



Tabla cronoestratigráfica del Cuaternario de la península ibérica (v 3.0): Nuevos datos estratigráficos, paleontológicos y arqueológicos

*Chronostratigraphic chart for the Quaternary of the Iberian Peninsula (v 3.0):
New stratigraphic, palaeontologic, and archeologic data*

Silva, P.G. ⁽¹⁾; Bardají, T. ⁽²⁾; Baena-Preysler, J. ⁽³⁾; Giner-Robles, J.L.
⁽⁴⁾; Van der Made, J. ⁽⁵⁾; Zazo, C. ⁽⁶⁾ Rosas, A. ⁽⁵⁾; Lario, J. ⁽⁷⁾

(1) Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior Ávila, Ávila, España. pgsilva@usal.es

(2) U.D. Geología. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), España. teresa.bardaji@uah.es

(3) Depto. Prehistoria y Arqueología. Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid. javier.baenal@uam.es

(4) Dpto. Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid. jorge.giner@uam.es

(5) Dpto. Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.

jvdm538@mncn.csic.es ; arosas@mncn.csic.es

(6) Dpto. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid. mcnzc65@nncn.csic.cs

(7) Dpto. Ciencias Analíticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Madrid. Javier.Lario@ccia.uned.es

Resumen

La tercera edición de la Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la península ibérica (v 3.0) sustituye a las versiones más antiguas editadas en 2007 (v 1.0) y 2009 (v 2.0). Desde esta fecha la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS), y más concretamente la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario (SQS), ha estado trabajando tanto en la definición del Periodo Cuaternario como en sus subdivisiones, aportando nuevos GSSP (Global Stratotype Section and Points) para los mismos. La nueva tabla incluye los GSSPs recientemente aprobados para la subdivisión de la Serie Holocena (Groenlandiense, Norgripiense y Meghalayense), así como el nuevo piso Chibaniense (774,1 - 128,0 ka) ratificado por la IUGS a principios del 2020, que sustituye al Pleistoceno medio. Esta versión 3.0 también incluye todas las modificaciones y correcciones que han surgido desde entonces, incluyendo la actualización de datos, fechas y dataciones para los yacimientos paleontológicos y/o arqueológicos más representativos de la península. Asimismo, se ha revisado la extensión de los diferentes periodos climáticos considerados para Europa central y Alpes ajustándose a las biozonas de mamíferos y las faunas asociadas. La extensión de estas últimas ha de entenderse referida a Europa central y meridional no solo a la península ibérica. En la distribución temporal de periodos de la prehistoria y complejos tecno-culturales asociados se diferencia entre el continente africano y europeo. De la misma forma



la sucesión de especies de homínidos se centra también en estos dos continentes. Esta revisión ofrece una lista de referencias actualizada, así como una versión digital interactiva que se implementará próximamente.

Palabras clave: Cuaternario; Cronoestratigrafía; Fauna; Prehistoria; Yacimientos; península ibérica.

Abstract

The third edition of the Chronostratigraphic Chart for the Quaternary of the Iberian Peninsula (v 3.0) substitutes the older 2007 and 2009 versions. The International Commission on Stratigraphy (ICS), and more specifically the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (SQS), has been working since 2009 both in the formal definition of the Quaternary status and its subdivisions, based on formally approved GSSP's (Global Stratotype Section and Points). This new Chart includes the recently approved GSSPs for the subdivisions of the Holocene epoch (Greenlandian, Northgrippian and Meghalayan stages) and the Chibanian stage, that replaces the former Middle Pleistocene (774,1 - 128,0 ka) ratified by the IUGS in the year 2020. This 3.0 chart also includes all the modifications and corrections that have arisen since then, including the updating of data and dates for the most representative paleontological and/or archaeological sites of Spain. Likewise, the extension of the different climatic periods considered for Central Europe and the Alps has been revised and adjusted to updated mammal biozones and associated faunas. The extension of these faunas is referred to central and southern Europe and not only to the Iberian Peninsula. In the temporal distribution of prehistoric periods and associated techno-cultural complexes, a distinction is made between the African and European continents. In the same way, the succession of hominin species is also focused on these two continents. This revision contains an updated reference list and an interactive digital version to be consulted from electronic devices (Computers, tablets, mobile phones, etc.).

Key words: Quaternary; Chronostratigraphy; Fauna; Prehistory; Archaeological sites; Iberian Peninsula.

1. Introducción

La Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la península ibérica se elaboró inicialmente como parte de las actividades organizadas por AEQUA, en torno a la celebración del Año Internacional del Planeta Tierra (2008). Posteriormente, tras la ratificación del nuevo GSSP para la base del Periodo Cuaternario en 2,588 Ma y la incorporación del Gelasiense (antiguo piso Plioceno) al Pleistoceno inferior (Walker *et al.*, 2009), se procedió a su reedición (v 2.0) durante la celebración de la VII Reunión de Cuaternario Ibérico en Faro, Portugal (Silva *et al.*, 2009). La versión 3.0 no solo incluye todas las modificaciones que han ido surgiendo, sino que también se ha actualizado la escala geocronológica incluyendo los nuevos límites cronoestratigráficos y correspondientes GSSPs para el Holoceno y el Pleistoceno medio oficialmente ratificados por la ICS (International Commission on Stratigraphy) recientemente.

La Tabla incluye dos tipos de datos. En primer lugar, se introducen las subdivisiones formales, cronoestratigráficas/geocronológicas, así como diferentes escalas (escala paleomagnética, escala isotópica del oxígeno $\delta^{18}\text{O}$, curvas insolación) internacionalmente reconocidas y las biozonaciones marinas y continentales tradicionalmente admitidas y utilizadas en nuestro territorio. En segundo lugar, se han introducido todos aquellos datos concretos de yacimientos localizados en la península ibérica (parte española), relacionados con la evolución faunística y humana, que pueden ser ubicados cronológicamente dentro de esta escala y tengan un especial significado, resaltando que muchos de ellos han sido declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. En tercer lugar, se introducen los códigos de colores (RGB y CMYK) asignados internacionalmente al periodo Cuaternario y sus series y nuevos pisos en las tablas cronoestratigráficas y cartografías geológicas

internacionales promovidas por la ICS (e.g. Cohen *et al.*, 2013). Estos códigos de colores se comparan con las escalas de grises que se utilizan en la cartografía geológica oficial de nuestro país (Plan MAGNA), discutiéndose su representación y/o representatividad en nuestro territorio. En cuarto lugar, se ha desarrollado una versión digital interactiva para su implementación en dispositivos electrónicos móviles (tablets, smartphones, etc.) que se irá poniendo a disposición del público de forma gratuita a lo largo del año 2021. Aunque la nueva versión de la tabla se ha incluido en el presente volumen, su resolución gráfica no es óptima, pero podrá descargarse libremente desde la web oficial de AEQUA (www.aequa.es), donde también están disponibles las dos versiones anteriores. Dada la naturaleza del trabajo, la nueva tabla cronoestratigráfica estará sujeta a futuras actualizaciones según se vayan ratificando los GSSP pendientes, se adopten otros nuevos (p.ej. Antropoceno, en su caso) y vaya aumentando la información paleontológica y arqueológica en nuestro territorio. La nueva versión de la tabla se presentó oficialmente durante el primer “1^{er} Simposio de Cuaternario Ibérico”, que tuvo lugar dentro del marco del X Congreso Geológico de España durante el mes de julio de 2021 en Vitoria (Euskadi). De forma complementaria, el presente artículo presenta información resumida y actualizada sobre, eventos, yacimientos y faunas más representativos en nuestro territorio para los pisos del Pleistoceno y Holoceno.

2. El comienzo del Periodo Cuaternario: Pleistoceno inferior (Gelasense y Calabriense)

Tras algo más de dos décadas del establecimiento del inicio del Cuaternario en el GSSP de Vrica, (Sicilia, Italia) en 1,8 Ma (Aguirre y Passini, 1985), en el año 2009 la IUGS relocaliza el límite Neógeno-Cuaternario en 2,58 Ma coincidiendo con la base del piso Gelasense, antiguamente considerado como el piso más alto del Plioceno (Gibbard y Head, 2010). La propuesta aprobada por la IUGS, elaborada por la Subcomisión de Estratigrafía del Cua-

ternario (SQS) de la ICS y apoyada desde INQUA (International Union for Quaternary Research), se apoyaba en la publicación de Ogg y Pillans (2008) que resaltaba los siguientes puntos para la nueva posición del límite:

- (a) La base del Sistema/Período Cuaternario debe coincidir con los primeros indicios de glaciaciones en el hemisferio norte, esto es a los 2,58 Ma, (MIS 103). Por tanto, el límite Neógeno-Cuaternario debe coincidir con el GSSP de la base del Gelasense (que hasta el año 2009 constituía el piso más alto de la serie pliocena).
- (b) La base del Pleistoceno debe coincidir con la base del Cuaternario (es decir con el GSSP del Gelasense).
- (c) El GSSP de Vrica (1,8 Ma), que anteriormente definía la base del Pleistoceno y del Cuaternario, se mantiene como la base del Calabriense, que constituiría el segundo piso (tras el Gelasense) de la serie Pleistocena.

Partiendo de estas premisas, el antiguo Pleistoceno inferior queda reemplazado y subdividido por los nuevos pisos “Gelasense” y “Calabriense” (Fig. 1). Los datos genéricos sobre todos los GSSPs de la Serie Pleistocena quedan resumidos en la Tabla 1.

2.1. Piso Gelasense (*Gelasian*)

El GSSP correspondiente al Monte San Nicola se sitúa en la base del estrato margoso que recubre un importante nivel de sapropel conocido como el “Estrato Nicola”. Este estrato corresponde al “Precession-Related Sapropel 250” del Mediterráneo (MPRS 250), cuyo punto medio tiene una edad astrocronológica de 2,588 Ma (Rio *et al.*, 1998). El GSSP se sitúa en la parte superior del “Estrato Nicola”, y asumiendo que este sapropel representa una duración de 7-10 ka, y está completamente conservado en esta localidad sin procesos de combustión que lo degraden, la edad del GSSP sería por lo tanto unos 3,5-5,0 ka más joven que la edad del punto medio, que redondean-

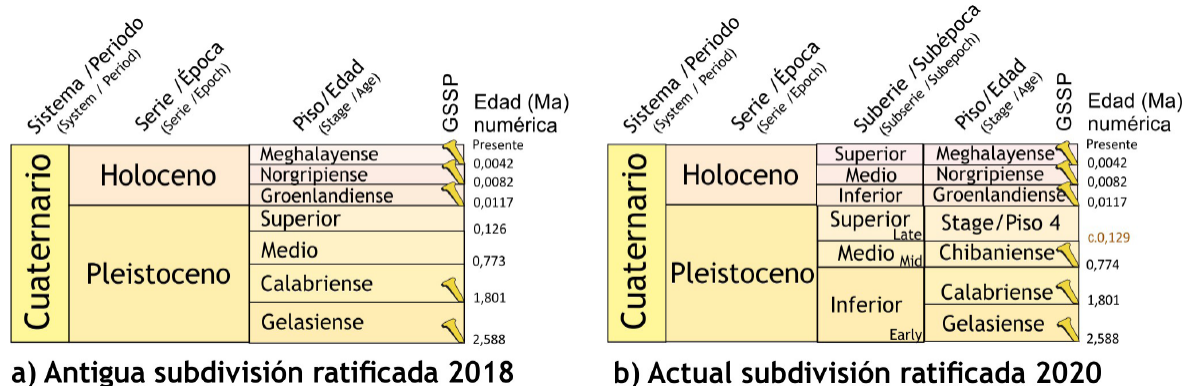


Figura 1. Intervalo del Cuaternario en la tabla cronoestratigráfica Internacional del ICS mostrando: a) la subdivisión estratigráfica hasta mayo de 2019, y b) el esquema actualmente ratificado. La edad anterior para la base del Pleistoceno medio (0,773 Ma) se basa en la del límite Matuyama-Brunhes mientras que su edad actual (0,774 Ma) es la del GSSP de Chiba que se produce antes, 1,1 m por debajo de este límite. La edad provisional actual para la base del Pleistoceno superior (ca. 0,129 Ma) refleja un fuerte aumento de las temperaturas justo antes del máximo calentamiento durante el Último Interglacial (Head, 2019) aunque no está ratificado. Consultar tabla 2 para el código de colores. Traducido y Modificado de Head *et al.* (2021).

Figure 1. Quaternary interval of the ICS International Chronostratigraphic Chart showing: a) the scheme as of May, 2019, and b) the now ratified scheme. The previous age for the base of the Middle Pleistocene (0.773 Ma) is based on that of the Matuyama-Brunhes boundary whereas its current age (0.774 Ma) is that of the Chiba GSSP which occurs before, 1.1 m below this boundary. The current provisional age for the base of the Upper Pleistocene (ca. 0.129 Ma) reflects a sharp rise in temperatures just before peak warming during the Last Interglacial (Head, 2019), but still not ratified. See Table 2 and text for colour coding. Translated and modified from Head *et al.* (2021)

do ofrece una edad de 2,588 Ma que es la aceptada actualmente (Gibbard y Head, 2010).

Actualmente no se dispone de un registro isotópico de foraminíferos para la sección de San Nicola, pero la abundancia relativa del foraminífero planctónico *Globigerinoides ruber* se utiliza aquí como sustituto de la estratigrafía isotópica marina, situando el nivel correspondiente al GSSP dentro del Estadio isotópico marino MIS 103 (Rio *et al.*, 1998). La posición y el nivel preciso del GSSP no se pueden establecerse en función de los datos aportados por estos autores, pero como el GSSP se sitúa a techo del nivel de sapropel MPRS 250, y dado que los puntos medios de los niveles de sapropel mediterráneos se retrasan alrededor de unos tres mil años con respecto a los máximos de insolación (Head *et al.*, 2021), el GSSP debería ocurrir dentro de la parte anterior o media del MIS 103. Teóricamente este GSSP se sitúa aproximadamente en el límite Gauss-Matuyama, aunque la posición de esta inversión es todavía desconocida en Monte San Nicola (Head, 2019). Los datos aportados por

estos autores claramente indican una significativa falta de datos paleomagnéticos e isotópicos en el posicionamiento de este GSSP, con una indeterminación de entre 3 y 5 ka en la edad precisa del GSSP de la base del Gelasiense y, por ende, de la del Período Cuaternario.

El Gelasiense tiene una duración de 782 ka que representa aproximadamente el 35% del Período Cuaternario (Silva *et al.*, 2017a). Los datos sobre este periodo en la península ibérica son escasos y a grandes rasgos puede decirse que su inicio coincidiría con el comienzo de la disección fluvial de las grandes cuencas neógenas de la península e instalación de los grandes valles de la vertiente atlántica (Silva *et al.* 2017b), datándose los primeros niveles de terraza mediante cosmogénicos (^{10}Be - ^{26}Al) en torno a los 2,42-2,36 Ma (Karampaglidis *et al.*, 2020), esto es nada más dar comienzo el Cuaternario. No obstante, en la península no existen datos geocronológicos fiables para este piso inferior del Pleistoceno y las atribuciones de yacimientos a esta edad son fundamentalmente bioestratigráficas (microma-

míferos) apoyadas en la mayor parte de los casos por secuencias paleomagnéticas. Los materiales geológicos pertenecientes a este piso corresponden aproximadamente con las grandes unidades etiquetadas como “plio-pleistoceno” en los mapas geológicos de la serie Magna, estando en la actualidad mal definidos cartográficamente. En su gran mayoría corresponden a grandes depósitos de piedemonte de tipo raña, así como a las primeras terrazas fluviales de los valles del Tajo, Duero y Guadalquivir (Silva *et al.*, 2017a). La excepción a estas situaciones lo constituyen los grandes rellenos fluvio-lacustres de las cuencas de Cullar, Baza y Guadix (Granada) en la Cordillera Bética donde se encuentran los yacimientos de Fonelas, en la actual cuenca del río Frades, con cronología que oscilan entre los 2,3-2,5 y los 1,8 Ma (Arribas, 2008). Fonelas, junto con los yacimientos de Puebla de Valverde (Teruel) y Villarroya (La Rioja) son de los yacimientos de vertebrados más importantes en el Sur de Europa para este periodo y los más antiguos de la península ibérica. En general, estos yacimientos poseen ejemplares de las últimas faunas pliocenas (*Hipparion*, *Anancus*, etc.) y las primeras faunas inmigrantes pleistocenas, como *Mamuthus meridionalis*, *Equus*, canidos, rinocerontes, hienas y diferentes tipos de felinos de pequeñas y grandes dimensiones (Arribas *et al.*, 2009; Mazo y Van der Made, 2012). La datación de estos yacimientos se ha realizado mediante series paleomagnéticas y sus niveles más modernos se sitúan en el subchron magnético normal de Olduvai (1,94-1,77 Ma) ya en tránsito hacia el Calabriense (Hilgen *et al.*, 2012).

Por su importancia dentro de los yacimientos de vertebrados del Plioceno y Pleistoceno peninsular el yacimiento de “Fonelas P-1” está declarado como “Lugar de interés geológico internacional” (Geosite) por el IGME bajo la denominación de VP014: Fonelas P-1 (Arribas, 2008). Por su parte, el yacimiento de Villarroya es el yacimiento cuaternario de mayor edad en la península ibérica, presenta una amplia diversidad de rumiantes y carnívoros, así como uno de los últimos representantes europeos del équido *Hipparion* (Alberdi *et al.*,

2016). La localidad fósil clásica con restos de *Hipparion* se correlaciona en el subchron Reunión I (2,19-2,44 Ma.) por encima del límite Gauss/Matuyama en la sección magneto-estratigráfica (Pueyo *et al.*, 2016) situándolo en la biozona de mamíferos MN17. Sin embargo, el contenido fósil del yacimiento paleontológico lo sitúa claramente en la biozona MN16 justo por debajo del límite Plio-Pleistoceno, sugiriendo una edad algo más antigua (Alberdi *et al.*, 2016). Estas cronologías son las que se asignaban genéricamente al “Plio-Pleistoceno” o al “Villafraniense”. Este último, es un término ya obsoleto, aunque relativamente común en la literatura bioestratigráfica continental europea en general y española en particular. Desafortunadamente, muchas veces se ha utilizado de forma errónea, asignando al “Villafraniense” el rol de piso estratigráfico continental, malinterpretando totalmente su entidad como simple unidad biocronológica (Rook y Martínez-Navarro, 2010). Estos autores indican que esta etapa se prolongó entre 3,5 y 1,1 M.a., abarcando el final del MN16 y todo el MN17.

En lo que respecta a los depósitos marinos y litorales tenemos un panorama similar, donde las series pliocenas y pleistocenas han sido caracterizadas mediante microfau-na y paleomagnetismo en distintos sectores, fundamentalmente en el litoral mediterráneo (Bardají *et al.*, 1997; Guerra-Merchán *et al.*, 2019). A nivel global, el Gelasiense se caracteriza por un enfriamiento progresivo, la diversificación de homínidos de los géneros *Australopithecus* y *Paranthropus* en África, así como la aparición de los primeros representantes del género *Homo* (*Homo habilis* y *Homo rudolfensis*), aunque algunos autores los incluyen dentro del género *Australopithecus* (Collard y Wood, 2007). Con ellos también aparece la primera industria lítica Olduvayense (modo técnico 1), siendo los yacimientos estrella los que se sitúan en la garganta de Olduvai en África Oriental con cronologías en torno a los 2,3-2,0 Ma. Poco antes de concluir este primer piso del Cuaternario tuvo lugar la extinción final del género *Australopithecus* en África. En Espa-

ña no existe registro lítico o paleontológico humano atribuible al Gelasiense.

2.2. Pleistoceno inferior: Piso Calabriense (Calabrian)

La base del Calabriense se establece en 1,8 Ma en el GSSP de la Sección Tipo de Vrica (Calabria, Italia), coincidiendo con el antiguo límite Plio-Pleistoceno definido por Aguirre y Pasini (1985) vigente hasta el año 2009 (Silva *et al.*, 2009). Posteriormente, en 2011 es adoptado y ratificado por la IUGS como GSSP de la base del Calabriense (Cita *et al.*, 2012). El límite Gelasiense-Calabriense se sitúa prácticamente al final del subchron paleomagnético de polaridad normal de Olduvai (C2n), encontrándose c. 8 m por debajo del techo de tal significativa inversión magnética en Vrica (Cita *et al.*, 2012). En detalle, el GSSP del Calabriense se sitúa en la base de un nivel guía de arcilla “*bed e*” suprayacente al nivel de Sapropel Mediterráneo MPRS 176 con una edad astronómica de 1,806 Ma coincidente con el tránsito de los estadios isotópicos marinos MIS 65 - MIS 64 (Cita *et al.*, 2012). Este nivel se caracteriza por la entrada de fauna fría de origen ártico en el Mediterráneo, incluyendo el foraminífero bentónico *Hyalinea balthica* y el molusco *Artica islandica* (Aguirre y Pasini, 1985), los cuales se utilizan como los marcadores secundarios. Estos marcadores incluyen bioeventos de plancton calcáreo de taxones ampliamente distribuidos. El límite cae entre la mayor presencia de *Discoaster brouweri* (abajo) y la ocurrencia más baja de la *Neogloboquadrina pachyderma* patrón de enrollamiento siniestro (arriba), y por debajo de las ocurrencias más bajas de *Gephyrocapsa oceanica* y *Globigerinoides tenellus* (Cita *et al.*, 2012). Estos criterios, fácilmente identificables en sondeos oceánicos, series litorales y marinas emergidas, son de nula aplicación en series continentales. En estas últimas los datos paleomagnéticos, biozonas de mamíferos (p.ej. zonas MQ de Agustí *et al.*, 2001) y más recientemente dataciones por cosmogénicos, ESR o K/Ar (materiales volcánicos) son de mayor utilidad. De forma orientativa

la base del Calabriense prácticamente coincide con el tránsito entre las biozonas MQ1 y MQ2 establecida en c. 1,78 Ma por Agustí *et al.* (2001).

El Calabriense posee una duración de algo más de 1 Ma, culminando aproximadamente en la inversión Matuyama/Brunhes donde se ha localizado el GSSP para el Chibaniense (Pleistoceno Medio; Suganuma *et al.*, 2018). El comienzo del Calabriense se caracteriza por la aparición en África Oriental del género *Homo ergaster* u *Homo erectus*, que recientes determinaciones paleomagnéticas y radiométricas (K/Ar) en el yacimiento de Koobi Fora (Tanzania) sitúan su aparición en el tramo final del subchron magnético normal de Olduvai en aproximadamente 1,7 Ma (Lepre y Kent, 2010). Estos, representados por los restos craneales (KNM-ER 2598 y KNM-ER 3732), constituyen la primera evidencia fósil de “*homininos de gran envergadura*” en el registro geológico a nivel mundial. Casi inmediatamente, entre 1,6 y 1,5 Ma, aparece el Modo técnico 2 (Achelense) en África, así como las primeras evidencias de fuego controlado en Koobi Fora (Hlubik *et al.*, 2019). Entre 1,4 - 1,2 Ma se registran las primeras migraciones humanas hacia Europa (*H. erectus*) coincidiendo con el comienzo de un cambio faunístico importante y la llegada de bisontes y *Equus altidens*, indicando un paisaje más abierto. Aunque existen migraciones de fauna africana hacia Europa desde hace unos 2,0 - 1,8 Ma (i.e. *Elephas antiquus*, *Hippopotamus*, *Panthera*), es durante el final del Calabriense cuando se diversifican en este territorio (Van der Made *et al.*, 2017a). En estas fechas también se registra la desaparición de mamíferos típicamente Gelasienses de las biozonas MQ1 y MQ2 como por ejemplo *Equus stenonis* y *Leptobos*. En la península ibérica se registran los primeros restos de homínidos fósiles en los yacimientos de la cuenca de Guadix-Baza, siendo característicos los yacimientos de Fuente Nueva 3, Venta Micena y Barranco León (Granada), con cronologías que oscilan entre los 1,4 y 1,2 Ma. (Toro Moyano *et al.*, 2013). En este último yacimiento, además, se documenta la aparición de la industria de

modo técnico 1 (Olduvayense) más antigua de Europa. Estas industrias también empiezan a ser frecuentes en las terrazas fluviales altas (+70-100 m) de las cuencas del Duero, Tajo y Guadalquivir (Silva *et al.*, 2017a), donde son comunes industrias pre-achelenses sobre lascas (Rubio-Jara *et al.*, 2016) e incluso choppers de gran formato en el Guadalquivir (Baena *et al.*, 2005).

Con cronología más reciente entre c. 1,2 y 0,8 Ma tenemos los yacimientos de la Sima del Elefante (TE9 y TE7) y Trinchera-Dolina (TD4 y TD6) donde aparecen los restos más antiguos de *Homo* en Atapuerca (Burgos), como es la mandíbula de *Homo* sp. de TE9 datada mediante cosmogénicos y ESR en $1,22 \pm 0,16$ Ma (Carbonell *et al.*, 2008; Duval *et al.*, 2018), Los yacimientos TD6 y TD7 son los que cierran el piso Calabriense en la península con la aparición de *Homo antecessor* en TD6 fechado en una edad algo superior a 960 ka mediante ESR (Berger *et al.*, 2008), mientras que la inversión Matuyama-Brunhes se localiza a techo de TD7 (Parés *et al.*, 2013; Van der Made *et al.*, 2017b). La mayor parte de todos estos hallazgos son posteriores al subchron normal de Jaramillo, es decir, más jóvenes de 0,99 Ma, situándose entre los estadios isotópicos MIS 24 (frío) y MIS 19 (cálido), coincidiendo aproximadamente con el fin de la primera de las glaciaciones extremas en Europa (Günz). Esto coincide con el fin de lo que se denomina la “Mid-Pleistocene Transition” (MPT), donde el clima global pasa de estar dominado por los ciclos orbitales de precesión de 41 ka a los de oblicuidad de 100 ka (MPT; Clark *et al.*, 2006). Dada su importancia, el Conjunto Arqueológico de Atapuerca fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 2000, siendo considerado un referente mundial para el estudio de la evolución humana. Por último, el yacimiento de La Boella (Tarragona) es el primero que presenta industria de tipo achelense muy arcaica (Modo técnico 2), que constituye la más antigua en la península ibérica y Europa, fechada en c. 0,9 Ma (Vallverdú *et al.*, 2014), aunque los niveles más antiguos de Cueva Negra (Murcia) también poseen este achelense arcaico atribuible a *Homo hei-*

delbergensis que pueden alcanzar edades de hasta 0,99 Ma, según las dataciones más recientes (Walker *et al.*, 2020).

3. El Pleistoceno medio: Chibaniense

El GSSP para la base del Pleistoceno medio fue aprobado por la IUGS en enero de 2020, localizándose en la Bahía de Chiba (Tokio, Japón; Fig. 2) con una edad de 774,1 ka (Suganuma *et al.*, 2020) y formalmente ratificado en septiembre de 2021 (Head *et al.*, 2021). Siguiendo las recomendaciones del Grupo de Trabajo de la SQS sobre el Límite del Pleistoceno inferior-medio realizadas en el Congreso Geológico Internacional de Florencia (2004) se adoptó el límite paleomagnético Matuyama-Brunhes para definir la base del Pleistoceno medio (Gibbard, 2015). Esta es una tradición establecida de largo entre los cuaternaristas ya que esta inversión representa un evento casi instantáneo detectable en secuencias marinas y continentales a lo largo de todo el globo, incluso en los sondeos de hielo de la Antártida (Okada *et al.*, 2017). En la sección de Chiba el GSSP se ha localizado 1,1 m por debajo del punto medio direccional de la inversión Matuyama-Brunhes, datada astronómicamente en 772,9 ka (Suganuma *et al.*, 2018). En detalle se sitúa en la base de un nivel guía, la “Capa de Tefra Ontake-Byakubi E” (Byk-E bed). El GSSP tiene lugar justo al final del subestadio isotópico MIS 19c y tiene una edad astronómica estimada de 774,1 ka, que es coherente con una edad de circón U-Pb de $772,7 \pm 7,2$ ka del nivel guía de tefra (Head *et al.*, 2019). Por otro lado, la sección de Chiba constituye uno de los registros más detallados de la inversión Matuyama-Brunhes, contando además con un amplio conjunto de datos micropaleontológicos y geoquímicos antes y después de la mencionada inversión (Suganuma *et al.*, 2018) que también se observa en distintos afloramientos a nivel global y sondeos de hielo antárticos (Head *et al.*, 2021). Así pues, desde el 2020 el piso “Chibaniense” renombra al Pleistoceno Medio en la escala de tiempos geológica. Una amplia y reciente revisión de este nuevo GSSP que

Periodo	Serie	Piso	Edad (Ma)	Localización GSSP y Status	Nivel límite	Eventos
CUATERNARIO / QUATERNARY	Antropoceno (desde 1950 AD). En discusión: Será propuesto de manera formal próximamente					
	HOLOCENO	Meghalayense	4.250 b2k	Espeleotema KM-A de la Cueva Mawmluh, en el Estado de Meghalaya, al NE de la India. Ratificado en 2018 (Walker <i>et al.</i> , 2018) 25°15'44"N; 91°42'54"E	Ruptura del crecimiento en la parte final de la estalagmita KM-A y recrecimiento anómalo posterior (Birbal Sahni Institute of Paleosciences, Lucknow, India).	Climático - Abrupta reducción en la precipitación (sequías) en el SE asiático, Oriente medio y Mediterráneo. Colapso generalizado de civilizaciones calcolíticas. Coincide con el Evento 4,2 ka .
		Norgripriense	8.236 b2k	Testigo de hielo NorthGRIP1 Groenlandia Central Ratificado en 2018 (Walker <i>et al.</i> , 2018) 75° 5'60"N; 40°19'12"O	1228,67 m de profundidad en el testigo de hielo NGRIP1 (Niels Bohr Institute, Universidad de Copenhague).	Climático - brusco enfriamiento tras un periodo de incremento de temperaturas. Coincide con el Evento Bond B5 8,2 ka .
		Groenlandiense	11.700 b2k	Testigo de hielo NorthGRIP2 Groenlandia Central Ratificado en 2008 (Walker <i>et al.</i> , 2009) 75° 5'60"N; 40°19'12"O	1492,45 m de profundidad en el testigo de hielo NGRIP2 (Niels Bohr Institute, Universidad de Copenhague).	Climático – Fin del episodio frío del Younger Dryas , reflejado en variaciones rápidas de isótopos del oxígeno y un incremento en los valores de deuterio. Inicio del estadio isotópico Marino MIS 1 (presente interglaciar).
	PLEISTOCENO SUPERIOR	Piso/Stage 4 Sin definir	0,129 BP	GSSP sin definir Ratificado provisionalmente con edad de c. 129 años BP (Head <i>et al.</i> , 2009)	Existen dos propuestas potenciales para definir el GSSP: # Golfo de Taranto, Sur de Italia, (Negri <i>et al.</i> , 2015). #Sondeo de hielo EPPIC Dome 3C de la base Concordia en la Antártida (Head <i>et al.</i> , 2020).	Climático – Base del último interglaciar: episodio Eemiense. Representa el inicio del estadio isotópico marino MIS 5 (5e) .
	PLEISTOCENO MEDIO	Chibaniense	0,773 BP	Secuencia estratigráfica de la Bahía de Chiba, 55 km al Sureste de Tokio (Japón) Ratificado en 2020 (Head <i>et al.</i> , 2021). 35°17'39.6"N; 140°08'47.5"E	Límite inferior de la capa de tefra Byk-E a techo de la formación sedimentaria Kazusa Group . Esta constituye una potente secuencia (3 km) de depósitos marinos arcillosos que contienen múltiples microfósiles, niveles de cenizas volcánicas y multitud de marcadores geoquímicos.	Magnético – GSSP 1,1 metros por debajo de la inversión Brunhes-Matuyama (base del Chron 1n). Se sitúa justo por debajo del techo del estadio isotópico marino del MIS 19c .
	PLEISTOCENO INFERIOR	Calabriense	1,806 BP	Secuencia estratigráfica de Vrica, Calabria (Italia) Identificado en 1985 (Aguirre y Passini, 1985) Ratificado en 2011 (Cita <i>et al.</i> 2012) 39° 2'20.34"N; 17° 8'5.08"E	Base del nivel de arcillas marinas que se encuentran por encima del nivel marcador de sapropel 176 . Nivel de Sapropel Mediterráneo relacionado con los ciclos orbitales de precesión: MPRS 176.	Magnético – GSSP ca. 8 metros por debajo del techo del subchron magnético de polaridad normal de Olduvai (C2n) . Entrada de microfauna fría (ártica) en el Mediterráneo. Coincide con el tránsito de los estadios isotópicos marinos MIS 64/65 .
Gelasiense		2,588 BP	Sección del Monte San Nicola (Gela) Sicilia (Italia) Ratificado en 2009 (Gibbard <i>et al.</i> , 2009) 37° 8'48.84"N; 14°12'12.60"E	Base del nivel de margas que se encuentra por encima de la capa de Sapropel Mediterráneo MPRS 250 denominada "Estrato Nicola". Nivel de Sapropel Mediterráneo relacionado con los ciclos orbitales de precesión: MPRS 250.	Magnético – GSSP entre ca. 0-3 metros por debajo de la Inversión Gauss-Matuyama (límite C2r/ C2An) El nivel que contiene el GSSP se encuentra dentro del estadio isotópico marino MIS 103 .	

Tabla 1. Subdivisión cronoestratigráfica del Cuaternario y principales GSSP ratificados por la Comisión de Estratigrafía de la IUGS. Modificada de Silva *et al.* (2017a). Edades actualizadas de las nueva Tabla Estratigráfica Internacional de la IUGS en 2020. <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2020-01.pdf>

Table 1. Stratigraphic subdivision of the Quaternary Period and main internal GSSPs ratified by IUG Stratigraphy Commission. Modified from Silva *et al.* (2017a). Ages and dated updated from the new published IUGS International Stratigraphic Chart 2020. <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2020-01.pdf>

define el límite Pleistoceno inferior – medio, así como del estadio isotópico MIS 19 a nivel global, puede encontrarse en Head (2021). Finalmente, esta elección de la IUGS desplaza definitivamente a las secuencias italianas de Montalbano (mar Jónico) y Marche (mar Tirreno) que apoyaban las denominaciones de “Itonniense” y/o “Marchiense” para este piso (Gibbard, 2015).

En la península ibérica la inversión Matuyama-Brunhes se ha identificado en las terrazas medias de las cuencas del Tajo, Duero (Silva *et al.*, 2017a) y del Guadalquivir (Baena *et al.*, 2005), así como en los rellenos kársticos del

sistema de yacimientos de Atapuerca en Burgos (Parés *et al.*, 2017) o Cueva Negra en Murcia (Walker *et al.*, 2020). Según estos últimos autores, en Cueva Negra (río Quípar) se documenta el primer uso del fuego en la península asociado a industria lítica achelense con una edad poco superior a la inversión Matuyama-Brunhes (780 ka). En lo que se refiere a yacimientos kársticos, es TD8 el que inaugura el Chibaniense en España. En este yacimiento se documenta ya la fauna típicamente pleistocena que aparece profusamente en la península, como es el caballo *Equus altidens*, el rinoceronte *Stephanorhinus etruscus*, el jabalí *Sus scrofa*, el gamo *Dama vallonnetensis*, el



Figura 2. Fotografía del acantilado de la prefectura de Chiba (Tokio) donde se ha situado el GSSP para la base del Chibaniense (Pleistoceno medio) siguiendo el límite entre la capa regional de tefra ByK-E y la formación sedimentaria del Grupo Kazusa (línea discontinua blanca). Nótese que la inversión paleomagnética Matuyama-Brunhes (tacos rojos y amarillos) se sitúa 1,1 m por encima de la base del Chibaniense. Crédito de la imagen de fondo (Kyodo/Newscom).
Modificada de la página web: <https://www.livescience.com/new-geologic-age-chibanian.html>

Figure 2. Photo of the cliffside in Japan’s Chiba prefecture (Tokio) where the GSSP for the Chibanian Stage (Middle Pleistocene) is located along the contact between the ByK-E tephra bed and the underlying Kazusa sedimentary formation (dotted white line). Note that the Matuyama-Brunhes paleomagnetic reversal (read and yellow dots) is recorded 1.1 m above the base of the Chibanian. Background image credit (Kyodo/Newscom). Modified from: <https://www.livescience.com/new-geologic-age-chibanian.html>

ciervo rojo *Cervus elaphus*, el ciervo gigante *Eucladoceros giulii*, *Bison* y *Hippopotamus sp* (Van der Made *et al.*, 2017b). Según estos autores, TD8 data del Pleistoceno medio más temprano (MIS 19) y difiere de las faunas posteriores en la retención del pequeño rinoceronte (*S. etruscus*) y el último representante del género *Eucladoceros*, diferenciándose de las faunas anteriores por la presencia de la hiena *hyaena rayata*.

En los valles fluviales, la inversión Matuyama-Brunhes se documenta en las terrazas a +60-55 m de altura relativa (Pérez-González *et al.*, 2013; Moreno *et al.*, 2012) y ha servido tradicionalmente para separar los sistemas de terrazas altos (colgados) del Pleistoceno inferior de los más bajos (encajados y superpuestos) del Pleistoceno medio y superior. No obstante, en los sistemas de terraza, los hallazgos líticos y paleontológicos comienzan a ser abundantes a partir de los niveles de terraza situados a +40 m de altura relativa (Silva *et al.*, 2017a), los cuales se desarrollan aproximadamente partir del MIS 11 (c. 400 ka). A partir de esas fechas se documenta una mezcla de conjuntos industriales claramente achelenses (bifaces hendedores, triedros y algunos útiles retocados sobre lasca), junto a otros en los que domina la producción de útiles sobre lasca, que algunos han considerado como un Paleolítico medio antiguo (PMA), y otros autores como el resultado de la evolución de los conjuntos olduvayenses previos (Baena *et al.*, 2015; Santonja *et al.*, 2016; Rubio-Jara *et al.*, 2016). Todo ello ha llevado a pensar que el poblamiento de la península ibérica pudo ser el resultado de migraciones diversas y diacrónicas de diversos grupos humanos con tradiciones industriales diferentes que interactuaron de manera compleja en nuestro territorio. Ejemplos de estos son los yacimientos de Cuesta de la Bajada en Teruel, Atapuerca en Burgos y Bolomor en Valencia (Fernández Peris *et al.*, 2012).

El ya clásico yacimiento de la Sima de los Huesos (Atapuerca) constituye un hito paleontológico con la colección de fósiles preneandertales (*H. heidelbergensis*) más amplia

y completa a nivel mundial. Con un conjunto de fósiles pertenecientes al menos a 28 individuos, posee el 80% de los restos humanos del Chibaniense hallados hoy en día, y el mayor yacimiento humano a nivel Mundial (Bermúdez de Castro *et al.*, 2004). Por otro lado, en la Cueva de Bolomor se documentan las evidencias más antiguas de fuego controlado en la península y en el conjunto de Europa meridional que datan del estadio Isotópico MIS7c (c.230 ka; Vidal-Matutano *et al.*, 2017). Aparte de estos yacimientos kársticos, en las últimas fases del Chibaniense es cuando se documentan los yacimientos achelenses clásicos en las terrazas de los valles fluviales del centro de la península, como son los de San Isidro, Aldehuela, Áridos, Tafesa en Madrid y el de Pinedo en Toledo entre los niveles fluviales de +30-34 a 18-20 m sobre los cauces (López Recio *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2017a). Estos se documentan principalmente entre el MIS 11 y MIS 6 (c.400 - 130 ka) y, en la mayor parte de los casos, la industria lítica (bifaces de mediano y gran formato) se encuentra asociada a yacimientos paleontológicos con fauna de características cálidas como son *Palaeoloxodon antiquus*, *Stephanorhinus hemiothecus*, *Hippopotamus amphibious*, *Cervus elaphus* o *Megaloceros matritiensis*, especialmente abundantes entre el MIS 11 y MIS 9 en la región de Madrid (Silva *et al.*, 2017b; Moreno *et al.*, 2019; Van der Made, 2019).

4. El Pleistoceno superior

Todavía pendiente de definición, no existe un GSSP para la base de este piso (Stage 4 dentro del Cuaternario), pero se le ha asignado una edad provisional de c. 129 ka haciéndolo coincidir con el importante calentamiento relacionado con el inicio del último interglacial al comienzo del estadio isotópico MIS 5 (Head, 2019; Gibbard, 2015). Desde el 12º Congreso de INQUA en Ottawa en 1987, se aprobó utilizar la base del MIS 5 (Terminación II) como guía principal para el límite Pleistoceno medio - superior. En la actualidad existen varias propuestas para establecer el GSSP de este último piso del Pleistoceno. La secuencia del sondeo de la "Estación Terminal de

Amsterdam” haciéndolo coincidir con la base del Eemiense (Gibbard, 2015), donde existen una serie de indicadores tanto bióticos como abióticos que parecen reflejar los primeros indicios de calentamiento, tras la fase fría “Saaliense”. No obstante, existen otros dos candidatos potenciales que parecen tener más opciones para situar el GSSP, como son la sección Fronte de Taranto, Italia (Negri *et al.*, 2015) y el sondeo de hielo antártico EPICA Dome C (Bazin *et al.*, 2013; Head, 2019; 2021). En el primer caso, el nuevo piso recibiría la denominación de “*Tarantiense*” promovida por los investigadores italianos desde la década de 1990. El término “*Tirreniense*” ha quedado totalmente descartado debido a su falta de valor cronoestratigráfico, ya que fue definido única y exclusivamente por la presencia de *Strombus bubonius* (ahora *Thestystrombus latus*), especie no exclusiva del Pleistoceno superior. En la web del “*World Register of marine Species*” (www.marinespecies.org) pueden consultarse estos cambios de denominación del taxón.

4.1. El último interglaciar

En la península, la parte inicial del Pleistoceno superior es una de las mejores documentadas, tanto en niveles de terrazas marinas como continentales. Esto es, los depósitos correspondientes al último interglaciar (MIS 5). Los depósitos litorales correspondientes a los subestadios isotópicos 5e, 5c y 5a se encuentran claramente identificados y datados mediante series de Uranio (Th/U), en las costas del sureste peninsular, Golfo de Cádiz y archipiélagos Balear y Canario en los trabajos de Zazo *et al.* (2002; 2003; 2013) y Bardají *et al.* (2009), que pueden considerarse las síntesis más significativas. Estas terrazas marinas se caracterizan por la presencia de fauna cálida senegalesa cuyo principal representante es el gasterópodo marino *Thestystrombus latus* (antes *Strombus bubonius*) que, aunque se registra localmente en interglaciares previos (MIS 7, MIS 9) tanto en la península como en Baleares, adquiere su máxima expansión a lo largo del este interglaciar, desapareciendo

definitivamente de la cuenca mediterránea al final del MIS 5. Lo mismo ocurre con las faunas continentales cálidas correspondientes al último interglaciar (similares a las del Chibaniense), con importantes yacimientos paleontológicos y arqueológicos en los valles del sector central de la península, que aparecen fundamentalmente en las terrazas situadas a +18-20 y +15m de altura relativa sobre los cauces (Silva *et al.*, 2017b). En estas terrazas es donde se registran los últimos suelos rojos mediterráneos en las secuencias fluviales (Roquero *et al.*, 2015) y se produce el tránsito entre el Paleolítico inferior (Achelense) y medio (Musteriense). Esto último, indica la creciente presencia de poblaciones neandertales en el centro peninsular con importantes yacimientos en el valle del Manzanares (Madrid; e.g. Panera *et al.*, 2014). A nivel global el último interglaciar prácticamente cierra con la aparición de los primeros conjuntos de arte rupestre en la costa sudafricana, siendo notables las pinturas y elementos artísticos recuperados de la Cueva de Blombos datados entre 83 y 77 ka BP (Henshilwood *et al.*, 2002). En el continente africano el MIS 5 registra la expansión de *Homo sapiens* y el comienzo del Paleolítico superior. Por el contrario, *H. sapiens* (y con él, el Paleolítico superior) no penetra en Europa y en la península ibérica hasta bien entrado este periodo. El final del último interglaciar viene marcado en la península ibérica por las importantes pistas y huellas fósiles de grupos de grandes mamíferos (Neto de Carvalho *et al.*, 2020) y neandertales (Mayoral *et al.*, 2021), recientemente descubiertas en paleosuelos en las cercanías del Parque Nacional de Doñana en Huelva (Golfo de Cádiz).

4.2. El final del Pleistoceno superior y la última glaciación

El último interglaciar se caracteriza por la expansión de las poblaciones neandertales que perviven en la península durante los comienzos del último periodo glacial (Glaciación del Würm), que se desarrolla desde el estadio isotópico MIS 4. Se conocen más de un centenar de asentamientos neandertales en la

península, pero es destacable el yacimiento de la Cueva del Sidrón (Asturias), donde se conservan los fósiles de 13 individuos y escasa industria musteriense (Rosas *et al.*, 2016; Cañaveras *et al.*, 2018). Este yacimiento posee una edad media de c. 40 ka BP determinada por diferentes métodos, edad que coincide con la desaparición de los neandertales en el sur del continente europeo. Sin embargo, las últimas poblaciones neandertales se refugian en el sur de la península, siendo los yacimientos de Zafarraya (Málaga) y Gibraltar los que poseen edades aparentemente más recientes de hasta 30-27 ka BP. Estas poblaciones de neandertales sureños acaban extinguiéndose durante el estadio isotópico MIS 3 (Finlayson *et al.*, 2006; Carrión *et al.*, 2018), lo que supone para la península ibérica otro hito paleoantropológico a escala global. Por lo demás, durante el MIS 4, penetra el *H. sapiens* en la península y comienza la aparición de faunas frías como los mamuts, rinocerontes lanudos, bisontes, etc. (Gracia y Arsuaga, 2003), que se diversifican durante el estadio isotópico MIS 2, durante el cual se produce el máximo glacial que en España se registra entre 22 -20 ka (Oliva *et al.*, 2020). Estas faunas frías de la península tienen la particularidad de ser las más meridionales del continente europeo. Los yacimientos del paleolítico superior con registros paleontológicos y líticos son abundantes en toda la península, pero muy especialmente a lo largo de la Cordillera Cantábrica (Euskadi, Cantabria y Asturias). El arte rupestre no se desarrolla de forma plena en Europa hasta el Gravetiense, con su mayor apogeo en el Magdaleniense (c. 22 ka BP), coincidiendo con las fases más frías de la última glaciación (Altuna *et al.*, 2002). Las últimas dataciones sitúan las manifestaciones artísticas más antiguas de arte rupestre en la Cordillera Cantábrica entre 40,8 y 35, 6 ka BP incluyendo los yacimientos de Altamira o Tito Bustillo (Picke *et al.*, 2012), ambos Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO desde la década de 1980. En la síntesis de Silva *et al.* (2017a) sobre el Periodo Cuaternario, se puede encontrar información resumida del conjunto de yacimientos del Paleolítico superior más significativos de la península.

5. El Holoceno y sus nuevas subdivisiones

El límite Pleistoceno - Holoceno (Walker *et al.*, 2009) se encuentra definido en el sondeo de hielo de Groenlandia NorthGRIP (NGRIP2) en base a los primeros indicios de calentamiento al final del “*Younger Dryas*” (*Greenland Stadial 1*). Este se encuentra marcado por un cambio abrupto en los valores de Deuterio y más graduales en $\delta^{18}\text{O}$, en las concentraciones de polvo y de algunos elementos químicos marcadores, así como en los espesores de las capas de hielo anuales. Una escala temporal basada en el conteo multiparamétrico de láminas de hielo anuales, calibrada por diferentes niveles de tefra (cenizas volcánicas), proporciona una edad de 11.700 años b2k (antes del año 2000) para la base del Holoceno, con una incertidumbre (2σ) estimada de 99 años (Walker *et al.*, 2009). De esta forma por primera vez en la historia de la estratigrafía se propone la secuencia única de un testigo de hielo como un GSSP (Sección y Estratotipo Punto Global), en concreto para la base de la serie Holoceno dentro del Periodo Cuaternario. El sondeo de hielo se encuentra depositado en el Centro para el Clima y el Hielo del *Niels Bohr Institute* de la Universidad de Copenhague (Dinamarca). Todos los detalles sobre dicho sondeo y otros realizados en Groenlandia se pueden consultar en: <https://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/data/>.

Posteriormente en 2018, la IUGS ratificó la subdivisión oficial del Holoceno en tres nuevos pisos (o edades): “Groenlandiense”, “Norgripiense” y “Meghalayense”, estableciéndose los GSSP para sus bases en 11,72 años b2k, 8,326 años b2k y 4,250 años b2k respectivamente (Walker *et al.*, 2018). Siguiendo las recomendaciones de la ICS, las subdivisiones propuestas para el Holoceno han seguido rigurosos criterios, ya que los tres GSSP se encuentran definidos en base a marcadores físicos y químicos, y los tres reflejan abruptos cambios climáticos ocurridos a escala global y registrados en sondeos de hielo, lacustres y/o espeleotemas. Debido a su reciente definición y ratificación en 2018, estos nuevos pisos holocenos no se encuentran estratigrá-

ficamente definidos o identificados en la península ibérica. No obstante, recientemente algunos autores presentan estas edades diferenciadas en estudios relacionados con la evolución de la vegetación en el NO de España y Portugal (Gomes *et al.*, 2020) o episodios de sedimentación y desarrollo de suelos en el SE Peninsular (Silva *et al.*, 2020). Las características más significativas de los diferentes pisos del Holoceno, en relación con los antiguos pisos climáticos europeos (Font-Tulot, 1988) se resumen en la Tabla 2.

5.1. Groenlandiense (Greenlandian)

Su nombre hace referencia al casquete polar de Groenlandia, donde en 2003 se perforó el sondeo en hielo NGRIP2 que alcanzó el sustrato rocoso. El GSSP que define la base de este piso coincide con el correspondiente a la base del Holoceno, ratificada en 2008 (Walker *et al.*, 2009). Como se ha indicado este GSSP se sitúa a una profundidad de 1492,45 m en

el sondeo de hielo NGRIP2 y, con una edad estimada de 11.720 b2K, coincide con los primeros indicios de calentamiento global tras el *Younger Dryas* o *Greenland Stadial 1*. A escala global se produce una importante aceleración de la subida del nivel del mar mediante un importante pulso de deshielo en el hemisferio norte (*Meltwater Pulse 2*).

5.2. Norgripiense (Northgrippian)

Su nombre hace referencia al sondeo NGRIP1, que es donde se localiza la sección tipo para el GSSP de su base. Este GSSP se ha definido a una profundidad de 1.228,67 m en el mencionado sondeo, coincidente con un intervalo que muestra un brusco enfriamiento tras un periodo de progresivo incremento de temperaturas a lo largo del Holoceno inferior (Walker *et al.*, 2009). Este enfriamiento ocurre a los 8.320 años b2k en el sondeo NGRIP1 y se correlaciona con el evento frío de 8,2kyr identificado a escala global (Evento Bond 5).



Figura 3. Estratigrafía visual de la sección del espeleotema KM-A (Cueva Mawmluh, India) en la que se sitúa el GSSP correspondiente a la base del Meghalayense). Modificada de la IUGS webpage (Walker *et al.*, 2018)

Figure 3. Visual stratigraphy of the KM-A speleothem (Mawmluh Cave, India) in which the GSSP for the base of the Meghalayan Stage is located. Modified from the IUGS webpage (Walker *et al.*, 2018)

5.3. Meghalayense (Meghalayan)

Su nombre hace referencia al estado de Meghalaya, al NE de la India, donde se sitúa la Cueva Mawmluh en la que se desarrolló el espeleotema (denominado KM-A) donde se ha definido el GSSP, y cuyo registro abarca desde

el Pleistoceno superior hasta el Holoceno superior (Fig. 3). A los 4.250 años b2k el registro del espeleotema muestra una abrupta reducción en la precipitación ligada a un debilitamiento de los monzones en esta zona del SE asiático, que coincide con un período de reorganización en la circulación oceánica y atmos-

Período	Piso Estrati	Piso Clima	Edad (años)	Localización GSSP y Status Nivel límite	Eventos
HOLOCENO	MEGHALAYENSE HOLOCENO SUPERIOR	SUBATLÁNTICO	2.800 b2k (800 AC)	Etapa climática más húmeda y templada que se prolonga hasta la actualidad. Coincide en sentido amplio con el comienzo de la Civilización Clásica Greco-Romana (siglos VII AC – V DC), la Edad del Hierro y Colonización Fenicia y Griega del Mediterráneo. Fundación de Gades.	Pequeña Edad de Hielo (Siglos XVII – XVIII DC) Óptimo Climático Íbero-Romano (S. V AC – II DC)
		SUBOREAL	4.250 b2k	Deterioro climático hacia condiciones más frías y secas que desembocan en una crisis de aridez y una importante reducción de la masa forestal, también influida por la creciente actividad humana (agricultura y ganadería). Determina el fin de las civilizaciones del Bronce y durante un periodo comprendido entre el 1.200 y 900 AC se produce la “Época Oscura” de la que no se tiene constancia de la construcción de ciudades o monumentos. <i>Límite Estratotipo GSSP: Espeleotema de la Cueva de Mawmluh, Meghalaya (India). Ratificado en 2019.</i>	Colapso de las civilizaciones del Bronce (c. 1.200 AC)
	NORTHGRIPPIENSE HOLOCENO MEDIO	ATLÁNTICO	7.500 b2k	Constituye la fase más cálida y húmeda del Holoceno. Coincide con el momento de máxima extensión de los bosques y con el Óptimo Climático Holoceno (7,0 – 6,5 ka BP), situándose el nivel del mar a +1 m con respecto al actual (Transgresión Flandriense). Comienza el fenómeno de la “Neolitización” en Europa.	Primeras civilizaciones (Sumeria y Egipto Antiguo) c. 3.800 AC Aparece la metalurgia c. 6.000 AC
		BOREAL	8.326 b2k	Periodo más cálido y árido que el anterior, los árboles pioneros (pinos y abedules) son sustituidos por especies clímax (más resistentes) como la encina o el roble. <i>Límite Estratotipo GSSP: Testigo de Hielo NorthGRIP1 (Universidad de Copenhague). Ratificado en 2019.</i>	Fin del Epipaleolítico o Mesolítico en la península ibérica (hacia el final de esta fase)
GROENLANDIENSE HOLOCENO INFERIOR	PREBOREAL	11.700 b2k	Aumento de la temperatura, de la humedad y expansión de los bosques en toda Europa, en su mayoría de especies pioneras como los pinos y los abedules. También comporta la retirada definitiva hacia el norte de las especies faunísticas frías (reno, bisontes) o la extinción de algunas de ellas (mamuts o rinocerontes lanudos). <i>Límite Estratotipo GSSP: Testigo de Hielo NorthGRIP2 (Universidad de Copenhague). Ratificado en 2008.</i>	Aparece la agricultura y la cerámica. c. 10.300 BP. Templos de cazadores-recolectores: Göbekli Tepe (Turquía). 11.300 BP Comienza el Epipaleolítico	

Tabla 2. Cronología de las fases climáticas durante el Holoceno resaltando los eventos más determinantes y la descripción de las características más significativas durante cada una de ellas. Años b2k (antes del año 2000). Modificado y actualizado de Silva *et al.* (2017a) según datos de la International Commission on Stratigraphy. <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-news-and-meetings/125-formal-subdivision-of-the-holocene-series-epoch>

*Table 2. Chronology of the classic climatic phases in which is subdivided the Holocene in relation with the new ratified stages indicating the more representative events, climatic and archaeological features. Ages and dates in years b2k (before the year 2000). Modified and updated from Silva *et al.* (2017a) following new data of the International Commission on Stratigraphy <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-news-and-meetings/125-formal-subdivision-of-the-holocene-series-epoch>*

férica registrado globalmente mediante numerosos tipos de datos (Walker *et al.*, 2009). Según estos autores, en muchas regiones de oriente próximo y la zona mediterránea, la abrupta aridificación que se registra alrededor de 4,2 ka pudo tener profundos efectos sociales, con abandonos de regiones de cultivos de secano, desplazamiento de poblaciones hacia refugios fluviales y colapsos sociales que son arqueológicamente visibles en España, Grecia, Palestina, Egipto, Mesopotamia e incluso en el valle del Indo. En la península ibérica este evento de 4,2 ka coincide con el colapso de las sociedades calcolíticas (p.ej. Los Millares, Almería) y su sustitución por las primeras sociedades argáricas de la Edad del Bronce, las cuales se encuentran asociadas a multitud de evidencias paleoambientales y paleodemográficas entre el 3.300 y el 1.500 BCE (Blanco González *et al.*, 2018).

6. Escalas Cronológicas Globales

La Tabla incluye las escalas cronológicas más utilizadas habitualmente en la estratigrafía del Cuaternario: la escala paleomagnética, según los datos de Cande y Kent (1995) actualizada por Lowrie (2007) e Hilgen *et al.* (2012); escala isotópica (Lisiecki y Raymo, 2005) y los valores de Insolación a 65°N (Berger y Loutre, 1991). La escala isotópica del $\delta^{18}\text{O}$ nos provee la escala paleoclimática global de la sucesión de episodios fríos (MIS pares) y episodios cálidos (MIS impares) durante el Cuaternario.

7. Bioestratigrafía

Se han incluido las biozonas de foraminíferos planctónicos establecidas para el Atlántico (Berggren *et al.*, 1995) y el Mediterráneo. Para las escalas continentales se han aplicado las unidades de micromamíferos establecidas por Agustí *et al.* (2001). La distribución de macromamíferos con valor estratigráfico se ha hecho basándose en datos recopilados por Van der Made (2005) y Van der Made *et al.* (2017b) para los últimos 2 M.a., quien a su vez establece esta selección a partir de cri-

terios de representatividad en el contexto de su distribución y momento de aparición en el continente europeo. Por tanto, las sucesiones de macromamíferos presentes en la versión 3.0 de la tabla no son de aplicación exclusiva a la península ibérica, donde unas especies aparecen o desaparecen ligeramente más pronto o más tarde. Para la distribución de macromamíferos más antiguos se han seguido las propuestas de Bruijn *et al.* (1992). Se han utilizado datos recogidos en más de 40 yacimientos paleontológicos de la península, en algunos de los cuales aparecen también restos de homínidos y en otros, industria lítica. Una selección de estos yacimientos se ha incluido en la nueva tabla cronoestratigráfica.

8. Evolución y poblamiento Humano

Por último, los datos sobre la evolución y poblamiento humano en la península ibérica proceden de aquellos yacimientos en los que se han encontrado restos de homínidos o industria lítica. Se recogen aquellos más importantes o significativos, como pueden ser los yacimientos de Atapuerca (*H. heilderbergensis*), El Sidrón (*H. neanderthalensis*) o algunos de la cantábrica con restos de *H. sapiens*. La mayor parte de los yacimientos se encuentran referenciados en la síntesis sobre el Cuaternario publicada por Silva *et al.*, (2017a) que contiene variada información paleoantropológica (Rosas, 2012). En la presente edición se identifican y resaltan aquellos yacimientos en los que se documenta la primera utilización del fuego (i.e. Bolomor, Valencia), las primeras manifestaciones de arte rupestre (p.ej. Altamira, Cantabria), o los restos de homínidos más antiguos documentados hoy en día en la península ibérica (i.e. Sima del Elefante, Venta Micena). Las secciones informativas sobre prehistoria, industria lítica y evolución humana incluyen información global procedente de diversas propuestas evolutivas (Aiello y Andrews, 2000; Tattersall, 2000; 2011; Stringer, 2003), para así poder comparar los registros mundiales con los que tenemos actualmente en la península.

9. Nuevos códigos de colores internacionales y cartografía geológica del Cuaternario en España

Cada unidad cronoestratigráfica de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional del ICS (Cohen *et al.*, 2013) se identifica con un único color siguiendo un esquema desarrollado por la Comisión para el Mapa Geológico del Mundo (CGMW). Este esquema utiliza códigos de color definidos tanto en la escala CMYK como en la RGB. La escala de CMYK es la que tradicionalmente se emplea en la impresión en color de la Tabla cronoestratigráfica internacional, como del mapa de la CGMW (disponible en www.ccgw.org), que utiliza este modelo como sistema de referencia principal para definir sus colores oficiales. Sin embargo, la escala de color RGB es cada vez más popular, en parte debido a su compatibilidad con la publicación en línea. La conversión de CMYK a RGB no es sencilla y se ve afectada por la gestión del color elegida por el usuario en su programa gráfico. El CGMW convierte los valores CMYK a RGB utilizando la función de color “Emular Adobe Illustrator 6.0” de Adobe Illustrator®. En CorelDraw v.14© es más sencillo, pudiéndose utilizar los conversores de paletas de colores presentes en los menús laterales correspondientes. En el presente artículo se proporcionan los códigos de colores RGB para las nuevas series y pisos del Pleistoceno y Holoceno (Fig. 4), según las tablas de conversión CMYK-RGB que se proporcionan en el trabajo de Head *et al.* (2021).

La Figura 4 presenta una comparación de los nuevos colores cuaternarios adoptados por la ICS con las escalas de grises que tradicionalmente se utilizan en la cartografía geológica oficial en España que edita el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Esta corresponde al Mapa Geológico Nacional a Escala 1:50.000, cuya segunda serie (2ª Edición MAGNA) se encuentra ya completada, pero no íntegramente publicada, que se realizó entre los años 1970 y 2000. En los mapas anteriores a la década de 1980 es común la cartografía de grandes extensiones de gris bajo la etiqueta de “Cuaternario indiferencia-

do” o unidades genéricas de “Pleistoceno” y “Holoceno”. En esta situación genérica puede decirse que se encuentra el 25% de nuestro territorio. En el resto del territorio, aunque con una mejor cartografía, las edades/pisos de Gelasiense, Calabriense y Chibaniense no aparecen en ninguna hoja geológica, al igual que los nuevos pisos del Holoceno, ya que su ratificación ha sido muy reciente.

A partir de mediados de la década de 1980, la cartografía geológica del Cuaternario en el Plan MAGNA comienza a ser más completa, y en muchos de los mapas se distinguen ya los diferentes pisos del Pleistoceno (inferior, medio y superior) aunque en todos los casos con criterios cronológicos relativos. En todos los casos se sigue el mismo esquema, se utiliza la escala de grises con los tonos más oscuros para los materiales más antiguos y los más claros para los materiales más modernos. Las dataciones numéricas (Th/U, TL, OSL, C¹⁴) son un elemento ausente, o muy raro, en la 2ª Edición MAGNA, y cuando aparecen lo hacen referenciando a los artículos científicos donde se publican. El uso de dataciones numéricas o paleomagnéticas recopiladas de publicaciones científicas es ya frecuente en la 3ª Edición MAGNA, aunque esta se restringe a algunas hojas del sector SSE de la Región de Murcia (Murcia, Alhama, Lorca, Totana, Puerto Lumbreras, Águilas, etc.) y hojas sueltas en la región de Madrid (p.ej. Getafe). En estos últimos mapas se realiza una diferenciación más fina para los diferentes pisos del Cuaternario e incluso del Holoceno. En resumen, se puede decir que toda la cartografía geológica oficial del Periodo Cuaternario en España se ha realizado sin articular recursos y presupuestos para su datación y que en, al menos, un 25% de nuestro territorio la definición de las unidades cartográficas es actualmente muy deficiente. A pesar de ello, en nuestro territorio existe un mapa a escala nacional (1:1.000.000) de los depósitos cuaternarios (Pérez-González *et al.*, 1989). Aunque se publicó hace poco más de 30 años, en su momento constituyó una de las primeras síntesis modernas del Periodo Cuaternario en España. Toda la cartografía oficial (2ª y 3ª edi-

Cuaternario RGB: 249/249/177	Holoceno RGB: 254/235/210	Meghalayense 253/237/236	Cuaternario RGB: 243/246/237	Holoceno RGB: 238/231/243	Actual e Histórico RGB: 201/210/220		
		Norgripiense 253/236/228			Holoceno RGB: 238/231/243		
		Groenlandiense 254/236/219		Pleist. Superio-Holoceno RGB: 234/230/210			
	Pleistoceno RGB: 255/239/175	Superior RGB: 255/242/211		Pleistoceno RGB: 243/246/237	Pleist. Superior RGB: 238/240/236	Pleist. Superior RGB: 224/236/253	
		Chibaniense RGB: 255/242/199			Pleist. Medio RGB: 229/230/232	Pleist. Medio RGB: 185/224/255	
		Calabriense RGB: 255/242/186			Pleist. Inferior RGB: 212/228/218	Calabriense RGB: 253/242/130	
		Gelasiense RGB: 255/237/179		Gelasiense RGB: 255/251/200*			
		MAGNA General			MAGNA Continental		MAGNA Marino*
	a) Nuevo Código de Colores ICS Chart			Plio-Pleistoceno RGB: 255/255/204			
	b) Código de Colores España IGME (MAGNA y GEODE)						

Figura 4. **(a)** Códigos de colores RGB para la nueva estratigrafía del Cuaternario (Fig. 1) adoptados por la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) en septiembre de 2020. La CGMW define sus colores mediante códigos CMYK, pero aquí proporcionamos sus equivalentes RGB tal y como indican Head *et al.* (2021). **(b)** Códigos de Colores RGB usados en el Mapa Geológico Nacional 1:50.000 (MAGNA) y el Mapa Geológico Digital de España (GEODE) del IGME. Los colores son indicativos y se han sintetizado a partir de las leyendas de la tercera edición Magna y de los ficheros ARGis “Magna_style” usados por el GEODE.

Figure 4. **(a)** RGB colour codes for the new Quaternary stratigraphy (Fig. 1) as adopted by the Commission for the Geological Map of the World (CGMW) in September 2020. The CGMW defines its colours by CMYK codes but here we provide their RGB equivalents as introduced by Head *et al.* (2021). **(b)** RGB colour codes used in the National Geological Map 1:50.000 (MAGNA) and the Digital Geological Map of Spain (GEODE) published by the IGME. The colours are indicative and have been synthesized from the legends of the third edition Magna and from the ARGis files “Magna_style” used in GEODE.

ción Magna), el Mapa de Cuaternario y diferentes cartografías temáticas relacionadas se pueden consultar y descargar gratuitamente desde la web del IGME (www.igme.es) en diferentes formatos.

Los códigos RGB de la escala de grises de la cartografía MAGNA que se relacionan en la Figura 4 son los comúnmente usados en el Mapa Geológico Nacional 1:50.000 (MAGNA) y el Mapa Geológico Digital de España (GEODE). Los colores son indicativos y se han sintetizado a partir de las leyendas de la 3ª Edición MAGNA y de los ficheros ARGis “Magna_style” utilizados en el GEODE, ya que no existe una normativa específica al respecto. En la cartografía geológica española el gris es el color clave para el Cuaternario y, por lo general, se utiliza toda la gama de grises de los más oscuros (más antiguos) a los más claros (más modernos). Solo en la 3ª Edición MAGNA (Región de Murcia) se usan los colores de gama amarilla para formaciones litorales muy extensas de edad Pleistoceno inferior. Los colores azul pálido se suelen utilizar para identificar formaciones litorales del Pleistoceno superior o del Pleistoceno superior-Holoceno.

10. La Versión Digital 3.0

La tabla 3.0 incluye también una versión digital para ser consultada desde dispositivos electrónicos (tablets, ordenadores, teléfonos móviles, etc.). La tabla se implementará en la plataforma “Genially” para la generación de archivos interactivos (<https://www.genial.ly/es>) que permitan el acceso a toda la información presente en la misma. Las ventajas más importantes son la interactividad del material, así como los enlaces a información complementaria (sitios web y artículos sobre el Cuaternario) a los datos presentes en la nueva versión de la tabla. Por motivos de diseño, manejo y mejor accesibilidad, la versión en Genially irá separada en módulos horizontales de cada uno de los temas en que se subdivide la tabla, es decir, escalas isotópicas y paleomagnéticas, evolución humana y prehistoria, biozonaciones, etc. La figura 5 muestra un ejemplo esquemático de cómo podrá aparecer esta última en las pantallas de dispositivos digitales.

Las características intrínsecas de esta obra nos llevan a concebirla como algo dinámico, que deberá ser actualizada por sucesivas versiones

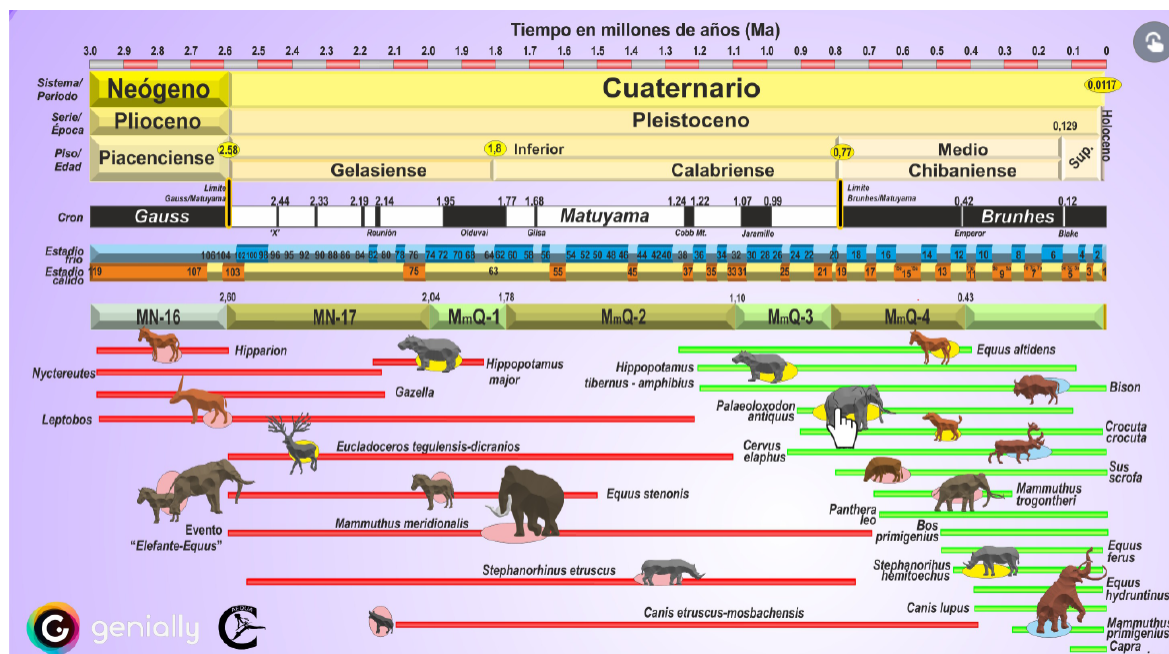


Figura 5. Ejemplo de diseño horizontal en bloques temáticos de las distintas pantallas de la Tabla del Cuaternario que se implementarán en la versión digital en genially©. <https://www.genial.ly/es>

Figure 5. Example of horizontal design for individual thematic modules of the Quaternary Chart that will be implemented in the digital version in genially©. <https://www.genial.ly/es>

a medida que vayan surgiendo nuevos datos. La versión digital de la misma permitirá implementar tales actualizaciones de forma casi inmediata, de manera que los usuarios puedan tener información renovada sobre el Periodo Cuaternario (nuevos yacimientos, novedades, etc.). Tanto la versión impresa (pdf) como digital de la tabla se podrán descargar desde www.aequa.es. A continuación, se listan las obras más importantes citadas en el texto. Un listado actualizado de las referencias bibliográficas para la península ibérica se puede consultar en la recopilación realizada por Silva *et al.* (2017a), así como en la futura versión digital de la tabla. El anexo I del presente artículo contiene la versión pdf de la tabla completa que también se podrá descargar desde la página web de AEQUA (www.aequa.es).

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución de la Asociación Española para el Estudio del Cuaternario

(AEQUA) para la difusión del conocimiento, en mayor o menor medida, actualizado al año 2021 sobre el periodo Cuaternario en España. Representa un “Review Paper” que explica de forma resumida los contenidos de la tercera edición de Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la península ibérica (versión 3.0). Los autores agradecen las correcciones y comentarios realizados por Joaquín Rodríguez-Vidal (UHU) y Jesús Jordá (UNED) que han mejorado el artículo. La confección del artículo ha sido parcialmente financiada por los proyectos de investigación MINECO-FEDER: CGL2015-67169-P (USAL); CGL2015-69919-R (UAH); HAR2016-76760-C3-2-P y PID2019-103987GB-C33 (UAM); CGL2016-75109-P (MNCN-CSIC); CGL2013-41083-P.

Bibliografía

Aguirre, E., Pasini, G. (1985). The Pliocene-Pleistocene Boundary. *Episodes*, 8 (1), 16-120. <https://doi.org/10.18814/epiugs/1985/v8i2/009>

- Agustí, J., Cabrera, J., Garcés, M., Krijgsman, W., Oms, O., Pares, J.M. (2001). A calibrated mammal scale for the Neogene of Western Europe. State of the art. *Earth-Science Reviews*, 52, 247-260. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00025-8)
- Alberdi, M. T.; Azanza, B.; Cervantes, E., eds. (2016). Villarroya, yacimiento clave de la paleontología riojana. *Ciencias de la Tierra*, 34. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño. 248 pp.
- Aiello, L. C. y Andrews, P. (2000). The Australopithecines in Review. *Human Evolution*, 15, 17-38. <https://doi.org/10.1007/BF02436232>
- Altuna, J. (2002). Los animales representados en el arte rupestre de la Península Ibérica. Frecuencias de los mismos. *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 54, 21-33.
- Álvarez-Posada, C., Parés, J.M., Cuenca-Bescós, G., Van der Made, J., Rosell, J., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. (2018): A post-Jaramillo age for the artefact-bearing layer TD4 (Gran Dolina, Atapuerca): New paleomagnetic evidence. *Quaternary Geochronology*, 45, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2018.01.003>
- Arribas, A., Ed. (2008). Vertebrados del Plioceno superior terminal en el suroeste de Europa: Fonelas P-1 y el Proyecto Fonelas. Instituto Geológico y Minero de España, *Cuadernos del Museo Geominero*, 10, 607 pp.
- Arribas, A., Garrido, G., Viseras, C., Soria, J.M., Pla, S., Solano, J.G., Garcés, M., Beaud, E., Carrión, J.S. (2009). A Mammalian Lost World in Southwest Europe during the Late Pliocene. *PLoS One*, 4(9), e 7127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007127>
- Baena, R., Fernández, J.J., Guerrero, I. (2005). Secuencia paleomagnética y paleolítica del cuaternario del bajo Guadalquivir: Actualización y nuevos resultados. Actas VI Reunión de Cuaternario Ibérico. AEQUA, Gibraltar. 35 - 37. http://tierra.rediris.es/aequa/doc/Cuat_Iberico_2005.pdf
- Baena, J., Ortiz, I., Torres, C., Báez, S. (2015). Recycling in abundance: re-use and recycling processes in the lower and middle paleolithic contexts of the central Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 361, 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.07.007>
- Bardají, T. (2018). Subdivisión formal del Holoceno. *Cuaternario y Geomorfología*, 32 (1-2), 2-4. http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/revista/volumen_32/CyG_32_3y4_subdivision.pdf
- Bardají, T., Goy, J.L., Silva, P.G., Zazo, C., Mörner, N.A. Somoza, L., Dabrio, C.J., Baena, J. (1997). The Plio Pleistocene boundary in southeast Spain: A review. *Quaternary International*, 40, 27 -32. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(96\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(96)00057-2)
- Bardají, T., Goy, J.L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, C., Dabrio, C.J., Cabero, A., Ghaleb, B., Silva, P.G., Lario, J. (2009). Sea-level and climate changes during the OIS 5 in the western Mediterranean (Spain). *Geomorphology*, 104, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.027>
- Bazin, L., Landais, A., Lemieux-Dudon, B., Kele, H.T.M., et al. (2013). An optimized multi-proxy, multi-site Antarctic ice and gas orbital chronology (AICC2012): 120-800 ka. *Climate of the Past*, 9, 1715-1731. <https://doi.org/10.5194/cp-9-1715-2013>
- Berger, A., Loutre M.F. (1991). insolation values for the climate of the last 10 million of years. *Quaternary Sciences Reviews*, 10, 297-317. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(91\)90033-Q](https://doi.org/10.1016/0277-3791(91)90033-Q)
- Berger, G.W., Pérez-González, A., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Ku, T.L. (2008). Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55, 300-311. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.02.012>
- Berggren, W.A., Kent, D., Swisher, C., y Aubry, M.P. (1995): A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy. En: *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation* (W.A. Berggren et al., eds) *Spec. Publ. Soc. Sediment. Geol.*, 54, 129-212. <https://doi.org/10.2110/pec.95.04.0129>
- Bermúdez de Castro, J.M., Martínón Torres, M., Lozano, M., Sarmiento, S., Muela, A. (2004). Paleodemography of the Atapuerca: Sima De Los Huesos Hominin Sample: A Revision and New Approaches to the Paleodemography of the European Middle Pleistocene Population. *Journal of Anthropological Research*, 60 (1). <https://doi.org/10.1086/jar.60.1.3631006>
- Bermúdez De Castro, J. M., Arsuaga, J.L., et al. (1997). A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to neandertals and modern humans. *Science*, 276: 1392-1395. <https://doi.org/10.1126/science.276.5317.1392>
- Blanco-González, A., Lillios, K. T., López-Sáez, J.A., Drake, B. L. (2018). Cultural, Demographic and Environmental Dynamics of the Copper and Early Bronze Age in Iberia (3300-1500 BC): Towards an Interregional Comparison at the

- Time of the 4.2 ky BP Event. *Journal of World Prehistory*, 31:1-79. <https://doi.org/10.1007/s10963-018-9113-3>
- Bridgland, D.R.; Antoine, P.; Limondin-Lozouet, N.; Santisteban, J.I., *et al.* (2006). The Palaeolithic occupation of Europe as revealed by evidence from the rivers: data from IGCP 449. *Journal of Quaternary Science*, 21, 437-455. <https://doi.org/10.1002/jqs.1042>
- Brujin, H. de, Daams, R., Daxer-Höck, G., Fahlbusch, V. *et al.* (1992). Report of the RCMNS working group on fossil mammals, *Newsletters on Stratigraphy*, 26(2/3), 65-118. <https://doi.org/10.1127/nos/26/1992/65>
- Cande, S., Kent, D. (1995). Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 100(B4): 6093--6095. <https://doi.org/10.1029/94JB03098>
- Cañaveras, J.C., Sánchez-Moral, S., Cuezva, S., Fernández-Cortés, A. *et al.* (2018). Estudio geoarqueológico de la cueva de El Sidrón (Piloña, Asturias). *Boletín Geológico y Minero*, 129 (1/2), 107-128. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.129.1.005>
- Carbonell, E. Bermúdez de Castro, J.M., Parés, J.M., Pérez-González, A., *et al.* (2008). First hominin in Europe. *Nature*, 452, 465 - 469. <https://doi.org/10.1038/nature06815>
- Carrión, J.S., Ochando, J., Fernández, S., Blasco, R., *et al.* (2018). Last Neanderthals in the warmest refugium of Europe: Palynological data from Vanguard Cave. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 259, 63-80. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.09.007>
- Cita, M.B., Gibbard, P.L., Head, M. *and the ICS Subcommission on Quaternary Stratigraphy* (2012). Formal ratification of the GSSP for the base of the Calabrian Stage (second stage of the Pleistocene Series, Quaternary System). *Episodes*, 35 (3), 388 - 397. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2012/v35i3/001>
- Clark, P.U., Archen, D., Pollard, D., Blum, J.D., *et al.* (2006). The mid-Pleistocene transition: characteristic mechanisms and implications for long-term changes in atmospheric pCO₂. *Quaternary Science Reviews*, 25 3150 - 3184. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.07.008>
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., Fan, J.X. (2013). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36, 199 - 204 [v_2020.1 updated February 2020]. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002>
- Collard M., Wood B. (2007). Defining the Genus Homo (Chapter 8). In: *Handbook of Paleoanthropology*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp 1575-1610. https://doi.org/10.1007/978-3-540-33761-4_51
- Duval, M., Falguères, C. y Bahain, J.J. (2012). Age of the oldest hominin settlements in Spain: contribution of the combined U-series/ESR dating method applied to fossil teeth. *Quaternary Geochronology*, 10, 412-417. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2012.02.025>
- Duval, M., Grün, R., Parés, J. M., Martín-Francés, L., *et al.* (2018). The first direct ESR dating of a hominin tooth from Atapuerca Gran Dolina TD-6 (Spain) supports the antiquity of Homo antecessor. *Quaternary Geochronology*, 47. 120-137. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2018.05.001>
- Fernández Peris, J., Barciela, V., Blasco, R., Cuartero, F., Fluck, H., Sañudo, P., Verdasco, C. (2012). The earliest evidence of hearths in Southern Europe of the case Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quaternary International*, vol. 9: 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.10.014>
- Finlayson, C., Giles-Pacheco, F., Rodríguez-Vidal, J., Fa, D.A., *et al.* (2006). Late survival of Neanderthals at the southernmost extreme of Europe. *Nature*, 443, 850-853. <https://doi.org/10.1038/nature05195>
- Font Tullot, I. (1988). *Historia del Clima en España: Cambios climáticos y sus causas*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 297 pp.
- Gibbard, P.L. (2015). The Quaternary System/Period and its major sub-divisions. *Russian Geology and Geophysics*, 56 (4), 686-688. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.03.015>
- Gibbard, P.L., Head, M.J. (2010). The newly-ratified definition of the Quaternary System/Period and redefinition of the Pleistocene Series/Epoch, and comparison of proposals advanced prior to formal ratification. *Episodes*, 33 (3), 152 - 158. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2010/v33i3/002>
- Gibbard, P.L., Head, M.J., Walker, M., *and the International Subcommission on Quaternary Stratigraphy* (2010): Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25(2), 96-102. <https://doi.org/10.1002/jqs.1338>
- Gracia, N., Arsuaga, J.L. (2003). Last Glaciation cold-adapted faunas in the Iberian Peninsula. En: *Advances in Mammoth Research* (J.W. Reumer, J. De Vos, D. Mol. Eds.). *DEINSEA*, 9, 159 - 169.

- Guerra-Merchán, A., Serrano, F., García-Aguilar, J.M., Sanz de Galdeano, C., Ortíz, J.E., Torres, T., Sánchez-Palencia, Y. (2019). The Late Cenozoic landscape development in the westernmost Mediterranean (southern Spain). *Geomorphology*, 327, 456-471. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.11.008>
- Head, M.J. (2019). Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International*, 500, 32-51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.018>
- Head, M.J. (2021). Review of the Early-Middle Pleistocene boundary and Marine Isotope Stage 19. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8:50, 38 pp. <https://doi.org/10.1186/s40645-021-00439-2>
- Head, M.J., Pillans, B., Zalasiewicz, J.A., and the ICS Subcommission on Quaternary Stratigraphy (2021). Formal ratification of subseries for the Pleistocene Series of the Quaternary System. *Episodes*, 44 (3), 241-247. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/020084>
- Henshilwood, C.S., d'Errico, F., Yates, R., Jacobs, Z., et al. (2002). Emergence of Modern Human Behaviour: Middle Stone Age engravings from South Africa. *Science*, 295, 1278-1280. <https://doi.org/10.1126/science.1067575>
- Hilgen, F.J., Lourens, L.J., y van Dam, J.A. (2012). The neogene period. In: F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.B. Schmitz, and G.M. Ogg (eds.) The geologic time scale 2012. Elsevier: 923-978. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00029-9>
- Hlubik, S., Cuts, R., Braun, D.R., Berna, F., Feibel, C.S., Harris, J.W.K. (2019). Hominin fire use in the Okote member at Koobi Fora, Kenya: New evidence for the old debate. *Journal of Human Evolution*, 133, 214-229. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2019.01.010>
- Karampaglidis, T., Benito, A., Rodés, A., Braucher, R. Pérez-González, A., Pares, J., Stuart, F., Di Nicola, L., Bourles, D. (2020). Pliocene endorheic-exhoreic drainage transition of the Cenozoic Madrid Basin (Central Spain). *Global and Planetary Change*, 194, 103295. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103295>
- Lisiecki, L.E., Raymo, M. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records, *Paleoceanography*, 20, PA-1003. <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>
- Lepré, C.J., Kent, D.V. (2010). New magnetostratigraphy for the Olduvai Subchron in the Koobi Fora Formation, northwest Kenya, with implications for early Homo. *Earth and Planetary Science Letters* 290, 362-374. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.12.032>
- López Recio, M., Silva, P.G., Roquero, E., Cunha, P.P., Tapias, F. et al. (2015). Geocronología de los yacimientos achelenses de Pinedo y Cien Fanegas (Valle del Tajo) e implicaciones en la evolución fluvial en el entorno de Toledo (España). *Estudios Geológicos*, 71 (1), e029. <https://doi.org/10.3989/egeol.41816.340>
- Lowrie W. (2007) Geomagnetic Polarity Timescales. En: *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism* (Gubbins D., Herrero-Bervera E. Eds). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4423-6_121
- Made, J. van der. (2005). La fauna del Pleistoceno europeo. En: *Homínidos: las primeras ocupaciones de los continentes* (E. Carbonell, ed.). Ediciones Ariel, Madrid, 394-432.
- Made, J. van der. (2019). The dwarfed "giant deer" *Megaloceros matritensis n.sp.* from the Middle Pleistocene of Madrid - A descendant of *M. savini* and contemporary to *M. giganteus*. *Quaternary International*, 520, 110-139. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.06.006>
- Made van der, J., Sahnouni, M., Boulaghrayef, K. (2017a). *Hippopotamus gorgops* from El Kherba (Algeria) and the context of its biogeography. En: Proceedings of the II Meeting of African Prehistory. (M. Sahnouni, S. Semaw J. Rios Garaizar, Eds.) CENIEH, Burgos. 137 - 168.
- Made, J. van der, Rosell, J., Blasco, R. (2017b). Faunas from Atapuerca at the Early-Middle Pleistocene limit: the ungulates from level TD8 in the context of climatic change. *Quaternary International*, 433, 296 - 346. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.009>
- Mayoral, E., Díaz-Martínez, I., Duveau, J., Santos, A., et al. (2021). Tracking late Pleistocene Neandertals on the Iberian coast. *Scientific Reports*, 11, 4103. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83413-8>
- Mazo, A., Van der Made, J. (2012). Iberian mastodonts: Geographic and stratigraphic distribution. *Quaternary International*, 255, 239 - 256. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.047>
- Moreno, D., Falgueres, C., Pérez-González, A., Duval, M., Voinchet, P., Benito-Calvo, A., et al. (2012). ESR chronology of alluvial deposits in the Arlanzon valley (Atapuerca, Spain): contemporaneity with Atapuerca Gran Dolina site. *Quaternary Geochronology*, 10, 418-423. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2012.04.018>
- Moreno, D., Duval, M., Rubio-Jara, S., Panera, J., et al. (2019). ESR dating of Middle Pleistocene ar-

- chaeo-paleontological sites from the Manzanares and Jarama river valleys (Madrid basin, Spain). *Quaternary International*, 520, 23-38. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.09.003>
- Negri, A., Amorosi, A., Antonioli, F., Bertini, A., Florindo, F., *et al.* (2015). A potential global boundary stratotype section and point (GSSP) for the Tarentian Stage, Upper Pleistocene, from the Taranto area (Italy): Results and future perspectives. *Quaternary International*, 383, 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.057>
- Neto de Carvalho, C., Muñiz, F., Galán, J. M., Rodríguez-Vidal, J., *et al.* (2020). First vertebrate tracks and palaeoenvironment in a MIS-5 context in the Doñana National Park (Huelva, SW Spain). *Quaternary Science Reviews*, 243, 106508. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106508>
- Ogg, J.G. y Pillans, B. (2008): Establishing Quaternary as a formal international Period/System. *Episodes*, 31 (2): 230-233. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2008/v31i2/008>
- Okada, M., Suganuma, Y., Haneda, Y., and Kazaoka, O., 2017, Paleomagnetic direction and paleointensity variations during the Matuyama-Brunhes polarity transition from a marine succession in the Chiba composite section of the Boso Peninsula, central Japan. *Earth, Planets, Space*, 69. <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0627-1>
- Oliva M., Palacios D., Fernández-Fernández J.M., Rodríguez-Rodríguez L., *et al.* (2019): Late Quaternary glacial phases in the Iberian Peninsula. *Earth Science Reviews*, 192, 564-600. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2019.03.015>
- Panera, J., Rubio-Jara, S., Yravedra, J., Hugues-Alexandre, B., Sesé, C., Pérez-González, A. (2014). Manzanares Valley (Madrid, Spain): a good country for Proboscideans and Neanderthals. *Quaternary International*, 326-327, 329-343. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.009>
- Parés, J. M., Álvarez, C., Sier, M., Moreno, D., Duval, M., Woodhead, J. D. *et al.* (2018). Chronology of the cave interior sediments at Gran Dolina archaeological site, Atapuerca (Spain). *Quaternary Science Reviews*, 186, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.02.004>
- Pérez-González, A., Cabra, P., Martín-Serrano, A., Eds. (1989). *Mapa del Cuaternario de España Escala 1:1.000.000*. Instituto Tecnológico Geominero de España, ITGE, Madrid, 279 pp.
- Pérez-González, A., Gallardo-Millán, J.L., Uribe-larrea del Val, D., Panera, J., Rubio-Jara, S. (2013). La inversión Matuyama-Brunhes en la secuencia de terrazas del río Jarama entre Velilla de San Antonio y Altos de la Mejorada, al SE de Madrid (España). *Estudios Geológicos*, 69(1), 35-46. <https://doi.org/10.3989/egol.40862.173>
- Pike, A.W.G., Hoffmann, D.L., García-Díez, M., Pettitt, P.B., Alcolea, J. *et al.* (2012). U-Series Dating of Paleolithic Art in 11 Caves in Spain. *Science*, 336 (6087): 1409-14013. <https://doi.org/10.1126/science.1219957>
- Pueyo, E., Muñoz, A., Laplana, C., Parés, J. (2016). The Last Appearance Datum of Hipparion in Western Europe: Magnetostratigraphy along the Pliocene-Pleistocene boundary in the Villarroya Basin (Northern Spain). *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch)*, 105, 2203-2220. <https://doi.org/10.1007/s00531-015-1281-0>
- Rio, D., Sprovierj, R., Castrador, D. y Di Stefano, E. (1998). The Gelasian Stage (Upper Pliocene): A new unit of the global standard chronostratigraphic scale. *Episodes* 21 (2), 82-87. <https://doi.org/10.18814/epiugs/1998/v21i2/002>
- Rook y Martínez-Navarro (2010). Villafranchian: The long story of a Plio-Pleistocene European large mammal biochronologic unit. *Quaternary International*, 219, 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.01.007>
- Roquero, E., Silva, P.G., Zazo, C., Goy, J.L., Masana, J. (2015). Soil evolution indices in fluvial terrace chronosequences of Central Spain (Tagus and Duero fluvial basins). *Quaternary International*, 376, 101-113. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.036>
- Rosas, A. (2012): Paleoantropología de la Península Ibérica: el Paleolítico. En: *Prehistoria Antigua de la Península Ibérica* (Menéndez M, coord.). UNED, Madrid.121-201.
- Rosas, A.; Estalrich, A.; García-Taberner, A.; Hguet, R.; Lalueza-Fox, C. *et al.* (2016). Investigación paleoantropológica de los fósiles neandertales de El Sidrón (Asturias, España). *Cuaternario y Geomorfología*, 29 (3-4), 77-94. <https://doi.org/10.17735/cyg.v29i3-4.40066>
- Rubio-Jara, S., Panera, J., Rodríguez de Tembleque, J., Santonja, M., Pérez-González, A. (2016). Large flake Acheulean in the middle of Tagus basin (Spain): Middle stretch of the river Tagus valley and lower stretches of the rivers Jarama and Manzanares valleys. *Quaternary international*, 411 (B), 349-366. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.023>

- Santonja, M., Pérez-González, A., Panera, J., Rubio-Jara, S., Méndez-Quintas, E., (2016). The coexistence of Acheulean and Ancient Middle Palaeolithic techno-complexes in the Middle Pleistocene of the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 411 (B), 367-377. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.056>
- Silva, P.G., Zazo, C., Bardají, T., Baena, J., Lario, J., Rosas, A., Van der Made, J. (2009): Tabla cronoestratigráfica del Cuaternario de la península Ibérica (v.2). *Actas VII Reunión de Cuaternario Ibérico*, Faro (Portugal). 259 - 263. http://tierra.rediris.es/aequa/doc/libro_de_resumenes.pdf
- Silva, P.G., Bardají, T., Roquero, E., Baena, J., et al. (2017a). El Periodo Cuaternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología*, 31 (3-4), 113-154. <https://doi.org/10.17735/cyg.v31i3-4.55588>
- Silva, P.G., Roquero, E., López-Recio, M. et al. (2017b). Chronology of fluvial terrace sequences for large Atlantic rivers in the Iberian Peninsula (Upper Tagus and Duero basins, Central Spain). *Quaternary Science Reviews*, 166, 188-203. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.027>
- Silva, P.G., Roquero, E., Bardají, T., Medialdea, A. (2020). Pleistocene to Holocene phases of sedimentation and soil formation in the semiarid SE Spain (Eastern Betic Cordillera). *Cuaternario y Geomorfología*, 34 (1-2), 41-61. <https://doi.org/10.17735/cyg.v34i1-2.78815>
- Stringer, C. (2003). Human evolution: Out of Ethiopia. *Nature*, 423, 693-69. <https://doi.org/10.1038/423692a>
- Suganuma, Y., Haneda, Y., Kameo, K., Kubota, Y. (2018). Paleoclimatic and paleoceanographic records through Marine Isotope Stage 19 at the Chiba composite section, central Japan: A key reference for the Early-Middle Pleistocene Subseries boundary. *Quaternary Science Reviews*, 191, pp. 406-430. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.04.022>
- Suganuma, Y., Okada, M., Head, M.J., Kameo, K. et al. (2020). Formal ratification of the Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Chibanian Stage and Middle Pleistocene Subseries of the Quaternary System: The Chiba Section, Japan. *Episodes*, 1-31. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/020080>
- Tattersall, I. (2000). *Hominidos contemporáneos*, *Investigación y Ciencia*, 282. 14 - 20.
- Tattersall, I. (2011). Before the Neanderthals: Hominid Evolution in Middle Pleistocene Europe. En: Condemi S., Weniger GC. (eds) *Continuity and Discontinuity in the Peopling of Europe*. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. Springer, Dordrecht. pp 47-53. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0492-3_4
- Toro-Moyano, I.; Martínez-Navarro, B.; Agustí, J.; Bermúdez de Castro, J.M.; Souday, C. (2013). The oldest human fossil in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution*, 65(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2013.01.012>
- Vallverdú, J.; Saladié, P.; Rosas, A.; Huguet, R.; Cáceres, I.; Mosquera, M.; et al. (2014). Age and Date for Early Arrival of the Acheulian in Europe (Barranc de la Boella, la Canonja, Spain). *PLoS One*, 9(7). e103634. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103634>
- Vidal-Matutano, P.; Blasco, R.; Sañudo, P. y Fernández Peris, J. (2017): The Anthropogenic Use of Firewood during the European Middle Pleistocene: Charcoal Evidence from Levels XIII and XI of Bolomor Cave, Eastern Iberia (230-160 ka). *Environmental Archaeology*, 24 (3). 269-284. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1406026>
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S.O., Steffensen, J.P. et al. (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. <https://doi.org/10.1002/jqs.1227>
- Walker, M., Head, M.J., Berkelhammer, M. Björck, S. et al. (2018): Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/ Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/ subseries. *Episodes* 41 (4), 213-223. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2018/018016>
- Walker, M.J., Uriarte, M.H., López Jiménez, A., López Martínez, M., Martín Lerma, I., Van der Made, J., Duval, M., Grün, R. (2020). Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: a Dated Late Early Pleistocene Palaeolithic Site in Southeastern Spain. *Journal of Paleolithic Archaeology*, 3, 816-855. <https://doi.org/10.1007/s41982-020-00062-5>
- Zazo, C., Goy, J.L., Hillaire-Marcel, C., Gillot, P., Soler, V., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Ghaleb, B. (2002). Raised marine sequences of Lanzarote and Fuerteventura revisited, a reappraisal of relative sea-level changes in Spain. *Quaternary Science Reviews*, 21, 2019

- 20142. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(02\)00009-4](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(02)00009-4)
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C.; Ghaleb, B., González-Delgado, J.A., Soler, V. (2003). Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. *Marine Geology*, 194. 103-133. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00701-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00701-6)
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., González-Delgado, J., *et al.* (2013): Retracing the Quaternary history of sea level on Spanish Mediterranean-Atlantic coasts: a geomorphological and sedimentological approach. *Geomorphology*, 196. 36 - 49. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.10.020>

Recibido el 06 de mayo de 2021

Aceptado el 15 de noviembre de 2021

