras que el nivel 44 (unos centímetros por encima) tiene *Pronicerias* sp., *Protetragonites* sp. y *Lamellaptychus* sp., que datan el Tithónico superior. Ambos niveles presentan, además, *Lytoceras* sp., *Phylloceras* sp., *Holcophylloceras* sp., *Lemencia* sp. y *Pygope* sp. En el corte de la figura 2 D el nivel terminal (11) contiene *Tintinopsella carpathica* (MURG. y FIL.), *Crassicollaria parvula* REMANE, *Calpionella alpina* LORENZ, *Remaniella cadischiana* (COLOM) y *Calpionella elliptica* CADISCH, lo que indica una edad Berriasense inferior, no basal.

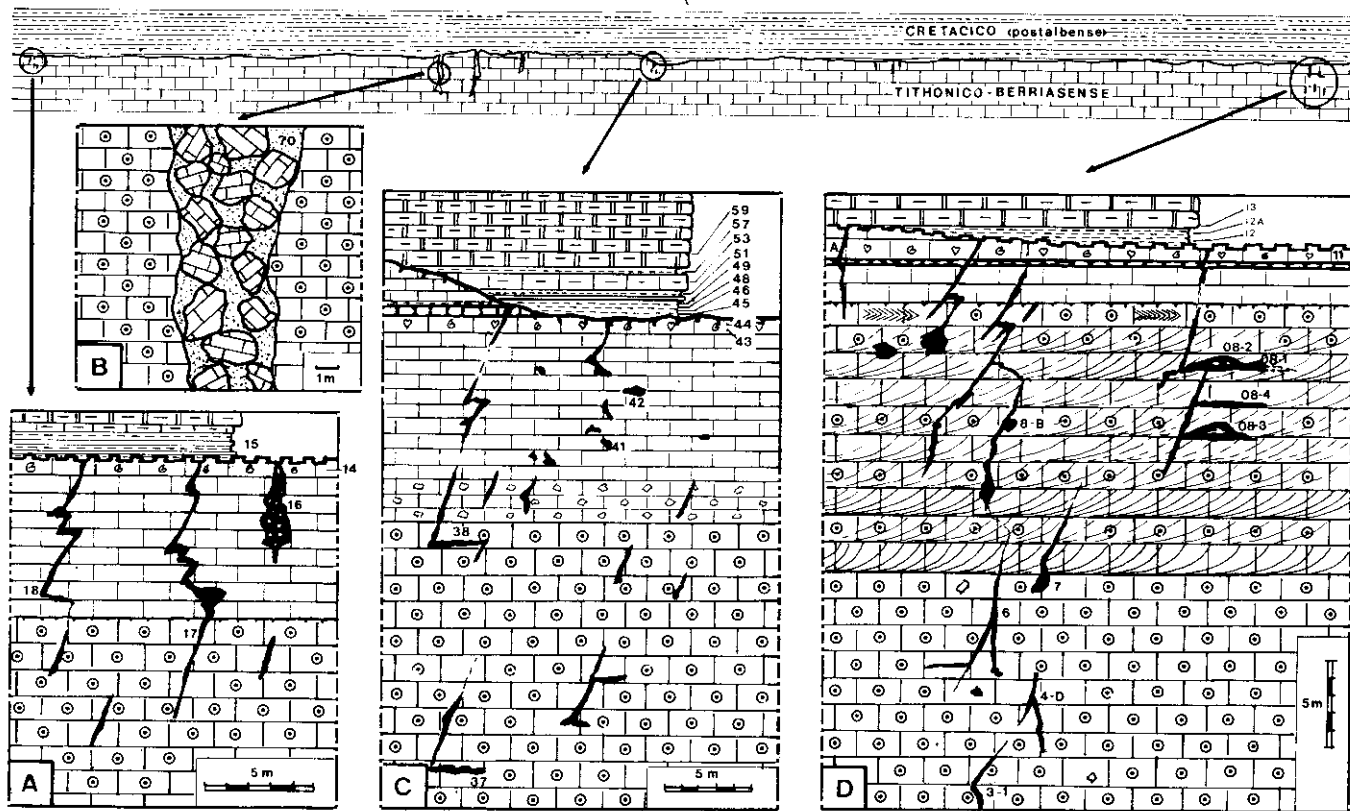


FIG. 2.—Esquema de la superficie de contacto entre el conjunto calizo del Jurásico-Valanginense inferior y el margoso y margocalizo del Cretácico, postalbense, con morfología kárstica y erosiva en Grazelema. Detalles de la superficie en cortes de la carretera C-344: A) Km 49,2.—B) Km 49,8 (detalle de las brechas de colapso).—C) Km 50,6.—D) Km 53.—Leyenda como en Fig. 4.

Se constatan dos hechos: el carácter reducido de la serie del Tihónico-Berriasense y la heterocronía del techo de la misma, debida a que la superficie de discontinuidad es ligeramente erosiva y cepilla a los materiales infrayacentes.

Los diques neptúnicos se reconocen en todos los cortes; la penetración mayor observada es de 35 metros a partir de la superficie de discontinuidad (Fig. 2 D). La morfología y las características de los diques son muy variables; así, tenemos unos que corresponden a cavidades de paredes muy netas, con relleno de material cretácico (Fig. 3,1) mientras que, en otros casos, el relleno está formado, al menos parcialmente, por brechas con cantos calizos de las paredes y matriz cretácica (Fig. 3,2). La brecha alcanza grandes dimensiones en el sector de la figura 2 B, donde los bloques llegan a ser de escala métrica, en el seno de una matriz con *Helvetoglobotruncana helvetica* (BOLLI) y otras especies de foraminíferos planctónicos típicas de la biozona de *H. helvética*, Turonense inferior (no basal)-Turonense medio. En cuanto a la morfología de los diques, se pueden reconocer unos que tienden a ser perpendiculares a fuertemente oblicuos a la estratificación (tipo Q de WENDT, 1971), mientras que otros son paralelos (tipo S). Los primeros son bastantes más abundantes y presentan, a su vez, morfologías variables, desde rellenos de pequeñas fisuras (o redes de fisuras) a bolsones o cavidades de forma irregular. En el corte de la figura 2 D se observan diques con más de un metro de anchura.

La edad de los materiales que rellenan los diques en estos cortes ha sido estudiada por GONZALEZ-DONOSO *et al.* (1982). Destaca el hecho de la frecuencia con que se observan mezclas de faunas de diferentes edades. Así, la muestra 08-3 (Fig. 3) presenta mezclas de faunas del Aptense superior, Albense superior (probable) y Vraconense inferior. Las muestras 08-4 (Fig. 2 D) y 17 (Fig. 2 A) presentan, además, faunas del Senonense (indiferenciado). Se han estudiado muestras seriadas dentro de un dique, desde su pared al centro, y en los diques de tipo S, de muro a techo, sin que se haya podido observar una relación clara entre la edad de los materiales y su posición en el dique. Sólo se observa que en la parte más estrecha de los diques la fauna suele ser exclusivamente del Aptense superior, mientras que en los ensanchamientos la mezcla de fauna es mayor. Este hecho puede deberse a la acción de las corrientes que circularon por las grietas, que movilizarían los sedimentos no consolidados previamente depositados (excepto en los lugares más estrechos e intrincados) mezclándolos con los de edad más reciente.

El definitiva, se deduce que en los diques y en la brecha de colapso antes indicada, hubo relleno al menos durante el Aptense superior, Vraconense, Turonense y Senonense (*pro parte*).

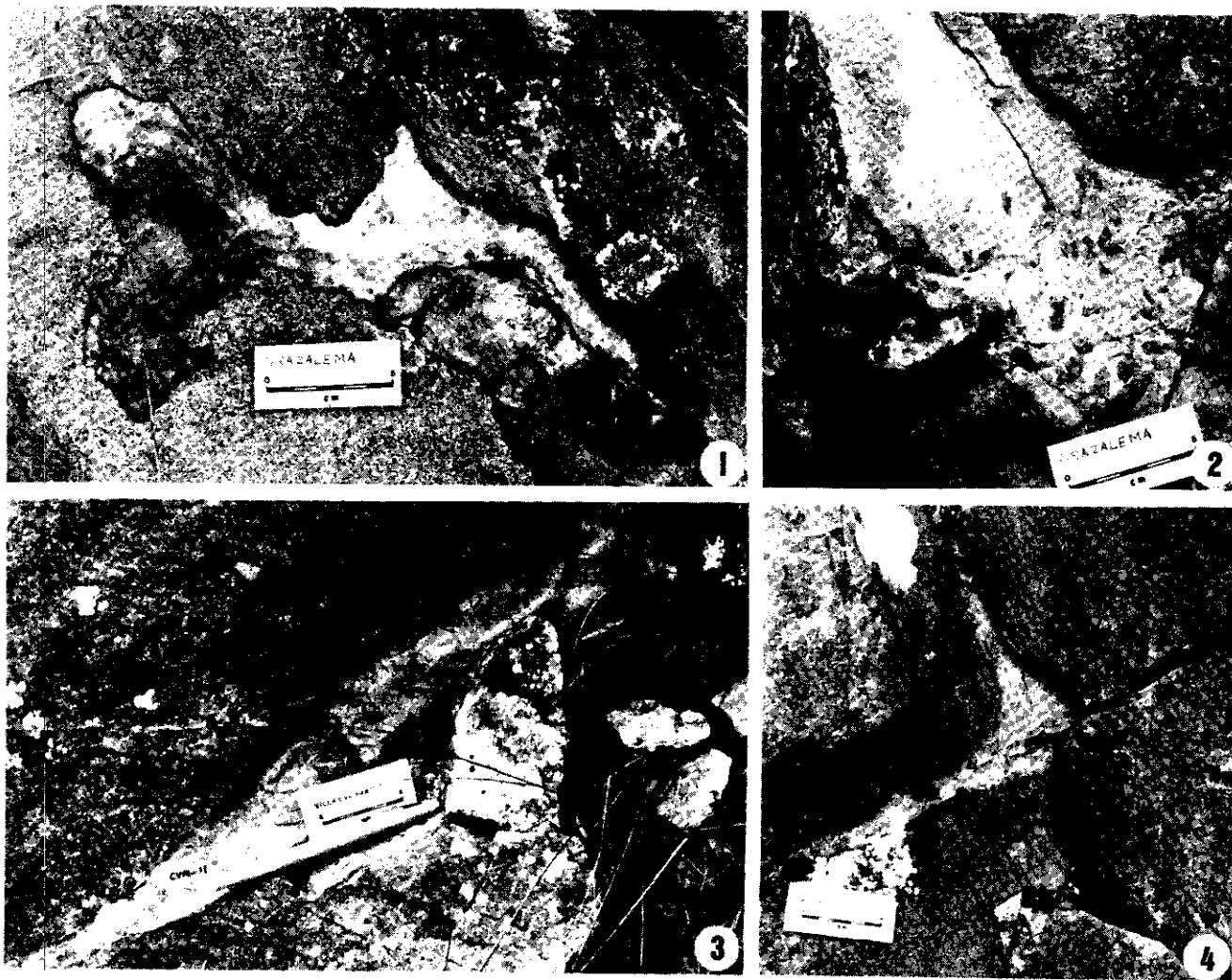


FIG. 3.—*Diversos ejemplos de diques neptúnicos: 1) y 2) Grazalema.—3) y 4) Villaluenga del Rosario.*



La edad del material más antiguo que fosiliza la superficie karstificada, en los diferentes cortes, varía del Vraconense basal al Vraconense inferior (no basal). En los cortes de las figuras 2 C y 2 D se puede comprobar que el Vraconense tiene espesores de 2 m (muestras 45, 46 y 48) y 1 m (muestras 12 y 12 A), estando posiblemente completo. VAN HINTE (1976) estimó que el Vraconense duraría dos millones de años, por lo que los valores de velocidad de sedimentación serían de 1 a 0,5 mm cada mil años, expresados en espesor de roca compactada; en sedimentos no compactados los valores serían dos o tres veces mayores. En cualquier caso se trata de cifras muy bajas de velocidad de sedimentación. Si a ello unimos que el depósito se efectuaba sobre una superficie irregular, hay que pensar que (como se representa en las Figs. 2 C y 2 D) los sedimentos del Vraconense sólo se depositaron en las áreas paleotopográficamente más bajas, mientras que en las más altas sólo se conservó el Vraconense en el relleno de los diques neptúnicos.

Sobre los materiales del Vraconense se observa, en esta región, una laguna estratigráfica (entre las muestras 12 A y 13 de la Fig. 2 C y entre la 49 y 51 de la Fig. 2 D) que comprende el Cenomanense y Turonense en su totalidad, de manera que los materiales del Coniacense-Santonense, en facies de «capas rojas», se depositaron sobre los del Vraconense en las partes más bajas y sobre las calizas infrayacentes en las más elevadas. De esta manera, durante una parte del Senonense y antes de la fosilización definitiva del contacto, tuvo lugar el relleno de diques, y se produjo la mezcla de fauna indicada.

### 3. SECTOR DE VILLALUENGA DEL ROSARIO

En las proximidades del pueblo de Villaluenga del Rosario (ver figura 1) se observa un ejemplo excelente de diques neptúnicos con un gran desarrollo y se puede constatar, de nuevo, la heterocronía de los materiales que fosilizan la discontinuidad estratigráfica.

En uno de los cortes (salida W del pueblo) se pueden observar, claramente, los diques y la geometría del contacto. La figura 4 reproduce un croquis a escala, efectuado directamente en el afloramiento. En él se observan diques neptúnicos que penetran en las calizas jurásicas hasta 50 m; en cortes cercanos se han podido medir hasta 80 m de penetración y se estima, a partir de otras observaciones de campo, que podrían superar los 100 metros.

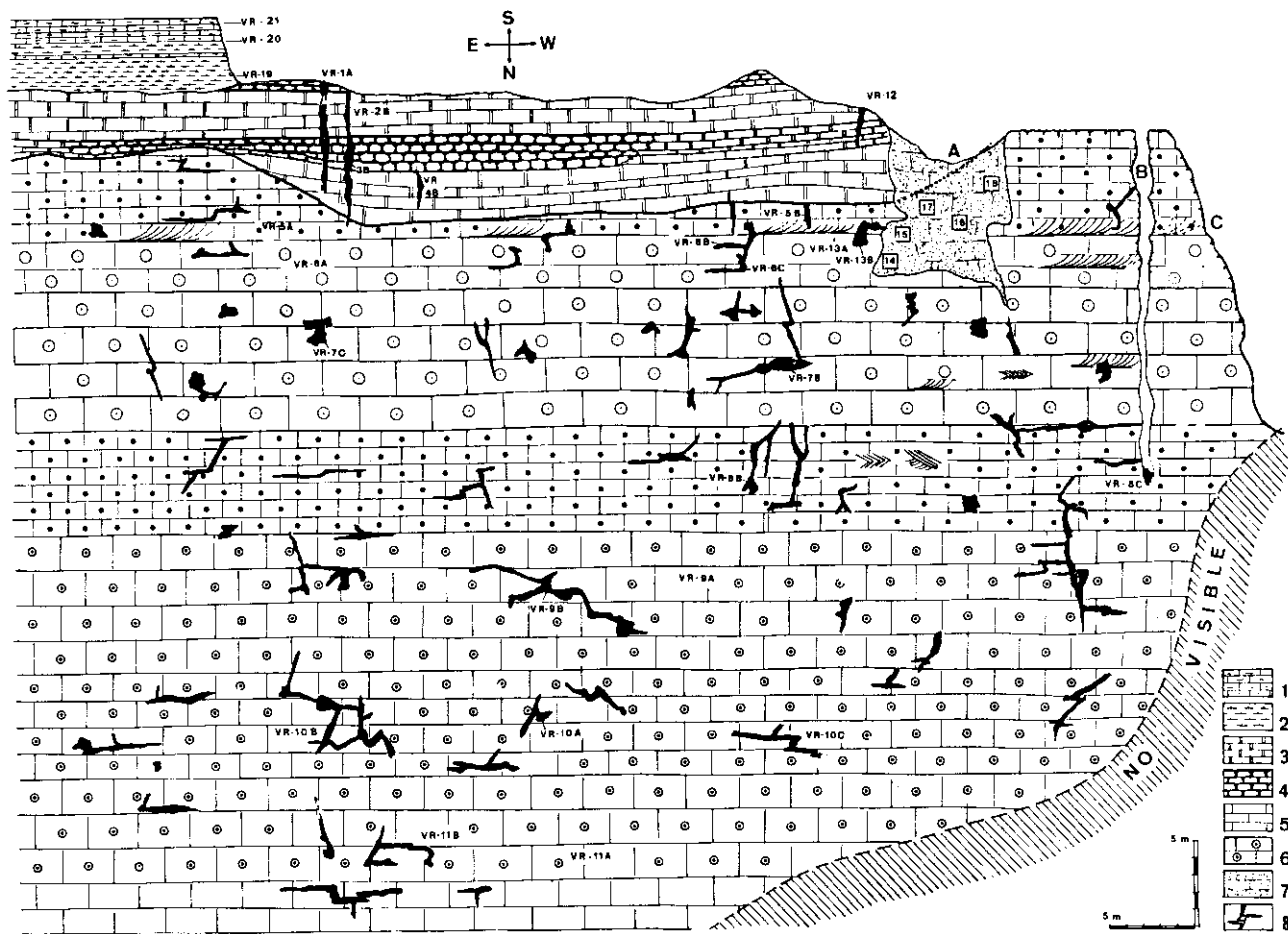
La roca infrayacente también presenta dos conjuntos litoestratigráficos diferentes, análogos a los del sector de Grazalema. El inferior, de gran potencia, está formado por calizas oolíticas con estratificaciones cruzadas de gran escala y *herringbone*, localmente con cora-

les; corresponde a la sedimentación marina somera del Lias y Dogger, e incluso del Oxfordense (*pro parte*) según HOPPE (1968.). El superior, con potencias inferiores a 6 metros, que localmente falta, es de calizas pelágicas, en bancos nodulosos, de color amarillo y/o rojizo; su edad es Oxfordense superior-Kimmeridgense (contiene *Aspidoceras* sp. y abundantes *Saccocomidae*). El contacto entre ambos conjuntos es irregular y ligeramente erosivo.

El techo de las calizas presenta una morfología de gran interés. En primer lugar destaca su carácter erosivo, de manera que corta en bisel a los estratos. En segundo lugar, merece citarse la abundancia de perforaciones de organismos y la mineralización de óxidos de hierro que cubren la superficie. Pero el rasgo más destacable es, sin duda, la existencia de grandes cavidades erosivas rellenas de sedimento más moderno. La cavidad A (Fig. 4) tiene 8 x 6 metros, y su relleno (muestras 14 a 18) es Turonense inferior (no basal)-medio (biozona de *H. helvética*) y a veces presenta mezclas de faunas más modernas (Turonense superior-Coniacense basal). La cavidad B (Figura 4) tiene una anchura media de 1 metro y una profundidad de 22 metros. La superficie está cubierta por perforaciones y mineralizaciones de óxidos de hierro. Sólo se conserva el relleno en la parte inferior de la cavidad (muestra B c) que presenta una fauna cretácica. La cavidad C (Fig. 4) sólo se observa en parte y es la de mayor envergadura. Su penetración es de unos 20 metros y su superficie también está marcada por perforaciones y mineralizaciones. La anchura, difícil de estimar, podría ser de varias decenas de metros.

Las calizas presentan una compleja y densa red de diques neptúnicos, rellenos de material cretácico de edad diversa. La muestra más antigua datada (VR-10 B) presenta una asociación de *Nannococcus* [*N. steinmanni* KAMPTNER, *N. colomi* (de LAPP), *N. bermudezi* BRONN., *N. globulus* BRONN., *N. kamptneri* BRONN., *N. bucheri* BRONN.) lo que indica una edad Hauterivense superior-Barremense, junto con «protoglobigerinas» y crinoides. Materiales semejantes en litología y asociación fosilífera han sido detectados en otros cortes más meridionales (GONZALEZ-DONOSO *et al.*, 1982) estratificados y con una asociación de ammonites, entre los que hay *Desmoceratidae*, *Pseudothurmannia* sp., *Crioceratites* sp. y *Barremites* gr. *cassidoides* (UHLIG), lo que afianza la edad indicada.

FIG. 4.—Croquis a escala de un pequeño sector situado en el extremo W de Villaluenga. Obsérvese el intrincado sistema de diques neptúnicos labrado en las calizas del Jurásico. Los materiales cretácicos situados en la esquina SE de la figura no afloran en este punto, sino unos centenares de metros al W, en el cruce del desvío al pueblo: 1) «Capas rojas».—2) Margocalizas amarillentas.—3) Calizas pelágicas pardas.—4) Calizas nodulosas.—5) Calizas blancas masivas. 6) Calizas oolíticas.—7) Brechas.—8) Diques neptúnicos.



Se han detectado también (GONZALEZ-DONOSO *et al.*, 1982) materiales del Aptense superior (muestra 2 B y 3 B), Turonense (muestras 14 a 18), Coniacense (muestra 13 B) y Campanense superior (muestra 12). Con frecuencia las muestras presentan mezclas de faunas.

Los materiales que fosilizan el contacto son unas margas amarillentas, de 2 a 3 m de potencia, que aparecen en los sectores deprimidos y que tienen fauna del Campanense medio, con organismos resedimentados del Turonense y del Coniacense. La base de las «capas rojas» situadas por encima (muestra VR-20, Fig. 4) tiene una edad Campanense superior.

También aquí los materiales fosilizantes más bajos encontrados (Campanense medio) tienen una escasa potencia, de manera que su velocidad de sedimentación es escasa. Este hecho, unido al carácter erosivo de la superficie, hace que la fosilización pueda ser diferente de unos puntos a otros. Las cavidades (tipo 1 de la Fig. 3) están rellenas por materiales del Turonense-Coniacense, o más antiguos. La fosilización del contacto se inició en el Campanense medio y se completó en el Campanense superior. Hasta que esto ocurrió, la sedimentación se limitó al relleno de los diques neptúnicos o de las irregularidades (cavidades kársticas) de la superficie de discontinuidad.

#### 4. GENESIS DE LOS DIQUES NEPTUNICOS

Diques neptúnicos han sido descritos y estudiados en materiales mesozoicos de diversas cordilleras alpinas (FARINACCI, 1967; WENDT, 1971, 1975; MISIK, 1969; ELMI, 1981; FARINACCI *et al.*, 1981, y FAZ-ZUOLI *et al.*, 1981). Los ejemplos aquí expuestos han sido estudiados previamente por GONZALEZ-DONOSO *et al.* (1982), que han considerado que los diques se formaron por fisuración, emersión y karstificación durante el Hauterivense.

La génesis de diques, en el contexto de los márgenes continentales alpinos, ha sido interpretada en relación con etapas de fragmentación de plataforma (D'ARGENIO, 1976; BERNOULLI y JENKYNS, 1974; JENKYNS, 1978; WOOD, 1981) en fases extensivas de estos márgenes. GONZALEZ-DONOSO *et al.* (1982) apuntaron la posibilidad de que, en este margen, la emersión estuviese ligada a la actuación de fallas lítricas.

El relleno de los diques se inició, una vez sumergido de nuevo el relieve, a partir del Hauterivense superior y continuó hasta su fosilización. Hasta que esto ocurrió, el fondo marino correspondería a un umbral pelágico, como ya interpretaron AZEMA *et al.* (1979), GARCIA-HERNANDEZ *et al.* (1980) y MARTIN-ALGARRA y VERA (1982).

En este umbral la acción de las corrientes evitaría el depósito en el fondo marino, en tanto que los materiales que hubiesen penetrado en las fisuras y cavidades quedarían protegidos de ellas, sin ser barridos.

En los sectores que estamos tratando se han detectado rellenos de diferentes edades: Hauterivense superior-Barremense, Aptense superior, Albense superior, Vraconense, Cenomanense, Turonense y Senonense. En Villaluenga del Rosario dentro de los rellenos del Senonense, se ha podido diferenciar el Coniacense y el Campanense. Independientemente de su edad, todos los rellenos son de calizas micríticas, calizas margosas y margocalizas, con foraminíferos planctónicos y/o con *Nannoconus*.

En algunos casos las grietas tienen gran anchura (varios metros) y alcanzan gran penetración (varias decenas de metros) y en ellas se pudieron producir desplomes de las paredes, quedando rellenas por brechas de colapso, con matriz cretácica que contiene foraminíferos planctónicos.

La fosilización de la discontinuidad tuvo lugar de una manera heterocrónica; ello se debe, como anteriormente se ha indicado, a la combinación de dos factores: carácter erosivo de la superficie de discontinuidad (interpretación esta que se justifica por la geometría de la discontinuidad y por la edad variable del techo de los materiales infrayacentes) y escasa velocidad de sedimentación de los materiales.

Para precisar mejor el segundo factor se van a exponer, a continuación, datos sobre la velocidad de sedimentación, en otros cortes del Penibético, durante los distintos intervalos cronoestratigráficos del lapsus Albense medio-Turonense medio, obtenidos a partir de las potencias medidas y de las estimaciones de edades absolutas suministradas por VAN HINTE (1976).

El Albense medio sólo ha sido reconocido en un corte del Penibético, Los Canutos de Manilva, donde presenta 8 metros de espesor, que equivalen a unos 4 mm/mil años, de acuerdo con los valores de edad absoluta de la tabla de VAN HINTE (1976). El Albense superior, en Los Canutos de Manilva, tiene 11,5 metros, que se traducen en valores de 5,7 mm/mil años de velocidad de sedimentación. En otros cortes (Teba, Torcal, etc.) el Albense superior sólo tiene de 2 a 5 metros, que indican valores de 1 a 2,5 mm/mil años.

El Vraconense tiene un espesor relativamente alto en algunos cortes (25 metros en Los Canutos y 15 metros en el Puerto del Viento), lo que da valores de velocidad de sedimentación de 7,5 a 12,5 mm/mil años. Sin embargo, en otros cortes del sector septentrional del Pe-

nibético (v. g.: Grazalema, Fig. 2 C) sólo alcanza 2 metros, lo que corresponde a una velocidad de 1 mm/mil años.

El Cenomanense presenta espesor variable de unos sectores a otros. En los sectores más septentrionales (Grazalema) falta por laguna estratigráfica, junto con el Turonense. En un sector algo más meridional (Cueva de la Pileta) el Cenomanense medio-superior (la fosilización de la discontinuidad principal tuvo lugar durante el tránsito Cenomanense inferior-medio) tiene 18 metros; más al Sur, en el corte del Puerto de Viento, al E de Ronda, el Cenomanense completo tiene 42 metros. Estos dos valores equivalen a velocidades de sedimentación de 3,2 y 5,2 mm/mil años, respectivamente.

El Turonense inferior-medio, como se ha expuesto, falta en algunos cortes del sector septentrional, por laguna estratigráfica. En otras áreas, el espesor es relativamente uniforme, de 12 a 18 metros, que equivalen a unos 3 a 4,5 mm/mil años.

Todos estos datos nos permiten constatar que la velocidad de sedimentación de los materiales del Albense-Turonense fue baja, oscilando de 1 a 12 mm/mil años. Si a ello se une, en el sector septentrional, la existencia de lagunas estratigráficas, que afectan a uno o más pisos, y que la velocidad de sedimentación en este sector es, en general, más baja, se llega a la conclusión de que la sedimentación en el Penibético septentrional, durante el intervalo Albense-Turonense, se reduciría, en general, a unos pocos metros, que raramente superarían la decena.

Todo ello nos permite afirmar que la fosilización generalizada de la discontinuidad principal se inició en el Penibético durante el Albense medio-superior, pero en unas condiciones en las que el depósito sólo tenía lugar en las partes paleotopográficamente más bajas (sector meridional o cavidades de la superficie). En las áreas más elevadas sólo habría sedimentación dentro de los diques neptúnicos, donde el material quedaba protegido de la acción de las corrientes que barrían el fondo. Este esquema se mantuvo hasta el Senonense, a lo largo del cual prácticamente quedó cubierta toda la superficie de la discontinuidad y se terminó el relleno de todos los diques neptúnicos. No obstante, habría que precisar que, con anterioridad al Albense medio, durante el intervalo ¿Valanginense terminal?-Haute-rivense-Albense inferior, en los sectores más meridionales, tuvo lugar una sedimentación discontinua, muy restringida y fuertemente condicionada por la discontinuidad principal.

De este modo es posible que en cortes muy cercanos, incluso dentro de un mismo sector, la edad del material que descansa sobre las calizas infrayacentes (Jurásico-Valanginense inferior) pueda ser muy diferente. Las partes elevadas del paleorrelieve erosivo fueron cubier-

tas por los sedimentos bastante después del Albense medio. Piénsese al respecto que un período de veinte millones de años, como el que corresponde el intervalo Albense-Turonense, puede estar representado en unos pocos metros de sedimentos, lo que indica la lentitud del proceso de fosilización. Así el enterramiento de una irregularidad erosiva, de más de una decena de metros, puede necesitar veinte o treinta millones de años si, como en este caso, la velocidad de sedimentación muy baja se combina con lagunas estratigráficas importantes.

La existencia en los diques de faunas más modernas que la del material fosilizante, en un mismo corte, puede ser explicada en el mismo contexto. En efecto, en un área de relieve irregular podría suceder, simultáneamente, que en unos puntos hubiera sedimentación normal y, en otros, relleno de diques y ausencia de sedimentación superficial. El material introducido en los diques, a base de pequeños movimientos a través de la red de fisuras y cavidades, podría llegar a la vertical sobre la que la discontinuidad estuviese ya fosilizada. Fenómenos de este tipo han sido detectados en Grazalema, Villaluenga del Rosario y Cueva de la Pileta.

## CONCLUSIONES

Se describen ejemplos de diques neptúnicos labrados en las calizas del Jurásico-Valanginense inferior del Penibético, rellenos de material pelágico cretácico, cuya edad varía desde el Hauterivense al Senonense. Los diques se formaron por fracturación, karstificación y disolución de las calizas infrayacentes durante una interrupción sedimentaria en el Hauterivense. El conjunto de los diques forma una red muy compleja de fisuras y cavidades de geometrías muy diversas. El relleno presenta, con frecuencia (en los diques más superficiales) mezcla de faunas, lo que se interpreta como debido a la acción de removilización que las corrientes superficiales pudieron producir dentro de los diques.

La edad de los materiales que fosilizan la discontinuidad principal varía, en estos cortes, del Vraconense al Campanense. En el conjunto del Penibético, la fosilización comienza en el Albense superior (localmente Albense medio). La variación de edad del material fosilizante en los diferentes cortes se explica por la escasa velocidad de sedimentación de los materiales del Albense-Turonense en el sector septentrional, y por la irregularidad del relieve erosivo. En las partes paleotopográficamente más elevadas, las corrientes impedían el depósito en la superficie y sólo se conservaban los sedimentos en el relleno de los diques. Por el contrario, en las partes menos elevadas

(sector meridional del Penibético y cavidades erosivas del sector septentrional) tuvo lugar una sedimentación normal, por lo que la discontinuidad quedó fosilizada más tempranamente.

## AGRADECIMIENTOS

A la C. A. C. Y. T., por la financiación de los gastos de campo dentro del proyecto «El Mesozoico de las Cordilleras Béticas», realizado por el Departamento de Investigaciones Geológicas C. S. I. C. de Granada.

## BIBLIOGRAFIA

- AZEMA, J.; FOUCAULT, A.; FOURCADE, E.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, M.; GONZÁLEZ-DONOSO, J. M.; LINARES, A.; LINARES, D.; LÓPEZ-GARRIDO, A. C.; RIVAS, P., y VERA, J. A. (1979): *Las microfacies del Jurásico y Cretácico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas*, Secr. Publ. Univ. Granada, 83 pp.
- BERNOULLI, D., y JENKYN, H. C. (1974): Alpine Mediterranean and Central Atlantic facies in relation to the early evolution of the Tethys. In: *Modern and ancient geosynclinal sedimentation* (R. H. Dott, Jr, y R. H. Shaver, edits.), *Spec. Publ., S. E. P. M.*, 19, 129-160.
- BLUMENTHAL, M. (1927): Versuch einer tektonischen Gliederung der betischen Cordilleren von Central und Südwest Andalousien, *Eclogae. Geol. Helv.*, 20, 487-532.
- BOURGOIS, J. (1978): *La transversale de Ronda. Données géologiques pour une modèle d'évolution a l'arc de Gibraltar*. Tesis, Univ. Besançon, 455 pp.
- BOURGOIS, J.; CHAUVE, P.; DIDON, J., y PEYRE, Y. (1970): Le Pénibétique, Unité de Ronda-Torcal, *Annales. Soc. Geol. Nord.*, 4, 380-382.
- CHAUVE, P. (1968): *Etude géologique du Nord de la Province de Cadix (Espagne Méridionale)*. Tesis, Univ. París (1967), *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 69, 377 pp.
- CHAUVE, P.; DIDON, J., y PEYRE, Y. (1968): Le Crétacé inférieur du Pénibétique (Zone de Ronda-Torcal), Cordillères Bétiques, Espagne, *Bull. Soc. Geol. France* (7), 10, 56-64.
- D'ARGENIO, B. (1976): Le piattaforma carbonatiche periadriatiche: Una rassegna di problemi nel quadro Geodinamico mesozoico dell'area mediterranea, *Mem. Soc. Geol. Italiana*, 13, 1-28.
- DIDON, J. (1969): *Etude géologique du Campo de Gibraltar (Espagne meridionale)*, Tesis, Univ. París (inérita).
- DÜRR, St. (1967): Geologie der Serrania de Ronda und ihrer südwestliche Ausläufer (Andalousien), *Geol. Romana*, 6, 1-73.
- DÜRR, St.; HOEPPENER, R.; HOPPE, P., y KOCKEL, F. (1960-62): Géologie des montagnes entre le Rio Guadalhorce et le Campo de Gibraltar (Espagne



- meridionale). In: *Livre à la memoire du Prof. Fallot, Soc. Geol. France*, 1, 209-227.
- ELMI, S. (1981): Sédimentation rythmique et organisation sequentielle dans les Ammonitico Rosso et les facies associés du Jurassique de la Méditerranée occidentales. Interpretation des grumeaux et des nodules, *Rosso Ammonitico Symposium Proc. Roma 1980, Tecnoscienz*, Roma, 251-299.
- FARINACCI, A. (1967): La serie Giurassico-Neocomiana di Monte Lacerone (Sabina). Nuove vedute sull'interpretazione paleogeografica della area di facies umbro marchigiana, *Geol. Romana*, 6, 421-480.
- FARINACCI, A.; MARIOTTI, N.; NICOSIA, U.; PALLINI, G., y SCHIAVINOTTO, F. (1981): Jurassic sediments in the Umbro-Marchean Apennines: An alternative model. *Rosso Ammonitico Symposium Proc. , Roma 1980, Tecnoscienz*, Roma, 335-398.
- FAZZUOLI, M.; MARCUCCI-PASSERINI, M., y SGUAZZONI, G. (1981): Occurrence of Rosso Ammonitico» and paleokarst sinkholes on the top of the «Marni Fm.» (Lower Liassic), Apuane Alps, Northern Apennines, *Rosso Ammonitico Symposium Proc, Roma, 1980, Tecnoscienz*, Roma, 399-417.
- 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, *Geologie en Mijnbouw*, 59, 155-168.
- GONZÁLEZ-DONOSO, J. M.; LINARES, D.; MARTÍN-ALGARRA, A.; REBOLLO, M.; SERRANO, F., y VERA, J. A. (1982): Discontinuidades estratigráficas durante el Cretácico en el Penibético (Cordillera Bética), *Estudios Geológicos* (en prensa).
- HOPPE, P. (1968): *Stratigraphie und Tektonik der Berge um Grazalema (West, Andalusien, Spanien)*. Tesis, Univ. Bon., 1963. *Geol. Jhrb.*, 86, 267-338.
- JENKYN, H. C. (1978): Pelagic environments. In: *Sedimentary Environments and Facies* (H. C. Reading, edit.). Blackwell, 314-371.
- LINARES, D. (1977): Estudio de los foraminíferos planctónicos del Cretácico superior de las Cordilleras Béticas (Sector Central). Tesis, Univ. Granada, 410 pp.
- MARTÍN-ALGARRA, A., y VERA, J. A. (1982): El Penibético, las Unidades del Campo de Gibraltar, las Zonas Internas y las unidades implicadas en el contacto entre Zonas Internas y Zonas Externas. In: *El Cretácico de España*, Univ. Complutense, Madrid, pp. 603-630.
- MISIK, M. (1979): Sedimentological and microfacies study in the Jurassic of the Vrsatec (east) kloppe (neptunic dykes, Oxfordian bioherm facies) (en eslovaco: Sedimentologické a microfaciálne studium jury bradle Vrsatectého locadu (neptunické dajky, boihermy oyoj oxfordu), *Zapaché Larpary, sér geologia*, 5, 7-56.
- PEYRE, Y. (1969): Essai sur la paléogéographie des Cordillères Bétiques au Crétacé inférieur: La transversale de Málaga, *C. R. Somm. Seanc. Soc. Geol. France*, 3, 45-49.
- (1974): *Geologie d'Antequera et de sa region (Cordillères Bétiques, Espagne)*. Tesis, Univ. París, 528 pp.

- REBOLLO, M. (1980): Estudio micropaleontológico del Albense superior-Cenomanense inferior en el sector Ronda-Antequera (Málaga). *Tesis de licenciatura*, Univ. Granada (inérita).
- VAN HINTE, J. E. (1976): A Cretaceous time scale. *Bull. Am. Ass Petrol. Geol.*, 60, 498-516.
- WENDT, J. (1971): Genese und Faune submariner sedimentärer Spaltenfüllungen im Mediterranen Jura, *Paleontographica*, A., 136, 122-192.
- (1976): Submarine Spaltenfüllungen, *Zbl. Geol. Palaont., Teil II*, 5/6, 245-251.
- WOOD, A. W. (1981): Extensional Tectonics and Bird of the Lagonegro Basin (Southern Italian Appennines), *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 161, 93-131.