

EL CUATERNARIO: DEFINICIÓN, LÍMITE INFERIOR Y DIVISIONES

The Quaternary: definition, lower boundary and divisions

Jesús F. JORDÁ PARDO*

A la memoria del Dr. Florencio Aldaya, protector y amigo

ISSN:0514-7336

RESUMEN: Este trabajo es un intento de aproximación a los problemas que presenta el Cuaternario. Partiendo de una rápida visión de las divisiones del Plioceno, se define su categoría dentro de la escala cronoestratigráfica y se muestran las ideas actuales relativas a la posición del límite Neógeno - Cuaternario. Además, se exponen los criterios existentes para la división del Pleistoceno, mostrando las distintas periodificaciones existentes (biozonaciones, magnetoestratigrafía, estadios isotópicos, niveles marinos, escalas paleoclimáticas, arqueológicas, paleoantropológicas y de síntesis). Finaliza con una revisión del Holoceno, su límite inferior y sus divisiones.

Palabras clave: Cuaternario, Límite Neógeno-Cuaternario, Pleistoceno, Holoceno.

ABSTRACT: This paper is an approach to present problems on Quaternary System. Starting from a sight to the Pliocene divisions, their categories within the chronostratigraphic scale are defined and current ideas related to the Neogene-Quaternary boundary are shown. Besides, existing criteria on the Pleistocene divisions are put forward, showing different existing chronologies (biozonations, magnetostratigraphy, isotopic stratigraphy, maritime levels, paleoclimatological, archaeological, paleoanthropological and synthesis scales). Finally, a revision on the lower boundary and divisions of the Holocene is made.

Keywords: Quaternary, Neogene-Quaternary boundary, Pleistocene, Holocene.

1. Introducción

1.1. Definición

Podemos definir el Cuaternario como la unidad cronoestratigráfica que constituye el techo de la secuencia geológica y que contiene depósitos y materiales actuales. El Cuaternario ocupa una corta extensión temporal dentro de la Historia de la Tierra, aproximadamente un 0,035 %, pero sin embargo, esta corta duración y su proximidad temporal, hacen que su estudio adquiera un destacado interés.

Para muchos geólogos, el Cuaternario no es más que un recubrimiento superficial que impide la observación directa del sustrato rocoso. Sin embargo, tal y como han señalado numerosos autores (Chaline, 1982; Aguirre, 1983; Catt, 1988,

entre otros), el estudio del Cuaternario constituye una disciplina que presenta entidad propia dentro del conjunto de las Ciencias de la Tierra, la Geología del Cuaternario, caracterizada por su multiplicidad de facetas y su interdisciplinaridad, incluyendo dentro de su campo de actuación aspectos muy variados que se pueden estudiar desde ópticas muy diferentes, como pueden ser la Geomorfología y la Edafología, la Estratigrafía y la Sedimentología, la Neotectónica y la Sismología, la Paleontología y la Biología, la Antropología y la Arqueología, la Física y la Química, la Ingeniería Civil y la Minería y la Meteorología y la Agricultura.

La categoría de esta unidad dentro de la escala cronoestratigráfica es la de sistema (Aguirre, 1983; I.U.G.S., 1989) dentro del Eratema Cenozoico, que por tanto se encuentra dividido en tres sistemas: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario (figura 1). Algunos autores, como señala Hedberg (1980), se inclinan por denominar a este sistema Antropógeno, denominación más

* Dr. en Ciencias Geológicas. Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Salamanca. c/ Cervantes, s/n. 37007 Salamanca.

| ERA-THEM | SYSTEM | SERIES | STAGE | GEOCHRONOMETRY Ma BP | MAGNETO-STRAT. | | | |
|----------|------------|-------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------|--|
| CENOZOIC | QUATERNARY | HOLOCENE | | (0.01) | BRUNHES (Magnetochron.1) | | | |
| | | PLEISTOCENE | UPPER | | | | | |
| | | | WG | | | | | |
| | | | MIDDLE | | | | | |
| | | | WG | | | | | |
| | LOWER | | | | | | | |
| | NEOGENE | PLIOCENE | UPPER | PIACENZIAN | 1.6 | MAINLY MIXED (Magnetochron. 5-34) | | |
| | | | WG | LOWER | ZANCLEAN | | 3.3(3.2) | |
| | | MIOCENE | UPPER | MESSINIAN | 5.3(4.8) | | GAUSS(3) | |
| | | | | TORTONIAN | 6.5 | | GILBERT(4) | |
| | | | MIDDLE | SERRAVALLIAN | 11(11.3) | | | |
| | | | | LANGHIAN | (15) | | | |
| | | | LOWER | BURDIGALIAN | (16.2) | | | |
| | | PALEOGENE | OLIGOCENE | | AQUITANIAN | | 19(21) | |
| | | | | WG | CHATTIAN | | 23(23.7) | |
| | | | Eocene | RUPELIAN | STAMPIAN | | 27(30) | |
| | | | | PRIABONIAN | LATDORFIAN | | (36.5) | |
| | | | | BARTONIAN | 34(40) | | | |
| | PALEOCENE | | | LUTETIAN | 39(43.6) | | | |
| | | | WG | YPRESIAN | 45(52) | | | |
| | | | | THANETIAN | 53(57.8) | | | |
| | | SELANDIAN | 59(62.3) | | | | | |
| | | DANIAN | 65(64.4) | | | | | |

FIG. 1
Divisiones del Cenozoico (I.U.G.S., 1989).

congruente con las otras dos divisiones del Cenozoico.

El término Cuaternario fue introducido en la literatura geológica por J. Desnoyers en 1829 para referirse a los materiales situados por encima de los depósitos miocenos y pliocenos de la Cuenca del Sena, siendo M. De Serres y H. Rebol (1830-1832) quienes restringieron su uso para los depósitos relacionados con el Diluvio (Chaline, 1982). Posteriormente, en 1838, Bron agrupa en un quinto período las formaciones terciarias y cuaternarias, distinguiendo por un lado "las cuevas con huesos" y el loess, y por otro el aluvial y "el edificio cuaternario" (Chaline, 1982). Un paso más es el dado por Ch. Lyell en 1839, que divide el Cuaternario en dos períodos, el glaciar o Pleis-

toceno y el postglaciar, basándose en los trabajos que L. Agasiz realizó sobre los glaciares del Jura en 1837.

En cuanto a las características del Cuaternario, analizando los trabajos antiguos, observamos cómo muchos de ellos señalan como rasgo definidor de ese período de tiempo la aparición del hombre, como es el caso de A. Gaudry (1888), quien en el Primer Congreso Internacional de Geología celebrado en Londres, destacó al hombre como principal característica del Cuaternario (Chaline, 1982). No obstante, las modernas investigaciones en el campo de la Paleontología Humana, hacen que tales apreciaciones basadas en escasos datos no tengan actualmente validez.

1.2. Criterios de periodificación

El establecimiento de una escala cronológica para el período de tiempo que nos ocupa, no resulta fácil debido, fundamentalmente, a que la proximidad temporal hace que las divisiones geocronológicas se establezcan a una escala muy fina, y que los límites de las diferentes divisiones presenten oscilaciones dependiendo tanto de los criterios utilizados en su determinación como de su situación geográfica. Para el establecimiento de esta escala y de los límites de las divisiones se utilizan diferentes métodos, tanto de índole biológica y bioestratigráfica, como de carácter físico y geológico.

Los métodos de carácter biológico o paleontológico utilizados son las biozonaciones, ya sean de microfósiles en los depósitos marinos o de mamíferos en los depósitos continentales. Las biozonaciones por microfósiles marinos más frecuentes se establecen en función de las faunas de foraminíferos planctónicos, de nannoplancton calcáreo y de radiolarios, y en función de estos criterios han sido definidas varias escalas, según diferentes autores (Martini, 1974; Spaak, 1981; Berggren *et al.*, 1985; Berggren, 1987).

Las biozonaciones elaboradas a partir de faunas de mamíferos, especialmente de micromamíferos, han permitido establecer divisiones en los depósitos continentales neógenos y cuaternarios, denominadas Edades de Mamíferos, elaborándose también varias biozonaciones según los criterios de diferentes autores (Mein, 1975 a y b; Chaline, 1982; De Bruijn *et al.*, 1992).

Los métodos basados en el magnetismo remanente unidos a los métodos geocronológicos de datación han permitido establecer una escala paleomagnética, en la que se sitúan los límites de las diferentes unidades de una forma clara y precisa (McDougall, 1979; Mankinen y Dalrymple, 1979).

También se han establecido escalas a partir del estudio de los isótopos del oxígeno, que permiten determinar períodos climáticos en función de las variaciones en la proporción de los isótopos ^{18}O y ^{16}O (Shackleton y Opdyke, 1973; Vergnaud Grazzini, 1984).

Además, se han establecido correlaciones entre las escalas cronoestratigráficas marinas y

continentales, que permiten una rápida visión de las características bioestratigráficas, paleoclimáticas, paleomagnéticas y geocronológicas de las diferentes divisiones del Neógeno y del Cuaternario (R.C.M.N.S., 1984; Berggren *et al.*, 1985; Berggren, 1987; Torre, 1987).

2. El límite inferior del Cuaternario

El problema del límite inferior del Cuaternario o límite Plioceno - Pleistoceno ha sido y sigue siendo objeto de numerosos estudios, suscitando multitud de debates y controversias en congresos y reuniones de carácter nacional e internacional, dedicados a intentar solucionar dicha problemática. Nosotros, tras una rápida visión de las divisiones del Plioceno que nos sirven de encuadre al problema aquí tratado, intentaremos reunir las opiniones más aceptadas sobre la posición de este límite, tanto para depósitos marinos como para materiales continentales.

2.1. Las divisiones del Plioceno

Según las escalas bioestratigráficas establecidas para los depósitos marinos, el Plioceno comprende desde la zona N18 hasta el inicio de la zona N21 de Blow (1969, en Berggren, 1987), o bien abarca desde la zona PL1a hasta la PL6 de Berggren (1987), ambas escalas establecidas en función de los foraminíferos planctónicos. En la escala de Martini (1974), elaborada a partir del nannoplancton calcáreo, el Plioceno incluye desde la zona NN12 hasta la base de la NN19.

Según la Global Stratigraphic Chart (I.U.G.S., 1989), el Plioceno marino se divide en dos pisos (figura 1): Zancliense y Piazanciense. El primero de ellos, Tabianiense para unos autores (Montenat, 1977) y Zancliense para otros (Berggren, 1987), se caracteriza por la presencia de *Globorotalia margaritae* y *G. puncticulata*, mientras que el Piazanciense se caracteriza por las formas *G. crassaformis* y *G. inflata* (Berggren, 1987).

Otros autores dividen el Plioceno en tres subseries, inferior, medio y superior, usando también biozonaciones micropaleontológicas, siendo las biozonas características de cada una de estas

divisiones las siguientes (Zazo, 1980): la de *Globorotalia margaritae* para el Plioceno inferior, la de *Globorotalia crassaformis s.l.* para el Plioceno medio y la de *Globorotalia inflata* para el Plioceno superior. Para Zazo (1980), el Plioceno inferior coincidiría con el Zancliense (o Tabianiense para la autora) y el medio y superior equivaldrían al Piazanciense.

En depósitos continentales y utilizando como criterio bioestratigráfico las llamadas Edades de Mamíferos, el Plioceno cuenta con dos subseries, el Rusciniense y el Villafranquiense o Villanyense. El Rusciniense, cuyo límite inferior coincide con el del Zancliense, comprende las biozonas MN 14 y MN 15 de Mein (1975 a y b). El límite inferior del Villafranquiense coincide también con el del Piazanciense, no ocurriendo así con el límite superior de éste y el límite del Plioceno, dado que esta subserie continental penetra en el Cuaternario, incluyendo la zona MN 16 de Mein (1975 a y b).

La escala paleomagnética nos muestra que el Zancliense comienza en el límite inferior de la etapa de polaridad negativa de Gilbert, situada a 5,44 Ma (Berggren, 1987; McDougall, 1979), y comprende toda esta etapa. El límite inferior del Piazanciense coincide con el de la etapa de polaridad normal de Gauss (Berggren, 1987), situada a 3,41 Ma (McDougall, 1979). Según la I.U.G.S. (1989) este límite se sitúa sobre los 3,3 MA. El límite superior, como veremos más adelante, se encuentra situado dentro de la etapa de polaridad negativa de Matuyama, con una edad radiométrica de 1,6 Ma (I.U.G.S., 1989).

2.2. El límite Plio - Pleistoceno en los fondos oceánicos

En los materiales sedimentados en los fondos oceánicos el límite Plioceno - Pleistoceno se ha establecido en función de las faunas de microfósiles planctónicos, fundamentalmente foraminíferos, nannoplancton calcáreo y radiolarios (Berggren, 1975).

En el Mediterráneo se usa como criterio de separación la extinción de *Discoaster brouveri* y la primera aparición de *Globorotalia truncatulinoides* (Zazo, 1980), aunque otros autores (Bizon

y Muller, 1978) proponen como criterio marcados del límite la extinción simultánea de *Globigerinoides obliquus* y *Cylcococcolithus macintyreii*. Para Berggren (1987) este límite coincide con la extinción de los discoastéridos, situada entre 1,8 y 1,6 Ma, fecha que coincide con el episodio positivo de Olduvai dentro de la etapa de polaridad negativa de Matuyama.

Si nos referimos a las biozonaciones realizadas en función de los foraminíferos, Berggren (1987) sitúa el límite entre las zonas Pl6 y N22, mientras que el inicio de la zona de *Globorotalia truncatulinoides* estaría ligeramente por debajo de ese límite (Berggren, 1987). La aparición de ese foraminífero coincide con el límite entre las zonas N21 y N22 de Blow (1969, en Berggren, 1987), y con los límites de las zonas de nannoplancton calcáreo, NN18 y NN19 (Martini, 1974) y CN12d y CN13a (Burky, 1973 y Okada y Burky, 1980, en Berggren, 1987). En cuanto a las biozonaciones con radiolarios, el límite Plio - Pleistoceno estaría situado entre las zonas 1 y 2 de Riedel y Sanfilippo (1978, en Berggren, 1987), ocupando la primera de ellas todo el Cuaternario. Para Spaak (1981), el límite Plioceno - Pleistoceno vendría marcado por la aparición de *Hyalinea balthica*.

La correlación entre los límites de estas biozonaciones y la escala del paleomagnetismo la establece Berggren (1987) en un cuadro donde se observa una coincidencia entre la base del episodio positivo de Olduvai, situada entre 2 y 1,8 Ma (McDougall, 1979) y la aparición de *Globorotalia truncatulinoides*, coincidiendo también con el límite entre las zonas N21 y N22 de Blow (Blow, 1969, en Berggren, 1987). En este mismo cuadro, el autor hace coincidir el límite Plio - Pleistoceno con la edad numérica de 1,8 Ma dentro del episodio de Olduvai, límite que correlaciona, como ya hemos visto, con el de las biozonas Pl6 y N22 (Berggren, 1987).

2.3. El límite Plio - Pleistoceno en zonas emergidas

Muchos han sido los intentos para fijar el límite inferior del Cuaternario, pero no es hasta los Congresos Internacionales de Londres (1948)

y de Argel (1952) en "que se hace corresponder el límite inferior del Cuaternario con el primer indicio de deterioro del clima registrado por las faunas marinas del Neógeno italiano" (Chaline, 1982). Este deterioramiento climático está marcado por la primera aparición de *Artica islandica* en el Mediterráneo (Chaline, 1982; Renault-Miskovsky, 1986; Miskovsky, 1987), aparición que coincide con la base del Calabriense (Zazo, 1980). En los congresos citados situaron el límite inferior del Cuaternario en los 1,8 Ma, momento que coincidía con la primera degradación climática detectada por la aparición de faunas frías en los sedimentos marinos italianos. Esta propuesta, controvertida por utilizar un criterio regional para efectuar una propuesta de carácter mundial, fue mantenida por el INQUA en sus posteriores reuniones hasta la realización por la Comisión Internacional de Estratigrafía de un informe específico sobre el asunto (Aguirre y Pasini, 1985).

Además, en apoyo de este límite se utilizó el criterio paleomagnético, cuya validez sin duda alcanzaba una mayor cobertura en el globo que el criterio regional referido al deterioro climático del Mediterráneo. En efecto, usando la cronología paleomagnética combinada con las dataciones isotópicas Potasio/Argón, se observó una coincidencia entre el deterioro climático citado y el episodio positivo de Olduvai cuyo inicio está situado hacia 1,86 Ma.

En un primer momento, el corte tipo donde se situó este límite fue el de Santa María de Catanzaro (Calabria, Italia), donde Gignoux había definido el Calabriense en 1913 (en Chaline, 1982), cuyo inicio venía marcado por la primera aparición de *Cyprina islandica* (= *Artica islandica*). Pero debido a las características de este corte, formado por depósitos turbidíticos, se abandonó como corte o secuencia tipo.

Más tarde, en el VIII Congreso del INQUA en Denver (1965), se admitió el corte de La Castella (Calabria, Italia) como localidad tipo para el límite Plio - Pleistoceno, que estaría marcado por la primera aparición de *Hyalinea balthica* (Emiliani *et al.*, 1961; Emiliani, 1967), abandonándose la sección de Santa María de Catanzaro.

Posteriormente, en el II Simposium del Límite Neógeno - Cuaternario, celebrado en Bolonia (1975), se abandonaría también el corte de La Cas-

tella, dado que es una serie muy condensada, tomándose la sección de Vrica (Calabria, Italia) como corte tipo para el límite (Selli *et al.*, 1977), ya que parece reunir las condiciones necesarias para poder definir dicho límite (Zazo, 1980; Chaline, 1982; Aguirre y Pasini, 1985; Nikiforova, 1985).

En la secuencia de Vrica, dividida en tres unidades, X, Y, y Z, el límite Plio - Pleistoceno se situaría bien entre las unidades Z e Y, estando marcado por la primera aparición del hupésped nórdico *Cytheropteron testudo* en la base y de *Hyalinea balthica* en el techo, o bien en la unidad Y, donde se observa un aumento de *Globigerina pachyderma* (con enrollamiento sinestroso indicador de aguas frías) y la aparición de *Pseudoamussium septemradiatum* e *Hyalinea balthica* (Selli *et al.*, 1977). La unidad Y también se caracteriza por la extinción de *Globigerinoides obliquus extremus* y de *G. bollii*, y por la aparición de *Globigerina cariacensis* y *Globigerinoides tenellus*. Sin embargo, *Globorotalia truncatulinoides* no aparece hasta unos metros por encima de los primeros depósitos con el foraminífero bentónico *Hyalinea balthica* (Selli *et al.*, 1977).

Dentro de la unidad Y, hacia su parte media, existe un horizonte de cineritas que se ha podido datar por trazas de fisión y K/Ar, dando una edad cuyos valores absolutos oscilan entre 2 y 2,5 Ma (Selli *et al.*, 1977). Además, los estudios paleomagnéticos efectuados en Vrica, sitúan el límite Plio - Pleistoceno en una zona de paleomagnetismo normal que correspondería al episodio positivo o subcrón de Olduvai.

En el Congreso de Moscú (1982) se recomendó situar el estratotipo del límite Plioceno - Pleistoceno en el nivel donde aparece por vez primera el ostrácodo *Cytheropteron testudo* en la sección estratigráfica de Vrica (Calabria, Italia), aparición considerada penecontemporánea con la del molusco *Artica islandica* (Aguirre y Pasini, 1985).

Por tanto, siguiendo las ideas de los autores citados, y mientras no existan otros datos, podemos admitir como límite Plio - Pleistoceno la base del Calabriense, primer piso marino del Cuaternario, definido en el corte de Vrica, según hemos descrito anteriormente (Selli *et al.*, 1977; Zazo, 1980; Chaline, 1982; Aguirre y Pasini, 1985), si bien la validez de esta sección ha sido cuestionada (Jenkins, 1987).

medio y superior) que cubren una cronología de 3 a 1,3-1,2 Ma (Chaline, 1982). Recientes investigaciones en faunas de mamíferos han recusado la validez cronoestratigráfica de esa unidad, dado que se ha podido comprobar que la asociación de faunas de mamíferos que la definen comprende la parte más alta del Plioceno Superior y la más baja del Cuaternario. Las escalas geocronológicas utilizadas usualmente (McDougall, 1979; Berggren, 1987) sitúan el término Villafranchense entre 3,4 y 1,25 Ma, otorgándole la categoría de Edad de Mamíferos (Berggren, 1987).

Respecto a la correspondencia entre el Calabriense marino y el Villafranchense continental, en la reunión del Working Group IGCP Project 41 The Boundary between Neogene and Quaternary Systems celebrada en Chandigarh-Srinagar (1979), se eliminó dicha correspondencia, dadas las características ya mencionadas de la citada unidad continental.

Otros criterios utilizados históricamente para definir el límite inferior del Cuaternario en materiales continentales se basan en eventos faunísticos locales, como la aparición en el Macizo Central Francés de los géneros *Equus* y *Bos*, en torno a 3,3 Ma, o de *Elephas meridionalis* hace 2 Ma. Pero ambos grupos de mamíferos aparecen con anterioridad en otros puntos de Eurasia, por lo que no se pueden usar como criterios válidos a nivel global. Igualmente ocurre si se utilizan faunas de micro-mamíferos para definir el límite, tal es el caso de *Mymomys steblini*, que aparece por primera vez en Europa occidental hace 4 Ma, o de *Mymomys polonicus*, que lo hace sobre 3 Ma (Lumley, 1976).

También se han utilizado para fijar este límite, criterios relacionados con la historia del hombre, tales como la aparición de éste o de industrias líticas y óseas de origen antrópico, pero las investigaciones realizadas a lo largo de este siglo en los campos de la Paleoantropología y de la Prehistoria descartan tal posibilidad, debido a que tanto homínidos como industrias aparecen en yacimientos claramente pliocenos.

2.4. El límite Plio - Pleistoceno en España

La problemática del límite Plio - Pleistoceno en España, tanto en series marinas y litorales

como continentales, ha sido abordada recientemente por Aguirre (1989) en una síntesis donde contempla los aspectos de dicho problema tanto en series marinas y litorales como en depósitos continentales.

En los depósitos neógeno - cuaternarios de las costas peninsulares resulta difícil determinar la posición del límite Plio - Pleistoceno debido, fundamentalmente, a dos causas (Zazo, 1980): por un lado está la ausencia de faunas frías en los depósitos marinos cuaternarios, y por otro, existe una discontinuidad en la sedimentación marina entre las dos Series (Plioceno y Pleistoceno), apareciendo, sin embargo, una sedimentación regresiva entre el Plioceno claramente marino y el Cuaternario. Resulta necesario recurrir a estudios de determinados cortes y secciones que aparecen dispersos por las costas mediterráneas y atlánticas meridionales peninsulares, en los que se puede establecer la posición del límite para áreas geográficas concretas. A continuación exponemos la situación actual de la problemática del límite Plio - Pleistoceno en los diferentes cortes y localidades estudiados en las costas españolas, desde el Mediterráneo oriental hasta las costas atlánticas de Cádiz y Huelva.

En el Delta del Ebro, Maldonado (1972) estudia el problema del límite Plio - Pleistoceno en el corte de San Onofre, donde sobre el Plioceno marino se encuentran unos materiales lacustres con intercalaciones de lignitos, sobre los que yacen discordantes unos conglomerados. A estos últimos el autor les otorga una edad plio - pleistocena, puntualizando que no se han llevado a cabo estudios paleontológicos.

En la zona de Santa Pola, Montenat y Truc (1971) señalan el paso lateral de unas areniscas calcáreas dunares de edad Calabriense (?) a unos limos rojos, que en su parte superior contienen *Iberus gualterianus alonensis*, especie propia del Cuaternario. Por tanto, el límite se situaría dentro de esos limos rojos.

Para Montenat (1973, 1977) el Plioceno superior de la zona de Alicante pasa hacia el techo sin discordancia aparente a la Formación Sucina, constituida por limos rojos encostrados a techo. El autor sitúa el límite Plio - Pleistoceno en el tramo inferior de esa formación, mientras que a la costra superior le atribuye una edad cuaternaria.

Echallier y Lauriat-Rage (1978), en los Arenales del Sol (Alicante) encuentran un nivel marino posterior al Plioceno superior y contemporáneo, en parte, de la Formación Sucina a la que pasa lateralmente. Este nivel marino, constituido por una lumaquela de *Glycymeris* en la base y una duna de color rosado a techo, corresponde a la primera transgresión post-Plioceno superior, asimilable al Calabriense, aunque no aparezcan faunas frías.

En las costas de Almería, en los alrededores de Carboneras, aparecen los depósitos marinos del Plioceno superior cubiertos por formaciones detríticas continentales con matriz rosa, recubiertas por una potente costra calcárea, a las que Dumas *et al.* (1978) sitúan en el Villafranchense terminal. Estos autores señalan la presencia de una intercalación marina dentro de estos depósitos continentales a la que atribuyen una edad Calabriense.

Al E de Almería, el Plioceno superior consiste en unos depósitos de lagoon sobre los que yacen de forma discordante los materiales correspondientes a la primera transgresión marina cuaternaria (Goy y Zazo, 1983). Sin embargo, al W de Almería se observan unos depósitos del Plioceno superior de tipo deltaico que pasan en la vertical a abanicos aluviales cuaternarios (Goy y Zazo, 1983). Estas diferencias en el paso de unos depósitos a otros, las atribuyen los autores a las diferencias existentes en la morfología y estructura de la costa.

Al pie de la Sierra de Gador, existe un nivel marino discontinuo cuya fauna no permite asignarlo claramente al Plioceno superior o al Calabriense (Ovejero y Zazo, 1971; Fourniguet, 1975 a y b).

Entre Almería y Málaga, los depósitos correspondientes al Plioceno superior apenas se encuentran, apareciendo únicamente materiales con *Globorotalia crassaformis*, que indica un Plioceno medio, aunque en la zona de Nerja pudiera aparecer la parte más baja del Plioceno superior (Fourniguet y Le Calvez, 1975). Recientemente, en la zona de Nerja, el límite Plio - Pleistoceno se ha situado en la discontinuidad existente entre unos depósitos conglomeráticos correspondientes a un sistema de abanicos aluviales del Pleistoceno inferior y unos depósitos litorales atribuidos al Plioceno superior (Jordá, 1992).

Al S de la Sierra de Mijas, Lhenaff (1966, 1981) describe varios cortes en los que sobre unos

depósitos marinos de facies astienses aparecen unos depósitos conglomeráticos de color rosado, que denomina brecha mortadela, a los que atribuye una edad Villafranchense. En el corte de Torremolinos, las arenas de facies astienses culminan con unas arenas rosadas de aspecto marino, que el autor correlaciona con la duna rosada de Santa Pola de edad Calabriense (?) (Montenat y Truc, 1971; Montenat, 1977; Lhenaff, 1981).

En el corte de Puerto Real, Zazo *et al.* (1977) consideran al nivel V, constituido por arenas limoso-arcillosas de color rojizo, como el depósito pleistoceno más antiguo del corte, otorgándole una edad Pleistoceno inferior. En la bahía de Cádiz, Zazo (1980) señala que el límite Neógeno-Cuaternario está representado por una karstificación o por una discordancia que separa los depósitos del Plioceno superior de los materiales más antiguos del Cuaternario, constituidos por la Formación Arenas Rojas con *Mammuthus meridionalis*. Para Zazo (1980) el paso del Neógeno - Cuaternario en la región de Huelva se hace dentro de las Arenas Rojas.

En el corte de La Florida, Zazo *et al.* (1985) indican la presencia probable de Pleistoceno basal en el nivel 2 de facies fluvio-marinas. En el corte de El Aculadero, Dabrio *et al.* (1987) sitúan con dudas el límite Plioceno - Pleistoceno en el contacto erosivo entre los lechos 1 y 2. Zazo (1989) sitúa el citado límite entre los episodios marinos Torre del Tajo y Camarinal en la zona de Cádiz, mientras que en Huelva localiza este tránsito en la Formación de Arenas Basales.

Entre los depósitos continentales interiores en los que se puede detectar el límite Plio - Pleistoceno podemos señalar determinadas localidades de las que existen series sedimentarias que se encuentran próximas a dicho límite o que por el contrario lo contienen. Entre las primeras podemos señalar el yacimiento de la cantera de Almenara (Castellón), mientras que entre las segundas cobran una gran importancia el registro de las cuencas interiores béticas, pudiendo considerarse el yacimiento de Orce (Granada) como uno de los puntos donde se puede situar dicho límite (Aguirre, 1989).

En otras zonas interiores de España resulta difícil situar la posición del límite Plio - Pleistoceno, si bien, el paso de las dos mesetas de régi-

men endorreico a exorreico, con el inicio consiguiente del encajamiento de la red fluvial parece coincidir con el paso del Neógeno al Cuaternario (Aguirre, 1989). En este contexto, la implantación y desarrollo de las rañas tendrá lugar con anterioridad al inicio del Pleistoceno.

3. Las divisiones del Cuaternario

3.1. Divisiones mayores

Tradicionalmente el Cuaternario se divide en dos Series, Pleistoceno y Holoceno, divisiones que se aceptaron en el Congreso del INQUA de Christchurch (1973), en el que también se aceptó la división convencional del Pleistoceno en tres subseries (figura 1), inferior, medio y superior (Lumley, 1976; Chaline, 1982; I.U.G.S., 1989).

El límite inferior del Pleistoceno, cuya problemática hemos tratado en el apartado anterior, se sitúa en torno a los 1,6 Ma, dentro de la etapa de polaridad negativa de Matuyama, por encima del episodio positivo de Olduvai (McDougall, 1979).

3.2. El Pleistoceno

El término Pleistoceno fue acuñado por Ch. Lyell en 1839 (Chaline, 1982) para designar un período de tiempo más reciente que el Plioceno, caracterizado por una fauna de moluscos marinos con una mayoría de especies idénticas a las actuales.

El Pleistoceno abarca la casi totalidad del Cuaternario y se caracteriza por la alternancia de períodos fríos con otros cálidos o templados. El límite superior del Pleistoceno corresponde al primer gran calentamiento climático, posterior a la última glaciación, situado alrededor de los 11.800 años B.P. (Lumley, 1976; Chaline, 1982), si bien se utiliza también otra fecha situada en torno a los 10.200 años B.P., que es el límite de los denominados períodos Tardiglacial y Postglacial, períodos marcados por biozonaciones polínicas en Europa occidental (Renault-Miskovsky, 1986).

La categoría de esta unidad dentro de la escala cronoestratigráfica es la de Serie dentro del Sistema Cuaternario (I.U.G.S., 1989).

3.3. Las divisiones del Pleistoceno

En cuanto a las divisiones del Pleistoceno, según Díaz del Olmo (1990) se utilizan dos grandes grupos de periodificaciones:

- Las de carácter aproximativo que establecen fases según el esquema estratigráfico clásico: inferior, para lo más antiguo, y medio y superior para lo más reciente, remarcándose además sus límites respectivos. Existen dos tipos dentro de estas periodificaciones: las globales y las paleontológicas.

- Las basadas en secuencias concretas definidas con criterios específicos, obteniéndose secuencias paleomagnéticas, isotópicas, marinas, climáticas, arqueológicas y antropológicas.

Para Díaz del Olmo (1990) las periodificaciones de tipo global están elaboradas a partir de correlaciones de amplio rango con variables diversas de tipo geomorfológico, sedimentológico, kárstico, etc. siendo un claro ejemplo la leyenda del *Mapa del Cuaternario de España, E. 1:1.000.000.*, realizado por el ITGE en 1989 (Pérez González *et al.*, 1989).

3.3.1. Biozonaciones paleontológicas

Las periodificaciones paleontológicas se basan en la utilización de conjuntos faunísticos, destacando el uso generalizado de asociaciones de micromamíferos, los cuales dada su sensibilidad a los cambios bioclimáticos y paleogeográficos y a su rápida evolución durante el Pleistoceno, permiten establecer una bioestratigrafía muy detallada.

En Europa, las biozonaciones establecidas por Chaline (1982) para el Plioceno superior y el Pleistoceno a partir de faunas de roedores incluyen dos grandes complejos, de *Mimomys* y de *Microtus*, que se subdividen a su vez en siete subcomplejos (Septimaniense, Arondolliense, Bielliense, Montieriense, Estevienne, Aldeniense y Regurdiense). En la escala de Mein (1975 a y b) el Pleistoceno comprendería la zona MN 17.

Otra periodización basada en faunas de mamíferos es la que divide el Pleistoceno en dos Edades, una inferior correspondiente al Villafrankense (o Villanyense, De Bruijn *et al.*, 1992) y

otra superior correspondiente al Biharianiense, estando situado su límite entre 1,2 y 1,4 Ma.

En España, se ha efectuado recientemente una división basada en criterios faunísticos que establece la existencia de seis conjuntos (Aguirre y Morales, 1989): Q1 (Pleistoceno inferior), Q2 (Pleistoceno inferior), Q3 (Pleistoceno inferior-medio), Q4 (Pleistoceno medio), Q5 (Pleistoceno medio-superior) y Q6 (Pleistoceno superior-Holoceno).

3.3.2. Magnetoestratigrafía y estadios isotópicos

Los cambios de polaridad del campo magnético de la Tierra han quedado reflejados en los sedimentos de los fondos oceánicos de tal forma que ha sido posible establecer una escala paleomagnética o magnetoestratigráfica para los últimos 160 Ma. En la figura 3 se muestra la escala magnetoestratigráfica de los últimos 2,5 Ma. En ella se

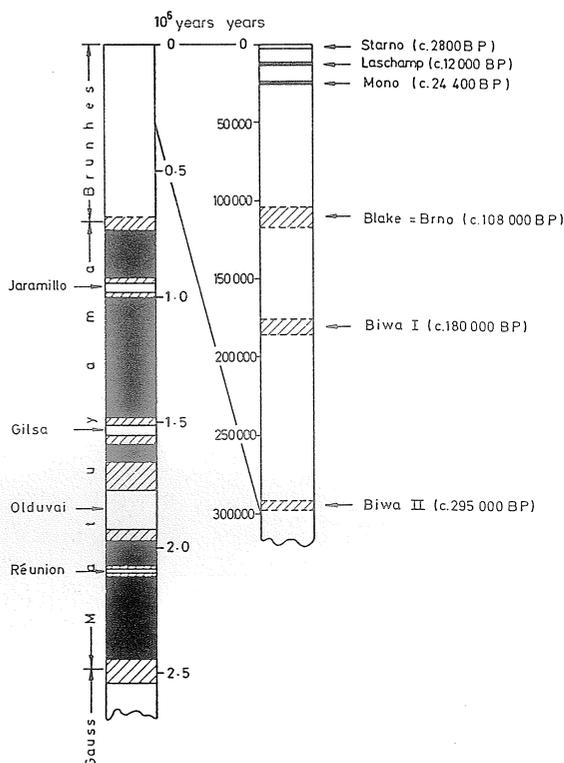


FIG. 3. Cambios de polaridad durante los 2,5 Ma (Tarling, 1983).

distinguen épocas de polaridad normal (positiva) o inversa (negativa), que se denominan crones, en los cuales es posible observar episodios o eventos de polaridad contraria, denominadas subcronas. Cuando los subcronas tienen una duración muy corta se denominan excursiones. En los últimos 5,5 Ma se registran cuatro épocas magnéticas o crones: Gilbert (-), Gauss (+), Matuyama (-) y Brunhes (+), y varios subcronas (Mankinen y Dalrymple, 1979; McDougall, 1979; Tarling, 1983).

Convencionalmente, las divisiones del Pleistoceno se establecen en función de criterios magnetoestratigráficos (Lumley, 1976; Zazo, 1980; Chaline, 1982; Bradley, 1985; Miskovsky, 1987):

- Pleistoceno inferior, desde el techo del subcron positivo de Olduvai (1,6 Ma) hasta el límite entre los crones Matuyama y Brunhes (0,72 Ma).
- Pleistoceno medio, desde el límite Matuyama - Brunhes hasta la base de la excursión de polaridad inversa de Blake (0,12 Ma).
- Pleistoceno superior, desde la base de la excursión de Blake hasta una corta excursión también de polaridad inversa (Laschamp) dentro de Brunhes situado hacia los 0,012 Ma.

Una de las periodificaciones que en los últimos años está siendo utilizada con una gran aceptación es la basada en el estudio de las paleotemperaturas marinas y continentales a partir del análisis de los isótopos del Oxígeno, del Hidrógeno y del Carbono. Estas investigaciones que comenzaron con los análisis de los isótopos estables del Oxígeno y del Carbono realizados por Emiliani (Emiliani *et al.*, 1961; Emiliani, 1966) sobre conchas de foraminíferos de sedimentos de los fondos oceánicos, han permitido obtener las curvas de paleotemperaturas de los últimos 2 Ma (Shackleton y Opdyke, 1973, 1976, 1977; Shackleton y Cita, 1979; Shackleton y Hall, 1984), utilizando para ello los resultados de las numerosas perforaciones realizadas en los fondos oceánicos y en los casquetes polares (Bradley, 1985) y los datos proporcionados por las dataciones Potasio/Argón y por la magnetoestratigrafía. En estos estudio las relaciones isotópicas utilizadas son $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/\text{H}$ y $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

El fundamento del método, para la relación $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, es el siguiente. El agua oceánica constituida por los isótopos pesados del Oxígeno (^{18}O)

resulta más difícil de evaporar que las moléculas de agua constituidas por los isótopos ligeros, por lo que, cuando el agua atmosférica precipita en forma de nieve estará mayoritariamente formada por los isótopos ligeros. De esta forma, en épocas frías el ^{18}O tiende a quedarse en el mar sin evaporarse, mientras que el ^{16}O quedará retenido en forma de hielo en las zonas polares, por lo que una mayor concentración de ^{18}O en las conchas de los foraminíferos de los sedimentos de los fondos marinos indicará un clima más frío con desarrollo de grandes casquetes glaciares.

Mediante la utilización de este método se han obtenido varias escalas de paleotemperaturas, como las de Shackleton y Opdyke (1973, 1976) correspondientes a los sondeos V28-238 y V28-239 del Pacífico, en las cuales se observan una sucesión de episodios de temperaturas diferenciados denominados estadios isotópicos. La correlación

entre las curvas de las paleotemperaturas y la escala magnetoestratigráfica ha proporcionado la escala de la figura 4, integrada por 41 estadios isotópicos que cubre el Cuaternario y el final del Plioceno (Shackleton y Opdyke, 1973, 1976; Van Donk, 1976). La gran ventaja de este sistema de investigación y de la escala cronológica que genera radica en la utilización de un fenómeno global, que además permite registrar variaciones mínimas.

3.3.3. Niveles marinos

La cronología admitida para los depósitos marinos mediterráneos está establecida a partir de una serie de niveles marinos situados en Italia, que han sido utilizados para definir los pisos en que se divide el Cuaternario. Para Bonifay (1975) estos pisos son cuatro y corresponden a otras tantas etapas transgresivas, que de más antiguo a más moderno son: Calabriense, Siciliense, Tyrreniense y Versiliense. Los dos primeros pisos estarían situados dentro del Pleistoceno inferior, el Tyrreniense ocupa el Pleistoceno medio y superior y el Versiliense (o Flandriense en el Atlántico) corresponde al Holoceno. Este autor correlaciona los episodios marinos con la cronología glacial alpina europea y con las faunas continentales.

En la zona del Arco de Gibraltar, Gigout *et al.* (1977) estudian las líneas de costa y los máximos transgresivos cuaternarios y establecen cinco episodios transgresivos que en Marruecos reciben la denominación de Maariliense, Anfatiense, Harouniense, Ouljiense y Mellahiense, que se corresponden con el Siciliense, Tyrreniense antiguo, Tyrreniense medio, Tyrreniense reciente, y Versiliense. Habría que añadir un nivel más antiguo, el Messaoudiense, correlacionable con el Calabriense. Otros autores (Texier *et al.*, 1985-86) consideran cuatro episodios marinos en la zona de Marruecos, Messaoudiense, Anfatiense, Ouljiense y Mellahiense que correlacionan respectivamente con el Calabriense, Siciliense, Tyrreniense y Versiliense.

Para el litoral de Cádiz, Zazo (1980) señala la existencia de cuatro transgresiones marinas, a las que denomina con topónimos locales, y que son: 1ª transgresión Torre del Tajo, en la base

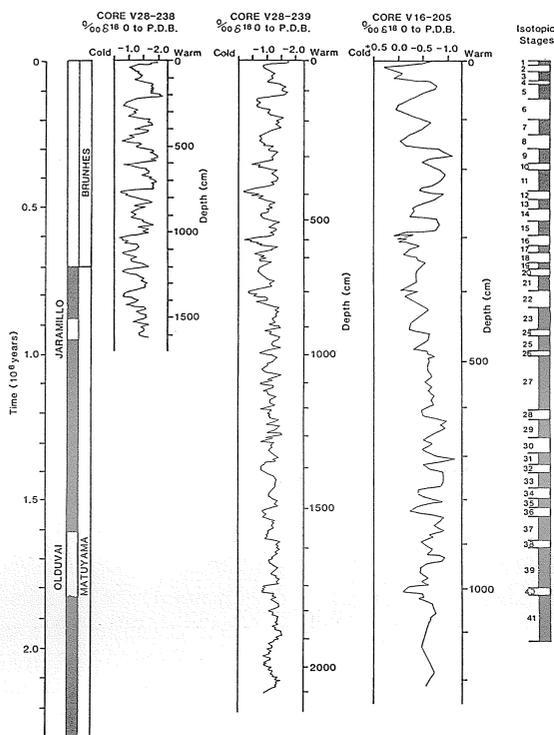


FIG. 4. Curvas paleoclimáticas del Cuaternario a partir de los isótopos del Oxígeno y escala de estadios isotópicos (Shackleton y Opdyke, 1973, 1976; Van Donk, 1976).

del Pleistoceno, equivalente al Calabriense, 2ª transgresión C. de la Plata, en el paso del Pleistoceno medio al Pleistoceno superior, correlacionable con el Tyrreniense, 3ª trasgresión Trafalgar, en el Pleistoceno superior, equivalente al Neotyrreniense, y 4ª trasgresión Zahara, en el inicio del Holoceno, equiparable con el Versiliense. Además existe un nivel marino reciente que la autora sitúa en época histórica. Más recientemente, Zazo (1989) establece una cronología tentativa para los depósitos marinos cuaternarios del litoral de Cádiz, correlacionando los episodios marinos detectados en Cádiz con los de Marruecos e Italia.

3.3.4. Escalas paleoclimáticas clásicas: glaciares, kársticas y palinológicas

En cuanto a las periodificaciones basadas en criterios climáticos, señalaremos la cronología cuatriglaciaria que Penk y Brückner propusieron en 1909 a partir del estudio de los glaciares alpinos: Günz, Mindel, Riss y Würm. Con estos cuatro nombres se denominaron otras tantas fases frías o períodos glaciares separados por etapas cálidas o interglaciares. A estas cuatro etapas glaciares se añadieron otras dos anteriores al Günz, denominadas Donau y Biber. En Eurasia, esta cronología glaciaria tiene su correspondencia con las fases glaciares denominadas Elster (= Mindel), Saale (= Riss) y Weichsel (= Würm), y en América del Norte con las fases Nebraska, Kansas, Illinois y Wisconsin. No obstante, la existencia de numerosas pulsaciones climáticas de carácter local o regional hace extremadamente difícil el uso general de estas cronologías, actualmente en desuso. Además, los estudios palinológicos y sedimentológicos han demostrado la existencia de una serie de interstadios templados en períodos glaciares, fundamentalmente al final de la última glaciación. Las revisiones realizadas del glaciario alpino han dejado sin valor real la cronología cuatriglaciaria, señalándose en los Alpes y otras cordilleras circunmediterráneas variaciones notables en número, características y dinámica de los períodos glaciares e interglaciares.

Desde los años cincuenta, es frecuente la

realización de estudios sedimentológicos en los depósitos de las zonas externas del karst asociados a yacimientos arqueológicos, con la obtención de secuencias paleoclimáticas locales y regionales, debido al interés que presentan a la hora de interpretar los paleoambientes en los que se desarrollaron los pobladores prehistóricos. Así, en el ámbito europeo, podemos destacar como elementos referenciales los numerosos trabajos desarrollados por Laville en el SW francés, entre los que señalaremos los que abordan la problemática paleoclimática y cronológica de los depósitos de abrigos kársticos y cuevas del Pleistoceno medio y superior de la Dordogne (Laville, 1975), o los estudios realizados en el SE de Francia por Miskovsky destacando los referidos al mediodía mediterráneo (Miskovsky, 1974).

En España, estos estudios comienzan a llevarse a cabo a partir de la década de los setenta en la cornisa cantábrica, experimentando desde entonces y hasta la actualidad un gran desarrollo. Los principales estudios sedimentológicos con implicaciones paleoclimáticas y ambientales y establecimiento de escalas cronostratigráficas regionales llevados a cabo en nuestro país corresponden al Cantábrico (Hoyos, 1981) y al Mediterráneo oriental (Fumal, 1986). Como secuencias paleoclimáticas locales podemos destacar la de Atapuerca (Burgos) (Aguirre y Hoyos, 1992) que cubre el Pleistoceno medio y la de Nerja (Jordá *et al.*, 1990) que comprende la parte final del Pleistoceno superior y el Holoceno.

También se han utilizado criterios de carácter palinológico con una fuerte carga climática para efectuar divisiones en el Pleistoceno, como es el caso de la escala de Zagwijn realizada para Holanda y NE de Europa desde 1960 hasta la actualidad (Zagwijn, 1975; Bowen, 1978; Nilsson, 1983; Chaline, 1982), que comienza hacia los 3 Ma y cubre la totalidad del Cuaternario (figura 5). Otras escalas polínicas cubren únicamente el tramo final del Pleistoceno superior, como son los casos de la establecida para Europa occidental (Renault-Miskovsky, 1986) (figura 6) o para el Mediterráneo occidental (Dupré, 1988).

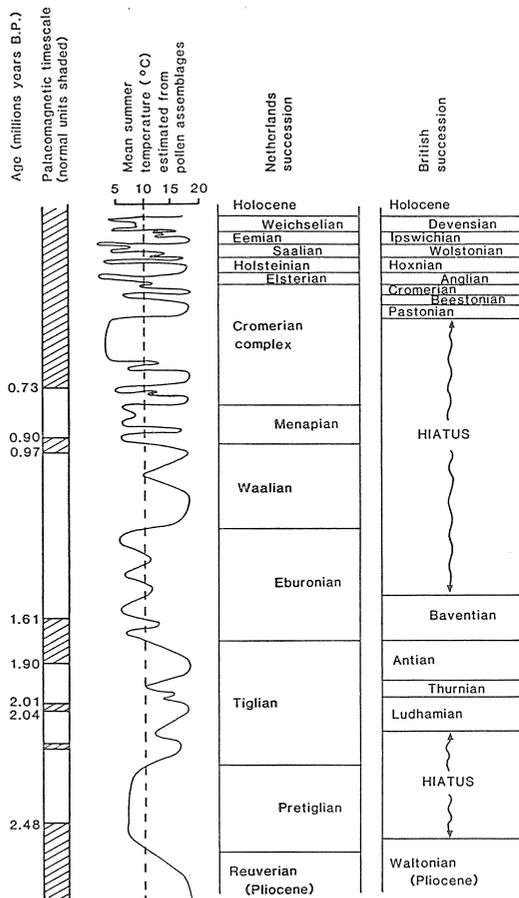


FIG. 5. Cronología polínica del Cuaternario en los Países Bajos y Gran Bretaña (Zagwijn, 1975; Catt, 1988).

3.3.5. Periodificaciones arqueológicas, antropológicas y de síntesis

Otras periodificaciones clásicas del Pleistoceno corresponden a las efectuadas en función de las secuencias culturales que componen el registro arqueológico. Estas periodificaciones tienen un escaso valor cronoestratigráfico a escala continental y global, dado que los cambios culturales que se reflejan en el registro arqueológico de un ámbito geográfico amplio tienen lugar de forma diacrónica, es decir cortando las líneas isócronas. No obstante a nivel local y regional se han utilizado cronologías arqueológicas como elemento de apoyo a otros criterios de periodificación.

Otras periodificaciones incluyen en ocasiones referencias a la evolución antrópica o la posición de los diferentes restos paleoantropológicos de una amplia zona geográfica en la escala cronoestratigráfica (Aguirre, 1993) (figuras 7 y 8).

Además, se han establecido periodificaciones del Pleistoceno (que también incluyen el Holoceno) que aportan la combinación de diferentes criterios, correlacionando secuencias paleomagnéticas, climáticas, marinas, prehistóricas y antropológicas, como las realizadas por Lumley (1976) o Miskovsky (1987) (figura 9).

3.4. El Holoceno

El Holoceno, término introducido por P. Gervais en 1867 para designar los depósitos recientes o postdiluvianos (Lumley *et al.*, 1976; Chaline, 1982), comienza con el primer calentamiento climático postglaciar, situado sobre los 11.800 años B.P., en la base de la oscilación climática Alleröd de la cronología polínica (Renault-Miskovsky, 1986). No obstante, existe una tendencia a situar el límite inferior del Holoceno de forma que coincida con el límite Tardiglaciar - Postglaciar, que se situaría hacia el 10.200 B.P., coincidiendo con la base de la oscilación Pre-Boreal (Renault-Miskovsky, 1986). El Tardiglaciar coincidiría con el estadio isotópico 2 y el Postglaciar con el estadio isotópico 1 (figuras 7 y 8).

La categoría de esta unidad dentro de la escala cronoestratigráfica es la de Serie dentro del Sistema Cuaternario (I.U.G.S., 1989).

Las divisiones del Holoceno se han establecido en función de las estratigrafías polínicas realizadas en el N de Europa y Francia y presentan un marcado significado climático. La escala del Holoceno, se compone, por tanto de las siguientes etapas u oscilaciones climáticas: Alleröd, Dryas Reciente, Preboreal, Boreal, Atlántico, Subboreal y Subatlántico (Nilsson, 1983; Renault-Miskovsky, 1986) (figura 10).

Considerando únicamente los episodios que conforman el denominado Postglaciar, se pueden establecer en el Holoceno tres divisiones mayores, Holoceno inferior, Holoceno medio y Holoceno superior, comprendiendo la primera los períodos Preboreal y Boreal, la segunda los

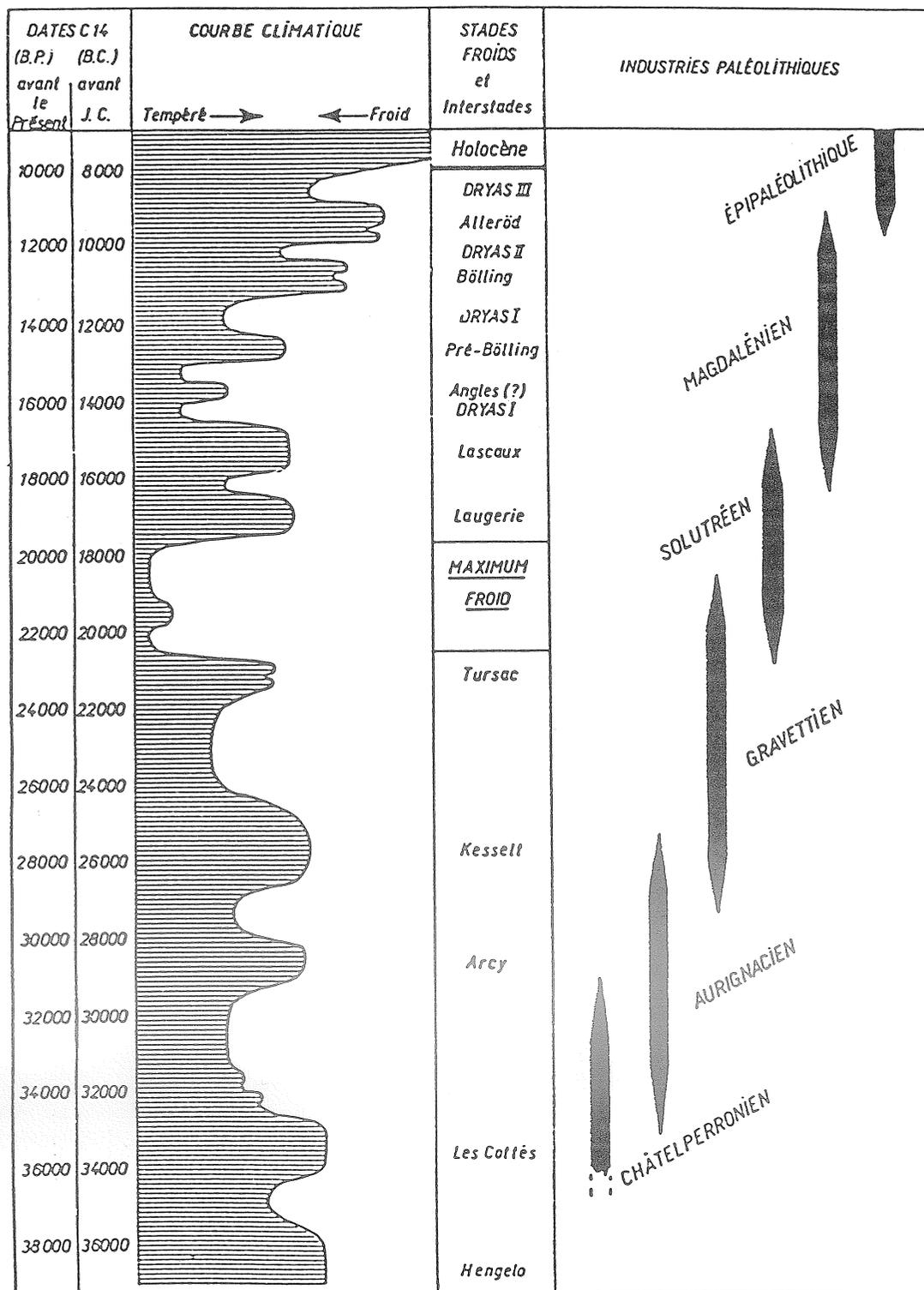


Fig. 6. Cronología polínica del Pleistoceno superior final para Europa occidental (Renault-Miskovsky, 1986) indicando la paleoclimatología y las industrias prehistóricas.

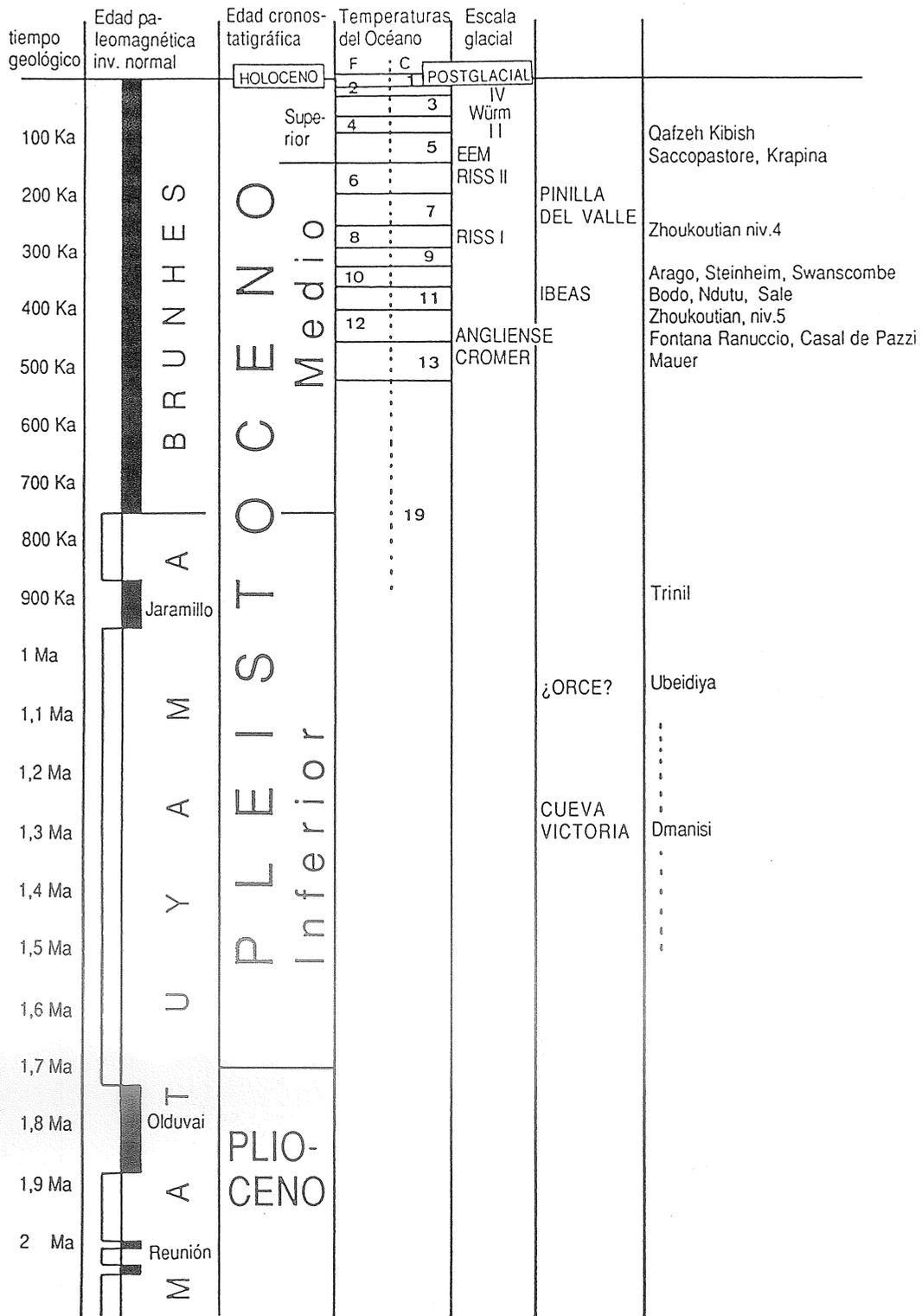


FIG. 7. Secuencia antropológica del Pleistoceno inferior y medio español (Aguirre, 1993).

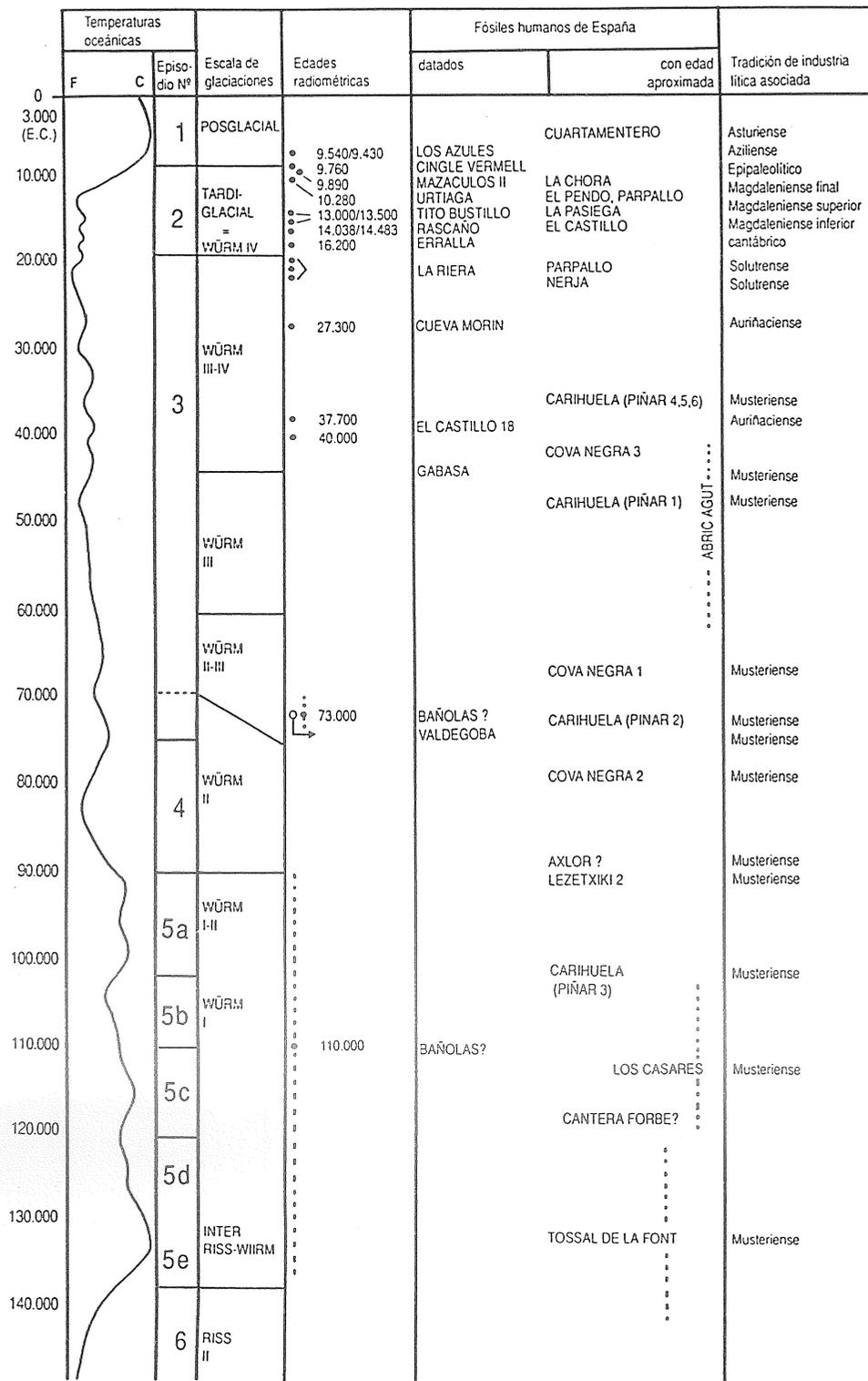


Fig. 8. Secuencia antropológica del Pleistoceno superior español (Aguirre, 1993).

| Datation absolue BP. | PALÉO MAGNÉTISME | | CHRONOLOGIE | | | | | MARINE | CIVILISATIONS PRÉHISTORIQUES | Hommes Fossiles |
|----------------------|---|----------|----------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|---------------------------|---|---|
| | Inversion du champ magnétique terrestre | | GLACIAIRE | | | | | | | |
| | | | Alpes | Nord de l'Europe | N.O. de l'Europe | Russie | N. de l'Amerique | | | |
| 10.000 | LASCHAMP MUNGO | HIJUNHES | HOLOCÈNE | | | | | Transgression flandrienne | Âge des métaux Neolithique Mesolithique Azilien | NEANTHROPES Homo sapiens sapiens |
| 100.000 | BLAKE | | POST-GLACIAIRE | | | | | Regression | Magdalénien | PALEOANTHROPES Homo sapiens |
| 200.000 | JAMAICA | | WÜRMIEN RECENT | WEISCHELIEN | | WALDAÏ | WISCONSIN | Transgression | Solutrénien | |
| 300.000 | LEVAJNTIN | | WÜRMIEN ANCIEN | | | | | Transgression | Perigordien | |
| 400.000 | | | RISS-WURM | EEMIIEN | | MIKULINO | SANGANON | Transgression | Aurignacien | |
| 500.000 | | | RISS | SAALIEN | WARTHE DRENTHE | MOSCOU ODINTSOV DNIÉPR | ILLINOIS | Tr. tyrrhenienne | Chatel - peronien | |
| 600.000 | | | | HOLSTEINIEN | | LIKHV | YARMOUTH | Regression | Mousterien | |
| 700.000 | | | | ELSTERIEN | | OKA | KANSAS | Transgression | | |
| 800.000 | | | | GÜNZ-MINDEL | | HARRESKOV | BJELOVJESH | Regression | | |
| 900.000 | JARAMILLO | | | MINDEL | | | | Transgression | | |
| 1.000.000 | | MATUYAMA | PLISTOCÈNE | | | | | Tr. sicilienne | | ARCHANTHROPES Pithecanthropes Sinanthropes Atlanthropes |
| 100.000 | | | GÜNZ | | ELSTÉRIEN ANCIEN | MÉNAPIEN | NAREV | NEBRAVSKA | Regression | |
| 200.000 | | | DONAU-GÜNZ | | WAALIEN | | | | Transgression calabrienne supérieure | AUSTRALANTHROPES Homo habilis |
| 300.000 | | | | | | | | | | |
| 400.000 | | | | | | | | | | |
| 500.000 | | | | | | | | | | |
| 600.000 | | | | | | | | | | |
| 700.000 | | | | | | | | | | |
| 800.000 | OLDUVAÏ | | | | | | | | | |
| 900.000 | | | | | | | | | | |
| 2.000.000 | RÉUNION II | GAUSS | PLIOCÈNE | | | | | Regression pliocene | | |
| 100.000 | RÉUNION I | | DONAU | | EBURONIEN | | | | | |
| 200.000 | | | | | | | | | | |
| 300.000 | | | | | | | | | | |
| 400.000 | | | | | | | | | | |
| 500.000 | | | | | | | | | | |
| 600.000 | | | | | | | | | | |
| 700.000 | | | | | | | | | | |
| 800.000 | | | | | | | | | | |
| 900.000 | | | | | | | | | | |
| 1.000.000 | KAENA | | | | | | | | | |
| 200.000 | MAMMOUTH | | | | | | | | | |
| 300.000 | | | | | | | | | | |
| 400.000 | | | | | | | | | | |

Fig. 9. Cuadro cronológico sintético tentativo del Cuaternario, incluyendo los periodos glaciares clásicos según las cronologías regionales, los episodios paleomagnéticos, los niveles marinos, la secuencia cultural y la evolución de los homínidos (Miskovsky, 1987).

periodos Atlántico y Subboreal y la tercera el Subatlántico (Díaz del Olmo, 1990).

En cuanto a las periodificaciones del Holoceno que incluyen datos procedentes del registro

arqueológico, existen numerosas aproximaciones, entre las que podemos señalar la referida al contexto mediterráneo (Lumley *et al.*, 1976) (figura 10).

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del Proyecto CE-FI2W-CT91-0075 (Paleoclimatological revision of climate evolution and environment in Western Mediterranean regions. Evaluation of future evolution scenarios in the Iberian peninsula), Plan I+D de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) en colaboración con el Instituto Tecnológico Geominero de España.

Referencias.

- AGUIRRE, E. (1983): «El Cuaternario, a debate». *Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 5, pp. 7-20.
- AGUIRRE, E. (1989): «El límite inferior del Pleistoceno». *Mapa del Cuaternario de España. Escala 1:1.000.000*, I.T.G.E., pp. 87-94.
- AGUIRRE, E. (1993): «Fósiles humanos en la Península Ibérica». *Primeros Europeos*, Museo Nacional de Ciencias Naturales, The Natural History Museum, pp. 40-45.
- AGUIRRE, E. y HOYOS, M. (1992): «Climate record in cave deposits: the Atapuerca TD case». En Kulka, G.J. y Went, E. (Eds.), *Start of a glacial*. Springer Verlag, NATO AS-Series, Berlín-Heidelberg, pp. 127-136.
- AGUIRRE, E. y MORALES, J. (1989): «Asociaciones de mamíferos del Cuaternario de España: tiempos y modos de cambio». *II Reunión del Cuaternario Ibérico, Resúmenes*, pp. 77-78.
- AGUIRRE, E. y PASINI, G. (1985): «The Pliocene-Pleistocene Boundary». *Episodes*, 8 (2), pp. 116-120.
- BERGGREN, W.A. (1975): «The Pliocene-Pleistocene Boundary in Deep Sea Sediments: Status in 1975». *Proc. of the 2nd Symp. on Neogene-Quaternary Boundary*, Bologne.
- BERGGREN, W.A. (1987): «Neogene chronology and chronostratigraphy new data». *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungar.*, 70, pp. 19-41.
- BERGGREN, W.A., KENT, D.V. y VAN COUVERING, J.A. (1985): «Neogene Geochronology and Chronostratigraphy». En Snelling, N.J. (ed.), *Geochronology and the Geologic Time Scale*, Geol. Soc. London, Special Paper, pp. 211-260.
- BIZON, G. y MULLER, C. (1978): «Remarks on the determination of the Pliocene/Pleistocene boundary in the Mediterranean». En Hsu, K., Montader, L. et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 42, pp. 847-853.
- BONIFAY, E. (1975): «L'ère quaternaire». *Bul. Soc. Geol. France*, (7ª serie), 17, pp. 380-394.
- BOWEN, D.Q. (1978): *Quaternary Geology*. Pergamon Press, Oxford, 221 pp.
- BRADLEY, R.S. (1985): *Quaternary Paleoclimatology. Methods of Paleoclimatic Reconstruction*, Allen and Unwin Inc, London, 472 pp.
- CATT, J.A. (1988): *Quaternary Geology for Scientists and Engineers*. Ellis Horwood Limited Publishers, Chichester, 340 pp.
- CHALINE, J. (1982): *El Cuaternario. La historia humana y su entorno*. Akal editor, 312 pp. (Primera edición: 1972, *Le Quaternaire. L'histoire humaine dans son environnement*. Doin, éditeurs, París, 338 pp.).
- DABRIO, C.J., ZAZO, C. y GOY, J.L. (1987): «Pleistocene sea-level changes in the Bay of Cadiz (SW Spain)». *Trabajos sobre Neogeno-Cuaternario*, 10, pp. 265-281.
- DE BRUIJN, H., DAAMS, R., DAXNER-HOCK, P., FALBUSCH, V., GINSBURG, L., MEIN, P. y MORALES, J. (1992): «Report of the RCMNS working group on fossil mammals». *News. Stratigr.*, 26 (2-3), pp. 54-118.
- DÍAZ DEL OLMO, F. (1990): *Apuntes de Paleogeografía*. Universidad de Sevilla, 169 pp.
- DUMAS, B., GUEREMY, P., LHENAFF, R. y RAFFY, J. (1978): «Géomorphologie et Néotectonique dans la région d'Almería (Espagne du Sud-Est)». *Trav. R.C.P.*, pp. 123-170.
- DUPRE OLLIVIER, M. (1988): *Palinología y Paleambiente. Nuevos datos españoles. Referencias. Serie de Trabajos Varios del S.I.P.*, 84, Diputación Provincial de Valencia, 160 pp., 16 láms.
- ECHAILLER, J.C. y LAURIAT-RAGE, A. (1978): «Découverte d'un niveau marin d'âge Calabrien sur le littoral méditerranéenne d'Espagne (Province d'Alicante)». *C. R. somm. Soc. Geol. France*, 4, pp. 178-180.
- EMILIANI, C. (1966): «Paleotemperature analysis of Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425.000 years». *Jour. Geol.*, 74, pp. 109-126.

- EMILIANI, C. (1967): «The Plio-Pleistocene Boundary». *Science*, 156, 129-144.
- EMILIANI, C., MAYEDA, T. y SELLI, R. (1961): «Paleotemperature Analysis of the Plio-Pleistocene section at the Castella, Calabria, Southern Italy». *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 72, pp. 679-688.
- FOURNIGUET, J. (1975 a): *Neotectonique et Quaternaire marin sur le littoral de la Sierra Nevada, Andalousie (Espagne)*. Thèse de 3^{me} Cycle, Univ. Orlenas, 234 pp.
- FOURNIGUET, J. (1975 b): «Stratigraphie du Quaternaire et neotectonique a l'ouest d'Almeria». 3^{me}. *Reunion Annuelle des Sci. de la Terre, Montpellier, Ren. des Com.*, p. 155.
- FOURNIGUET, J. y LE CALVEZ, Y. (1975): «Sur le Pliocene de la cote d'Andalousie (Espagne)». *Bull. Soc. Geol. France* (7^a serie), 17 (4), pp. 604-611.
- FUMANAL, M.P. (1986): *Sedimentología y clima en el País Valenciano. Las cuevas habitadas en el Cuaternario reciente*. TRABAJOS VARIOS DEL S.I.P., 83, 208 pp.
- GIGOUT, M., CADET, J.P., FOURNIGUET, J., GUILLEMIN, M. y PIERRE, G. (1977): «La chronologie du Quaternaire». *Bull. Soc. Geol. France*, 19 (3), pp. 584-590.
- GOY, J.L. y ZAZO, C. (1983): «Los piedemontes cuaternarios de la región de Almería (España). Análisis morfológico y relación con la neotectónica». *Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 5, pp. 397-419.
- HEDBERG, H.D. (ed.) (1980): *Guía Estratigráfica Internacional*. Editorial Reverté S.A., Barcelona.
- HOYOS GÓMEZ, M. (1981b): «La cronología paleoclimática del Würm reciente en Asturias. Diferencias entre los resultados sedimentológicos y palinológicos». *Programa Internacional de Correlación Geológica, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, pp. 63-75.
- I.U.G.S. (1989): «Global Stratigraphic Chart with geochronometric and magnetostratigraphic calibration». Supplement to *Episodes*, 12 (2), June 1989.
- JENKINS, D.G. (1987): «Was the Pliocene-Pleistocene boundary placed at the wrong stratigraphic level?». *Quat. Sci. Rev.*, 6, pp. 41-42.
- JORDÁ PARDO, J.F. (1992): *Neógeno y Cuaternario del extremo oriental de la costa de Málaga*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 888 pp.
- JORDÁ PARDO, J.F., AURA TORTOSA, J.E. y JORDÁ CERDÁ, F. (1990): «El límite Pleistoceno - Holoceno en el yacimiento de la Cueva de Nerja (Málaga)». *Geogaceta*, 8, pp. 102-104.
- LAVILLE, H. (1975): *Climatologie et chronologie du paléolithique en Périgord. Etude sédimentologique de dépôts en grottes et sous abris*. ETUDES QUATERNAIRES, 4, Université de Provence, 422 pp.
- LHENAFF, R. (1966): «Existence d'un haut niveau marin (Pliocène terminal ou Quaternaire ancien) déformé à l'W de Málaga (Espagne)». *C. R. somm. Soc. Geol. France*, 1966, pp. 395-396.
- LHENAFF, R. (1981): *Recherches geomorphologiques sur les Cordilleres Betiques centro-occidentales (Espagne)*. Université de Lille III, 2 t., 713 pp.
- LUMLEY, H. de (1976): «Cadre chronologique absolu, paléomagnétique, chronologie paléontologique et botanique, esquisse paléoclimatologique, séquences culturelles». *La Préhistoire Française*, t. I, C.N.R.S., París, pp. 5-23.
- LUMLEY, H. DE, RENAULT, J., MISKOVSKY, J.C. y GUILAINE, J. (1976): «Le cadre chronologique et paléoclimatique du Postglaciaire». *La Préhistoire Française*, t. II, C.N.R.S., París, pp. 3-16.
- MALDONADO, A. (1972): «El delta del Ebro: estudio sedimentológico y estratigráfico». *Bol. de Estrat.*, 1, 486 pp.
- MANKINEN, E.A. y DALRYMPLE, G.B. (1979): «Revised geomagnetic polarity time scale for the interval 0-5 m.y. BP». *Jour. Geophys. Res.*, 84, pp. 615-626.
- MARTINI, E. (1974): «Calcareous nannoplankton and the age of the *Globigerina* silts of western approaches of the Channel». *Geol. Mag.*, 111, pp. 303-306.
- McDOUGALL, I. (1979): «The present status of the geomagnetic polarity time scale». En M.W. McElhinny (ed.), *The Earth: its origin, structure and evolution*, Academic Press, London, pp. 543.

- MEIN, P. (1975 a): «Rapport du Groupe de Travail sur les Vertébrés (exc. Pisces) C.N.M.» *Trabajos sobre Neógeno - Cuaternario*, 4, pp. 143-144.
- MEIN, P. (1975 b): «Résultats du Groupe de Travail des Vertébrés. Biozonation du Neogène Méditerranéen à partir des Mammifères». *Report on Activity of the RCMNS Working groups*, Bratislava, pp. 78-81.
- MISKOVSKY, J.C. (1974): *Le Quaternaire du Midi méditerranéen. Stratigraphie et paléoclimatologie d'après l'étude sédimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche (Ligurie, Provence, Languedoc méditerranéen, Roussillon, Catalogne)*. ETUDES QUATERNAIRES, 3, Université de Provence, 331 pp.
- MISKOVSKY, J.C. (1987): «Le cadre de vie de l'homme conditionné par les phénomènes géologiques». *Géologie de la Préhistoire*, GEOPRE, Paris, pp. 73-85.
- MONTENAT, C. (1973): *Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia)*. Thèse d'Etat, Orsay, 1170 pp.
- MONTENAT, C. (1977): «Chronologie et principaux événements de l'histoire paléogéographique du Néogène récent». *Bull. Soc. Geol. France*, (7^a serie), 19 (3), pp. 577-583.
- MONTENAT, C. y TRUC, G. (1971): «Pliocene Supérieur et Villafranchien dans le Levant Espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante)». *Bol. Geol. Min.*, 82, pp. 52-58.
- NILSON, T. (1983): *The Pleistocene: geology and life in the Quaternary Ice Age*. D. Reidel Publ. Comp. Londres, 651 pp.
- NIKOFOROVA, K.V. (1985): «¿Dónde situar el límite entre el Neógeno y el Cuaternario?» *La naturaleza y sus recursos*, XXI (3), pp. 35-38.
- OVEJERO, G. y ZAZO, C. (1971): «Niveles marinos pleistocenos en Almería (SE de España)». *Quaternaria*, 25, pp. 145-159.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A., CABRA, P. y MARTÍN SERRANO, A. (1989): *Mapa del Cuaternario de España. E:1:1.000.000*. Instituto Tecnológico Geomínero de España. Madrid (mapa y memoria).
- RENAULT-MISKOVSKY, J. (1986): *L'environnement au temps de la Préhistoire*. Masson, Paris, 183 pp.
- R.C.M.N.S. (1984): «Compilation charts Neogene faunal and floral changes». *Paleobiologie continentale*, 14 (2), pp. 485-493.
- SELLI, R., ACCORSI, C.A., BANDINI, M., BERTOLANI, D., BIGAZZI, G., BONADONNA, F.P., BORSETTI, A.M., CATI, F., COLALONGO, M.L., D'ONOFRIO, S., LANDINI, W., MENSINI, E., MEZZETTI, R., PASSINI, G., SAVELLI, C. y TAMPIERI, R. (1977): «The Vrica section (Calabria, Italy) a potential Neogene/Quaternary boundary stratotype». *Gior. Geol.*, 42, pp. 181-201.
- SHACKLETON, N.J. y CITA, M.B. (1979): «Oxygen and carbon isotope stratigraphy of benthic foraminifers at site 397: detailed history of climate change during the late Neogene». En U. von Rad, W.B. F. Ryan *et al.* (eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 47. U.S. Government Printing Office, Washington DC, pp. 433-445.
- SHACKLETON, N.J. y HALL, M.A. (1984): «Oxygen and Carbon isotope stratigraphy of Deep Sea Drilling Project - Hole 552 A: Plio-Pleistocene glacial History». *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.*, U.S. Gov. Print. Off., Washington, 71, pp. 599-609.
- SHACKLETON, N.J. y OPDYKE, N.D. (1973): «Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperature and ice volumes on 10 (5) year and 10 (6) year scale». *Quat. Res.*, 3, pp. 39-55.
- SHACKLETON, N.J. y OPDYKE, N.D. (1976): «Oxygen isotope and Paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V.28-239. Late Pliocene to latest Pleistocene». *Geol. Soc. Am.*, 145, pp. 449-464.
- SHACKLETON, N.J. y OPDYKE, N.D. (1977): «Oxygen isotope and paleomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciation». *Nature*, 17, pp. 216-219.
- SPAARK, R. (1981): «The distribution of *Globorotalia inflata* group in the Mediterranean Pliocene». *Konink. Nederl. Akad. Wet. Proc.*, B, 84, pp. 201-215.
- TARLING, D.H. (1983): *Paleomagnetisme. Principles and applications in geology, geophysics and archaeology*, Ed. Chapman and Hall, Londres - Nueva York.
- TEXIER, J.P., RAYNAL, J.P. y LEFEBRE, D. (1985-86): «Essai de chronologie du Quaternaire Mar-

- cain». *Bull. d'Archéologie Marocaine*, 16, pp. 11-26.
- TORRE, D. (1987): «Pliocene and Pleistocene marine-continental correlations». *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungar.*, 70, pp. 71-77.
- VAN DONK, J. (1976): « ^{18}O record of Atlantic Ocean for the entire Pleistocene epoch». En Cline, R.M. y Hays, J.D. (Eds.), *Investigation of late Quaternary paleoceanography and paleoclimatology*. Geological Society of America Memoir 145, pp. 147-163.
- VERGNAUD GRAZZINI, C. (1984): «Major cenozoic climatic changes: the stable isotope record of marine carbonates in the world ocean - A review». *Paleobiologie continentale*, 14, (2), pp. 433-473.
- ZAGWIJN, W.H. (1975): «Variations in climate as shown by pollen analysis, especially in the lower Pleistocene of Europe». En Wrigth, A.E. y Moseley, F. (Eds.), *Ice ages: ancient and modern*. Geological Journal Special Issue 6. Seel House Press, Liverpool, pp. 137-152.
- ZAZO, C. (1980): *El Cuaternario marino-continental y el límite Plio-Pleistoceno en el litoral de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- ZAZO, C. (1989): «Los depósitos marinos cuaternarios en el golfo de Cádiz». *El Cuaternario en Andalucía Occidental*, AEQUA MONOGRAFÍAS, 1, pp. 113-122.
- ZAZO, C., GOY, J.L., HOYOS, M., MECO, J., USERA, J., GARCÍA VICENTE, J., GALVÁN, J. y AGUIRRE, E. (1977): «El corte de Puerto Real y el problema del límite Plio-Pleistoceno en la bahía de Cádiz». *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 6, pp. 319-336.
- ZAZO, C., GOY, J.L., DABRIO, C.J., CIVIS, J. y BAENA, J. (1985): «Paleogeografía de la desembocadura del Guadalquivir al comienzo del Cuaternario (provincia de Cádiz, España)». *Actas 1ª Reunión del Cuaternario Ibérico (Lisboa, 1985)*, 1, pp. 461-472.