

## EL CUATERNARIO: UN “NUEVO” PERIODO EN LA ESCALA GEOCRONOLÓGICA GLOBAL

### *The Quaternary: a “new” period in the Global Geological Time Scale*

Teresa Bardají (\*) y Caridad Zazo (\*\*)

#### RESUMEN

El conocimiento del Cuaternario, su evolución climática, el porqué de sus subdivisiones se convierten en un tema prioritario en la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, ya que es el Periodo Geológico más reciente, en el cual vivimos y a lo largo del cual se ha desarrollado la especie humana. Aunque el Cuaternario es uno de los términos geocronológicos más conocidos y utilizados en multitud de ámbitos, también ha sido uno de los más debatidos en lo que se refiere a su definición oficial. De hecho el debate sobre su entidad ha durado desde el s.XVIII hasta el pasado mes de Junio, que ha sido oficialmente reconocido como el período geológico más reciente, extendiéndose desde hace 2,588 Ma hasta la actualidad. En Geología, para que un período geológico “exista” debe ser aceptado por la ICS (International Commission on Stratigraphy) y además ratificado por la IUGS (International Union of Geological Sciences). Además, la definición geocronológica s.s. debe estar acompañada por una sección tipo que lo represente, o que represente la base del período considerado, es decir, lo que llamamos GSSP (Global Stratotype Section and Point). Se hará un breve repaso histórico sobre las primeras definiciones del Cuaternario hasta llegar al s. XXI, con la ratificación por parte de la IUGS. También se analizarán las diferentes subdivisiones del Cuaternario, sus GSSPs, así como los criterios en que se basan sus definiciones.

#### ABSTRACT

The knowledge of the Quaternary, its climatic evolution and the reasons for its subdivisions become a prioritizing subject in Earth Sciences teaching mainly because the Quaternary is the most recent period in the Earth History, we are living in the Quaternary and human being has developed along the Quaternary. Although it is one of the most used and known geochronological terms, it is also one of the most debated by its official definition. Debate has lasted from 18th to 21st century, when finally was recognised as a proper geological period with own entity. A geological period only “exists” for Geology when the ICS (International Commission on Stratigraphy) accept it, and when the IUGS (International Union of Geological Sciences) ratify it. Likewise, this chronological definition must be accompanied by a physical type section that represents it, this is what we call GSSP (Global Stratotype Section and Point). An historical review about the early definitions of Quaternary, reaching the 21st century will be done, as well as an analysis of the different subdivisions of Quaternary, their GSSPs and criteria on which these definitions are based.

**Palabras Clave:** Cuaternario, Geocronología, Cronoestratigrafía, Pleistoceno, Holoceno

**Keywords:** Quaternary, Geochronology, Chronostratigraphy, Pleistocene, Holocene.

#### INTRODUCCIÓN

El Cuaternario representa el Período geológico más reciente en la historia de la Tierra, y todos lo relacionamos con el establecimiento de los períodos glaciares (o Edades del Hielo), o con la aparición del género Homo, o con el desarrollo de los sistemas de terrazas fluviales, por poner algunos ejemplos. Para muchos el Cuaternario ha sido esa mancha gris que en los mapas geológicos oculta la “geología de verdad”, o incluso un recurso para tapar algún problemilla de esa “geología de verdad”. Pero el Cuaternario es mucho más que eso: el Cuaternario es el periodo de tiempo en el cual vivimos y durante el cual se ha desarrollado la especie hu-

mana. Es muy importante que se aborde este tema desde la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, ya que la evolución en el pasado nos da las claves no solo del presente sino también del futuro. En una época en la que tanto se habla sobre el cambio climático, es esencial poder discernir entre los cambios naturales y los cambios que pueden haber sido inducidos por el hombre, y sin duda alguna el estudio del Cuaternario, su evolución climática, sus divisiones y el por qué de estas divisiones, se convierten en una herramienta indispensable.

En Geología, existen unos procedimientos de homogeneización y globalización estratigráfica que nos permiten de alguna manera utilizar un lenguaje

(\*) Departamento de Geología, Edificio Ciencias, Universidad de Alcalá. 28871-Alcalá de Henares, España.

(teresa.bardaji@uah.es)

(\*\*) Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. José Gutiérrez Abascal, 2, 28006-Madrid, España.

común (Reguant y Brusi, 2003). Para que un periodo de tiempo dado tenga validez cronoestratigráfica o geocronológica, debe ser admitido por la ICS (*International Commission on Stratigraphy*), debe definirse un GSSP (*Global Stratotype Section and Point*) que es una sección geológica que representa su límite inferior, y por supuesto debe ser ratificado oficialmente por la IUGS (*International Union of Geological Sciences*).

En concreto el Cuaternario ha tenido una vida muy azarosa, y su entidad dentro de la Tabla Cronoestratigráfica Global ha sido muy debatida, hasta el punto de que en la penúltima Escala del Tiempo Geológico editada por la ICS (Grandstein et al., 2005), el Cuaternario había desaparecido y de hecho vivíamos en el Neógeno. Afortunadamente, tras el último Congreso Internacional de INQUA (*International Union for Quaternary Research*), que tuvo lugar en Cairns (Australia) en Agosto de 2007 el Cuaternario fue definitivamente aceptado como un Período/Sistema con entidad propia. A partir de ese momento el debate se ha centrado fundamentalmente en fijar la edad de la base del Cuaternario. Afortunadamente, desde el 29 de Junio de este año (2009) se ha aceptado oficialmente (ratificado por IUGS) que el inicio del Cuaternario tiene lugar hace 2,588 Ma.

La mayor parte de las subdivisiones del Cuaternario aún no están oficialmente ratificadas, aunque se ha avanzado mucho en los últimos años. Para entender bien todo el proceso y sobre todo la importancia que tiene el Cuaternario vamos a hacer primero un breve repaso histórico para luego ver las diferentes subdivisiones del Cuaternario.

## EL CUATERNARIO: PRIMERAS DEFINICIONES

El término "Cuaternario" ha sido objeto de debate prácticamente desde sus inicios, cuando la Geología comenzaba a desarrollarse en el s. XVIII, por lo que es interesante hacer un breve repaso histórico de los diferentes pasos que nos han llevado hasta la definición actual.

A finales del s. XVIII, el geólogo italiano Giovanni Arduino (1714-1795) elaboró la que puede ser considerada primera clasificación del tiempo geológico, dividiendo la historia de la Tierra en cuatro órdenes, que según él, eran "grandes estratos dispuestos uno sobre otro" a los que denominó Primario, Secundario, Terciario y Cuaternario.

No obstante, durante las primeras décadas del s. XIX la enorme influencia de la religión hizo que se relacionase la existencia de esos depósitos no consolidados, discordantes sobre el Terciario, con fragmentos de rocas exóticas, bloques erráticos y/o restos de animales, con el Diluvio Universal, por lo que se le llamó el periodo Diluvial. Pero este fue un siglo de grandes geólogos y paleontólogos, todos ellos grandes observadores, como Agassiz o Lyell por mencionar sólo a dos de los más famosos, por lo que el término diluvial fue siendo

progresivamente abandonado, creándose otros nuevos, y avanzando poco a poco hacia la actualidad.

El primero que aplicó el término Cuaternario para describir unos depósitos marinos más recientes que el Terciario en la Cuenca del Sena fue Desnoyers en 1829. Unos años más tarde, Bronn (1838) empleó los términos Mioceno y Plioceno, introducidos por Lyell en 1833 (Van Couvering, 1997) para describir el registro paleontológico post-Eoceno de la Cuenca de Viena, que incluía asociaciones faunísticas hoy en día consideradas cuaternarias. En realidad aquí empezó el problema de la indefinición del Cuaternario, ya que años más tarde Moritz Hörnes (1853) acuñó el término Neógeno para los fósiles marinos de la Cuenca de Viena, que englobaba el Mioceno y el Plioceno pero asumiendo la definición de Bronn, que incluía fauna cuaternaria. De hecho al correlacionar asociaciones faunísticas del Neógeno de la Cuenca de Viena con faunas mediterráneas, incluía ejemplos y colecciones que hoy son sin duda consideradas de edad pleistocena (Van Couvering, 1997).

Paralelamente, Lyell (1839) revisó los límites del Mioceno y Plioceno y creó el término Pleistoceno para designar a los depósitos post-Pliocenos, dando un sentido más próximo al actual al Mioceno y Plioceno, lo cual ignoró Hörnes en su definición de Neógeno en 1853. Como podemos ver, el s. XIX terminó con una enorme confusión no sólo de términos geológicos sino también, lo que es más importante, con una gran indefinición cronológica.

El s. XX comienza un tanto caótico en lo que se refiere a la terminología, y además con una cronología muy poco precisa de los términos cronoestratigráficos, lo que era crecientemente demandado por la comunidad científica dado el progresivo interés en la Paleontología, Paleoclimatología y Paleoantropología.

En 1913, Gignoux reintrodujo el término Neógeno pero incluyendo tan solo al Mioceno y al Plioceno, de forma que el Pleistoceno quedaba definitivamente excluido del Neógeno, sin que se produjera ningún tipo de discusión, por el momento. Así quedaron el Pleistoceno y el Holoceno formando parte del Cuaternario hasta el final del s. XX, cuando de nuevo se abrió un, a veces, agrio debate sobre la entidad del Cuaternario.

## FIN DEL S. XX: EL CUATERNARIO A DEBATE

En la primera mitad del s. XX se ve la necesidad de fijar criterios y establecer límites cronológicos lo más precisos posible, de manera que en el 18 Congreso Geológico Internacional (Londres, 1948), se dictaron una serie de recomendaciones para la definición del límite Plioceno-Pleistoceno, asimilándolo al límite Neógeno-Cuaternario. Estas recomendaciones fueron en primer lugar que la base del Pleistoceno debía registrar cambios faunísticos indicadores de un deterioro climático, y, en segundo lugar, que se definiese en secuencias

marinas de Italia, donde la alta tasa de elevación permite el afloramiento de secuencias muy completas.

De esta forma la segunda mitad del s. XX se va a caracterizar por la creación de comisiones y grupos de trabajo cuya finalidad es unificar criterios para la definición oficial del límite Plioceno – Pleistoceno, o Neógeno – Cuaternario. Durante el V Congreso Internacional de INQUA (*International Union for Quaternary Research*), celebrado en Madrid (1957) se crea la Subcomisión para el estudio del Límite Plioceno – Pleistoceno, que constituía también el Grupo de Trabajo del Límite Neógeno – Cuaternario de la ICS, y cuyo fin era encontrar un estratotipo (GSSP) adecuado para la definición de dicho límite. En 1973, se crea el IGCP (*International Geological Correlation Program*) por parte de la UNESCO, donde se propone un Proyecto dedicado también al establecimiento del Límite (*P. 41: The Boundary between the Neogene and the Quaternary*).

Tras muchos años de trabajo, finalmente se define el límite Plioceno – Pleistoceno en la sección de Vrica (Aguirre y Pasini, 1985), que describiremos más adelante, pero de una forma independiente y sin abordar otros problemas relacionados tales como el límite Neógeno – Cuaternario, que, de nuevo, permanece sin definición y sin rango.

Así llegamos al final del s. XX con tan solo dos períodos admitidos formalmente para el Cenozoico: el Neógeno y el Paleógeno. La publicación de la Escala del Tiempo Geológico editada por la ICS (Grandstein et al., 2005), sirve de detonante para la movilización de todos los cuaternaristas. Tras estos últimos años de duro trabajo por parte de INQUA y la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario (SQS) de la ICS, tras diferentes votaciones en diferentes ámbitos, tras discusiones en foros tales como el XVIII Congreso Internacional de INQUA (Cairns, Australia, 2007) o el 33<sup>rd</sup> *International Geological Congress* (Oslo, 2008), desde el pasado día 29 de Junio de 2009, el Cuaternario es un Sistema/Período geológico que comienza hace 2,588 Ma.

### ¿Por qué 2,588 Ma?

La decisión de aceptar la sección de Vrica como GSSP (*Global Stratotype Section and Point*) del límite Plioceno – Pleistoceno fue muy controvertida y, como ya hemos dicho se evitó expresamente asimilarla al límite Neógeno-Cuaternario. Entre los diferentes criterios que se adujeron para situar el GSSP en dicha sección, con una edad de 1,8 Ma, figuraba la aparición del foraminífero *Hyalinea baltica*, y sobre todo del ostrácodo *Cytheropteron testudo* (ambos considerados huéspedes nórdicos). Esta fauna fría se ha utilizado como indicadora del deterioro climático que debía representar el inicio del Cuaternario, consecuencia de la instalación definitiva de los casquetes polares en el Hemisferio Norte. En realidad los primeros indicios de enfriamiento en el Mediterráneo, tienen lugar entre 2,8 y

2,5 Ma (Head et al., 2008 a) y los primeros huéspedes nórdicos se registran hace 2,5-2,7 Ma (*Neogloboquadrina atlantica*).

Además, a escala global, entre 2,8 y 2,4 Ma tienen lugar una serie de cambios progresivos y fundamentales en el sistema climático de la Tierra (Head et al., 2008), entre los que cabe destacar:

- Glaciación sincrónica en Groenlandia, Escandinavia y Norte América (2,7 Ma)
- Cierre definitivo del Istmo de Panamá (2,7 Ma)
- Cambio en el tipo de vegetación en Europa central, de subtropical a boreal (2,7 Ma)
- Expansión de los glaciares continentales (2,6 Ma)
- Inicio del depósito de las secuencias de loess en el Norte de China, por reforzamiento del monzón de invierno y debilitamiento del monzón de verano (2,6 Ma)
- Aparición del género *Homo* (2,6 – 2,45 Ma).
- Aparición de grandes rumiantes modernos en el Norte de Eurasia (2,6 Ma).

Como podemos ver los indicios de un mayor enfriamiento en el Hemisferio Norte son más abundantes y evidentes entre 2,5 y 2,7 Ma, por lo que parece más adecuado el establecer el inicio del Cuaternario en ese momento, sin olvidar que también coincide con la aparición del género *Homo* y la expansión de grandes rumiantes por el Norte de Eurasia. Todas estas consideraciones son las que han motivado que el límite inferior del Cuaternario se baje hasta hacerle coincidir con el límite inferior del Gelasense, establecido en 2,588 Ma.

## SUBDIVISIONES DEL CUATERNARIO

Si observamos la Tabla Estratigráfica Internacional (Figura 1), vemos que el tiempo geológico se divide según un sistema jerárquico en unidades Cronoestratigráficas (Eonotema, Eratema, Sistema, Serie, Piso) y su correspondiente unidad Geocronológica (Eón, Era, Período, Época, Edad). La base de cada uno de los pisos debe estar definida mediante un estratotipo (*Global Stratotype Section and Point*-GSSP), que viene marcado en dicha tabla mediante una chincheta amarilla.

Centrándonos en el Cuaternario, vemos que su base coincide con la base del Pleistoceno que a su vez coincide con la base del Gelasense, y se establece en 2,588 Ma.

El Período Cuaternario (Fig. 2) se subdivide en dos Épocas: Pleistoceno y Holoceno. En cuanto al Pleistoceno inferior, se subdivide a su vez en Gelasense y Calabriense, ambos con un GSSP aceptado y ratificado, que definen su límite inferior. El Pleistoceno medio (tentativamente denominado Ionienense) y el Pleistoceno superior todavía están sin definir, aunque este último está en vías de ser ratificado por la IUGS. Finalmente, el Holoceno constituye la serie/época más reciente del Cuaternario y también ha sido recientemente ratificado (Walker et al., 2009).

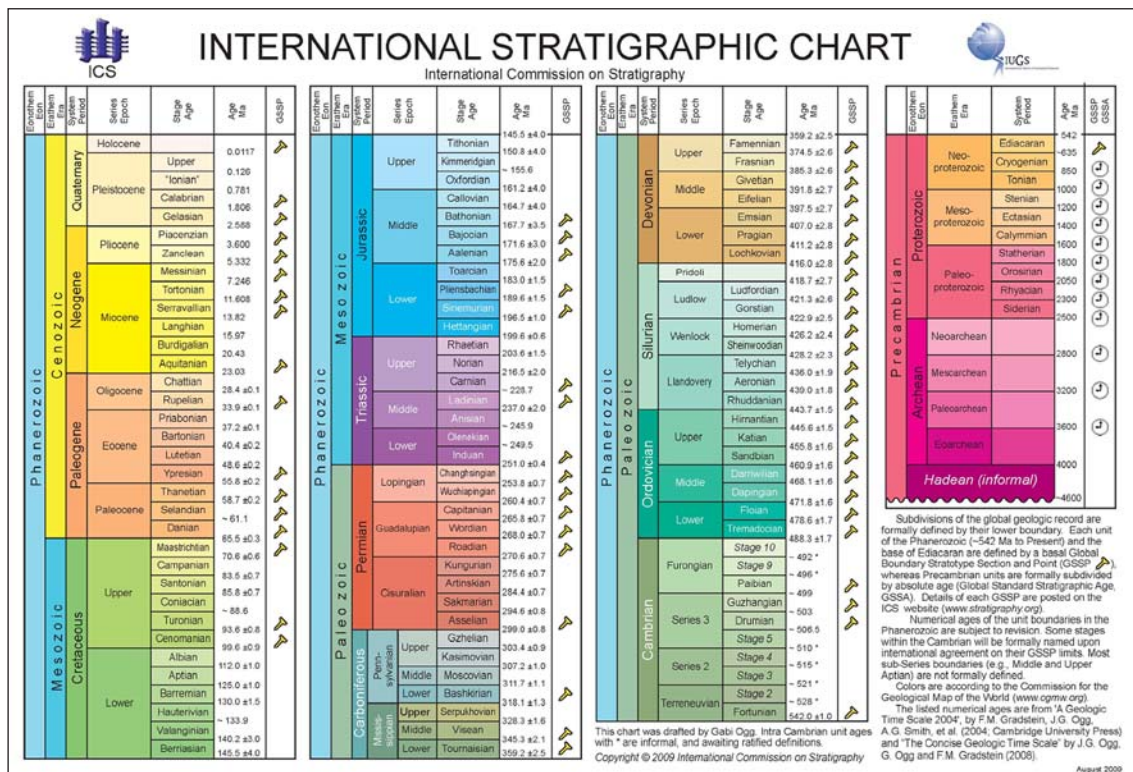


Fig. 1. Última versión de la Tabla Estratigráfica Internacional editada por la International Commission on Stratigraphy en Agosto, 2009. (Descargar en <http://www.stratigraphy.org/upload/ISChart2009.pdf>).

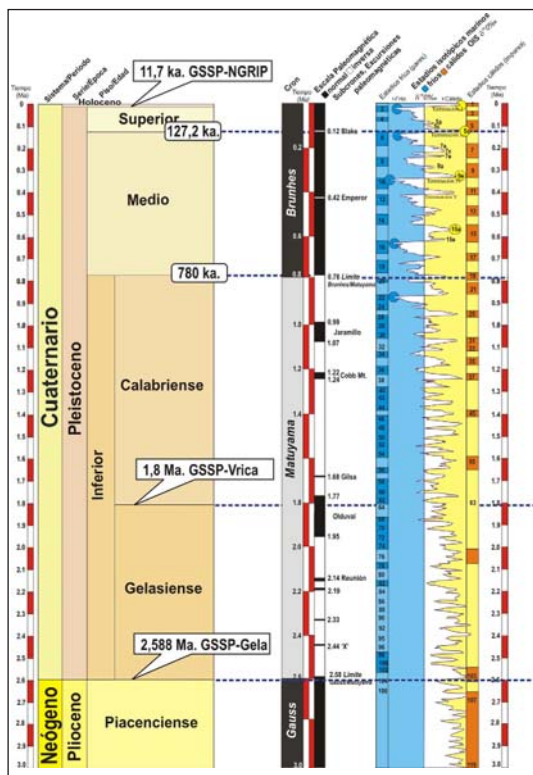


Fig. 2. Subdivisiones del Cuaternario con indicación de sus edades, GSSP y escalas de correlación (paleomagnética e isotópica), (mod. de Silva et al., 2009)

## Gelasienne

Inicialmente definido como el Piso/Edad más reciente del Plioceno (Rio et al., 1998), ha pasado a ser el más antiguo del Pleistoceno desde Junio de 2009.

En general en el Sur de Italia afloran potentes y continuas secuencias de sedimentos marinos profundos, de naturaleza margosa entre los que se intercalan rítmicamente capas más oscuras, ricas en materia orgánica desarrolladas en condiciones anóxicas, y a las que se denomina sapropoles. Estos sapropoles presentan una continuidad muy marcada en el Mediterráneo por lo que son muy útiles para datar y correlacionar, ya que han sido datados astronómicamente. Este tipo de datación se basa en el hecho de que las variaciones en los parámetros orbitales de la Tierra producen variaciones cíclicas de los valores de insolación recibidos. Estos ciclos, forzados astronómicamente, tienen un marcado efecto en el clima global y consecuentemente en los medios sedimentarios, que son capaces de registrarlos, por lo que mediante la comparación de los cambios sedimentarios cíclicos observados, con la Escala Cronológica Astronómica (*Astronomical Time Scale*, ATS; Hinnov y Ogg, 2007), se puede establecer la edad de la secuencia sedimentaria analizada, y de cada una de las capas que la componen con una resolución de hasta 0,02 Ma.

La base del Gelasienne se define en la base de la capa margosa que se superpone al sapropel 250, situada en la sección aflorante del Monte San Nicola,



Fig. 3. Localización del GSSP del Gelasiense. La flecha indica la situación de la capa de sapropel 250. (<http://stratigraphy.science.purdue.edu/gssp/>)

costa sur de Sicilia a unos 10km al N-NW de la localidad de Gela (Figura 3).

La edad astronómica de dicho sapropel es de 2,588 Ma. El límite paleomagnético Gauss/Matuyama se identifica fácilmente a 1m por debajo del GSSP. En cuanto a la microfauna, la última aparición de *Discoaster pentaradiatus*, que tiene lugar unos 80 ka por encima del límite, se produce de una manera prácticamente simultánea en latitudes medias y bajas.

Por lo tanto, el Cuaternario / Pleistoceno / Gelasiense, comienzan hace 2,588 Ma, coincide con el tránsito entre las Épocas Gauss y Matuyama dentro de la escala paleomagnética y con el inicio del OIS 103 (*Oxigene Isotopic Stage*)<sup>1</sup>.

### Calabriense

La base del Pleistoceno fue definida inicialmente por Aguirre y Pasini (1985) en la sección de Vrica (Fig. 4), correspondiéndole una edad de 1,8 Ma. Al bajarse el límite inferior del Pleistoceno hasta hacerle coincidir con la base del Gelasiense (2,588 Ma), esta sección ha pasado a ser el GSSP para la base del segundo piso del Pleistoceno, denominado Calabriense.

Este GSSP se define en la sección de Vrica, a unos 2 km al Sur de Crotona en Calabria. La secuencia sedimentaria es muy similar a la descrita para el Gelasiense: más de 300 m de sedimentos marinos profundos de naturaleza margosa, entre los que se intercalan capas de sapropel. El límite Gelasiense – Calabriense, se localiza en la base de las margas que se superponen a una capa más rica en materia orgánica denominada sapropel “e”,<sup>2</sup> (Fig. 4).

Paleomagnéticamente se sitúa 3-6m por encima del techo del evento de polaridad normal Olduvai, y dentro de la escala isotópica se correlaciona con el inicio del OIS 63. La edad fue calibrada astronómicamente (Lourens et al., 2005) fijándose en 1,806 Ma.

(1) Los OIS son períodos alternantes fríos (numeración par) y cálidos (numeración impar), que se suceden en la evolución paleoclimática de la Tierra, y que se registran mediante un contenido diferente en los isótopos estables del Oxígeno presentes en los carbonatos de organismos fósiles. Estas variaciones isotópicas reflejan cambios en la temperatura del agua en la que se desarrollaron dichos organismos.

(2) Los sapropeles son capas de elevado contenido en materia que se desarrollan en el Mediterráneo bajo condiciones anóxicas, y cuya gran continuidad lateral les hace un inmejorable elemento de correlación y datación al estar calibrados astronómicamente. Su desarrollo parece coincidir con épocas de mayor pluviosidad en la cuenca mediterránea.



Fig. 4. Sección de Vrica, GSSP del Calabriense. La flecha indica la situación de la capa de sapropel e. (<http://stratigraphy.science.purdue.edu/gssp/>)

### Pleistoceno medio

El GSSP del Pleistoceno medio está todavía sin decidir, de hecho hay varias secuencias candidatas para ello: la sección de Montalbano Jonico (Basilicata, Sur de Italia), la sección del Valle di Manche (Crotona, Calabria, Sur de Italia), y la sección de Chiba (Sudeste de Japón).

En el tránsito Pleistoceno inferior a Pleistoceno medio tienen lugar una serie de cambios importantes en la Tierra (Head et al., 2008 b), fundamentalmente cambios climáticos, entre los que podemos resaltar: (1) Se pasa de unos ciclos climáticos de baja amplitud dominados por los ciclos de oblicuidad orbital (ciclos de 41 ka) a unas fluctuaciones de mayor amplitud y casi periódicas de 100 ka (Figura 5); (2) entre 1,25 Ma y 0,7 Ma tiene lugar un aumento progresivo en el volumen total de hielo; (3) se intensifica el depósito de loess en el norte de Eurasia; (4) aparece el *Homo antecesor*; el ser humano comienza a controlar el fuego.

Actualmente está totalmente asumido que el límite Pleistoceno inferior-medio, coincide con el límite entre las épocas paleomagnéticas Matuyama – Brunhes, momento en que tiene lugar una importante glaciación, y cuyo final coincide con el inicio del OIS 19, hace unos 780 ka (Fig. 2).

### Pleistoceno superior

El GSSP para la base del Pleistoceno superior está también sin definir oficialmente aunque en este caso hay una propuesta en firme aceptada por la ICS, pero que todavía debe ser ratificada por la IUGS.

El Pleistoceno superior comienza tras la penúltima gran glaciación, es decir coincidiendo con el inicio del Último Período Interglaciario, que en la escala isotópica corresponde al OIS 5, hace 127,2 ka. En Europa central y septentrional, el fin de la glaciación viene marcado por un cambio en el tipo de

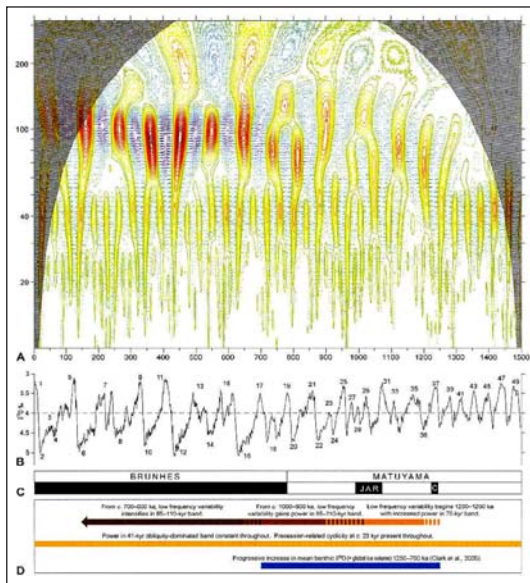


Fig. 5. A. Espectro de ondas de la curva isotópica para el intervalo 0-1500 ka; B. Curva isotópica de  $\delta^{18}O$ ; C. Escala paleomagnética (JAR= Jaramillo; C= Cobb Mountain Event). D. Principales transiciones mostradas por el espectro de ondas de la curva isotópica (Tomada de Head et al., 2008 a).

vegetación, produciéndose una rápida expansión de *Betula* (abedules), (Fig. 6). Este cambio parece tener lugar de una forma sincrónica en todas las sec-

ciones estudiadas (Turner, 2000) y se interpreta como el inicio de una importante mejora climática, en la que los abedules empiezan a formar masas boscosas como respuesta a una mayor radiación solar y a la influencia de corrientes cálidas en el Atlántico Norte. Este período detectado mediante análisis polínicos en toda Europa se ha llamado Eemense.

Como GSSP de la base del Pleistoceno superior se ha propuesto un sondeo de alta resolución efectuado en la Estación Terminal de Amsterdam (Litt y Gibbard, 2008). Este sondeo contiene un registro climático de alta resolución del límite entre el Pleistoceno medio y superior, con diferentes indicadores tanto bióticos como abióticos que marcan el inicio de esa mejora climática correspondiente al Último Interglacial.

### Holoceno

El Holoceno es la Época más reciente del Cuaternario, y es el intervalo de tiempo más reciente de la historia de la Tierra, que se extiende hasta la actualidad. Comienza hace 11.700 años (antes del AD2000) y viene marcado por los primeros indicios de calentamiento al final del evento frío Younger Dryas, coincidiendo con el inicio del OIS1 dentro de la escala isotópica.

Como GSSP para la base del Holoceno, se ha aceptado el sondeo de hielo NorthGRIP efectuado en Groenlandia (Walker et al., 2009) que, con una profundidad de 3085m, constituye el más profundo de cuantos se han efectuado allí, alcanzando una edad de 123 ka en su base.

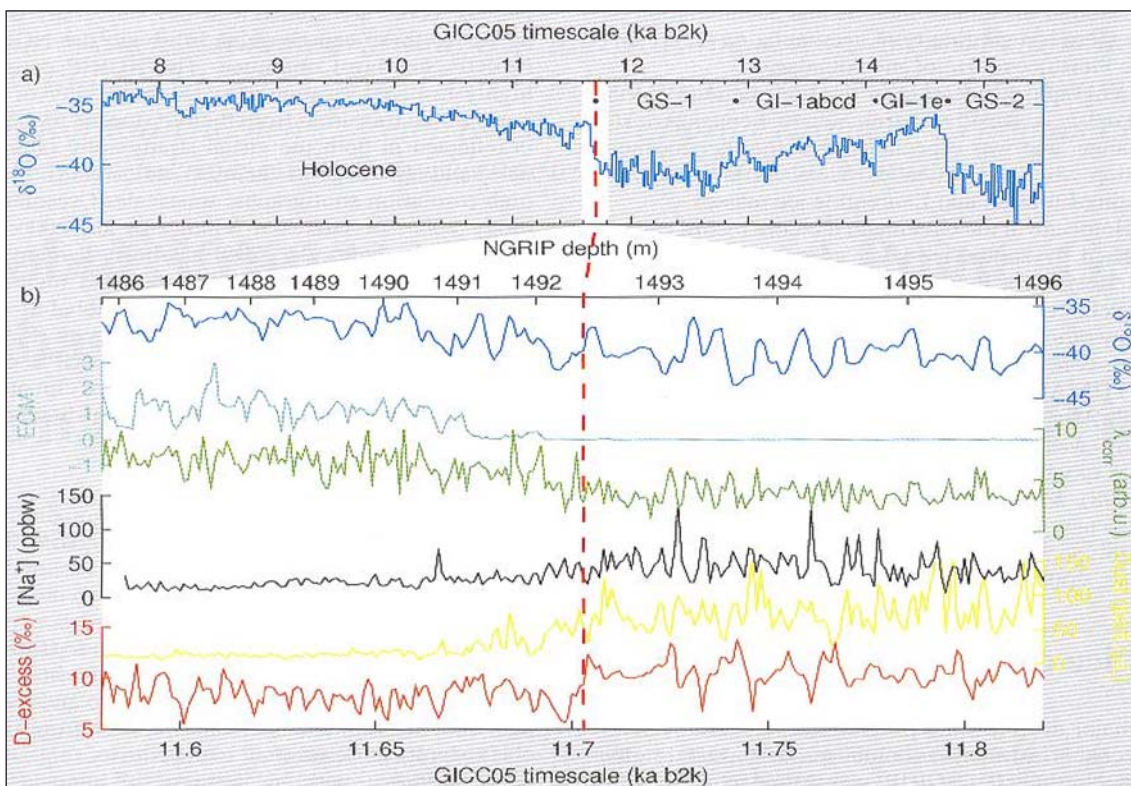


Fig. 6. a) Tránsito Pleistoceno superior- Holoceno en el registro del  $\delta^{18}O$  del sondeo NGRIP; b) Registro multiparámetro a lo largo del límite Pleistoceno - Holoceno:  $\delta^{18}O$ , Conductividad eléctrica (ECM); espesor anual de las capas de hielo; concentración de  $Na^+$ ; contenido en polvo; exceso de Deuterio.

Debido a su situación geográfica, en latitudes altas del Atlántico Norte, Groenlandia constituye un lugar excepcional para el registro de los cambios climáticos en el Hemisferio Norte. La acumulación anual de hielo, y su conservación hacen así mismo que sea excepcional el registro de este cambio climático ocurrido tras la última glaciación, que queda reflejado en multitud de parámetros físicos y químicos.

En la Figura 6 se incluyen algunos de estos parámetros, entre los que cabe destacar el exceso de Deuterio,  $\%^{18}\text{O}$  y contenido en polvo. A una profundidad de 1492,45m se produce un descenso en los valores de exceso de Deuterio de 2-3%, lo que corresponde con una disminución de la temperatura del agua superficial del mar de 2-4°C, tal y como cabría esperar tras una llegada de agua helada procedente de la fusión de los casquetes polares. Se observa también cómo el  $\%^{18}\text{O}$  cambia de tener valores típicamente glaciares a interglaciares; y hay una reducción muy marcada en el contenido en polvo, lo que refleja una reducción del flujo de polvo procedente de Asia.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos CGL2008-3998, CGL2008-04000 y GRACCIE-CSD-2007-00067. Así mismo es una contribución al IGCP495 (Quaternary Land Ocean Interactions: Driving Mechanisms and Coastal Responses); al Proyecto 0911-INQUA-CMP (Decoding the Last Interglacial in Western Mediterranean).

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, E. y Pasini, G. (1985). The Pliocene - Pleistocene Boundary. *Episodes*, 8(2), 116 - 120.
- Bronn, H.G. (1838). Lethacea geognostica, oder Abbildungen und Beschreibungen der für die Gebirgs-Formationen bezeichnendsten Vertseinerungen. *Zweiter Band: das Kreide und Molasse-Gebirge enthaltend*, 545-1157. Stuttgart, E. Schweizerbart's Verlag (En Van Couvering, 1997).
- Desnoyers, J. (1829). Observations sur un ensemble de dépôts marines. *Annales des Sciences naturelles* (Paris), 16, 171-214, 402-491.
- Gignoux, M. (1913). Les formations marines pliocenes et quaternaires de l'Italie du sud et de la Sicile. *Annales de l'Université de Lyon*, 1 (36), 1-633.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G. y Smith, A.G. (Eds.) (2005). *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, 610 pp.
- Head, M.J., Gibbard, P. y Salvador, A. (2008 a). The Quaternary: its character and definition. *Episodes*, 31(2), 234-238.
- Head, M.J., Pillans, B. y Farquhar, S.A. (2008 b). The Early-Middle Pleistocene Transition: characterization and proposed guide for defining boundary. *Episodes*, 31(2), 255-259.

Hinnov, L.A. y Ogg, J.G. (2007). Cyclostratigraphy and the Astronomical Time Scale. *Stratigraphy*, 4 (2-3), 239-251.

Hörnes, M. (1853). Mittheilungen an Professor Bronn gerichte t: Wien, 3. Okt., 1853. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Geognosie und Petrefakten-Kunde*, 806-810.

Litt, T. y Gibbard, P. (2008). A proposed Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Upper (Late) Pleistocene Subseries (Quaternary System/Period). *Episodes*, 31(2), 260-263.

Lourens, L., Hilgen, F., Shackleton, N.J., Laskar, J. y Wilson, D. (2005). The Neogene Period: En: (Gradstein, Ogg y Smith Eds.) *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge University Press, Cambridge, 409-440.

Lyell, C. 1839. *Nouveaux éléments de Géologie*. Paris: Pitois-Levrault, 648pp.

Reguant, S. y Brusi, D. (2003). El procedimiento estratigráfico. La memoria estratigráfica y su extensión desde el marco local al nivel global. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 11.2. 101-116

Rio, D., Sprovieri, R., Castradori, D. y Di Stefano, E. (1998). The Gelasian Stage (Upper Pliocene): A new unit of the Global Standard Chronostratigraphic Scale. *Episodes*, 91, 82-87.

Silva, P.G., Zazo, C., Bardají, T., Baena, J., Lario, J., Rosas, A. y van der Made, J. (2009). Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica. VII Reunión del Cuaternario Ibérico, Faro (Portugal). Libro de Resumos, 259-263 (Tabla disponible en la página web de AEQUA).

Turner, C. (2000). The Eemian interglacial in the North European plain and adjacent areas. *Geologie en Mijnbouw*, 79 (2/3), 217-231.

Van Couvering, J.A. (1997). Preface: the new Pleistocene. En: (Van Couvering Ed.) *The Pleistocene Boundary and the Beginning of the Quaternary*. Cambridge University Press, xi-xvii.

Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J.P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L.C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D.J., Nakagawa, T., Newnham, R. y Schwander, J. (2009). Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science* 24(1) 3-17.

## Webs de interés:

- AEQUA. <http://www.aequa.es>  
 ICS. <http://www.stratigraphy.org/>  
 IUGS. <http://www.iugs.org/>  
 SQS. <http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk> ■

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 21/07/09 y aceptado definitivamente para su publicación el: 14/10/09*