

La historia de la vegetación y el clima del último ciclo climático (OIS5-OIS1, 140.000-10.000 años BP) en la Península Ibérica y su posible impacto sobre los grupos paleolíticos

María Fernanda SÁNCHEZ GOÑI¹
Francesco d'ERRICO²

1. INTRODUCCIÓN

La historia de la vegetación y del clima contemporáneos del Paleolítico medio en la Península Ibérica era hasta hace poco mal conocida debido a la extrema pobreza de secuencias terrestres continuas y fiables que abarcaran este periodo. En el marco del programa internacional IMAGES (*International Marine Global Change Study*) varias campañas oceanográficas con el buque francés Marion Dufresne equipado de la sonda a émbolo CALYPSO han permitido obtener una decena de largos testigos marinos alrededor del margen ibérico, algunos de los cuales cubren los últimos 425.000 años (Fig. 1). Estos testigos, caracterizados por su fuerte tasa de sedimentación y por encerrar una gran cantidad de granos de polen y esporas provenientes del continente adyacente, muestran de manera continua y detallada la respuesta de los ecosistemas del norte y sur de la Península Ibérica a los cambios climáticos del Atlántico nororiental durante los últimos 140.000 años. Este trabajo presenta una síntesis de los estudios publicados y en curso de publicación sobre los cambios climáticos detectados por estos sondeos marinos y su posible impacto sobre los grupos humanos paleolíticos.

La idea tradicionalmente aceptada de una evolución gradual del clima de los últimos millones de años controlada por los parámetros astronómicos ha sido recientemente cuestionada. Entre el final de los años 80 y principios de los 90, se ha descubierto, gracias al estudio de testigos de hielo de Groenlandia, que la variabilidad climática del último ciclo interglacial-glacial, periodo que ve el desarrollo y la extinción de los neandertales y la llegada del hombre moderno a Europa, es más compleja de lo que se pensaba (Johnsen et al., 1992). La curva de la relación de los isótopos del oxígeno (¹⁸O/

1. EPHE, UMR-CNRS 5805 EPOC, Université Bordeaux I. Avenue des Facultés, 33405 Talence, France. mf.sanchezgoni@epoc.u-bordeaux1.fr

2. IPGQ, PACEA/UMR 5199 du CNRS Université Bordeaux I. Avenue des Facultés, 33405 Talence, France. f.derrico@ipgq.u-bordeaux1.fr
Department of Anthropology, The George Washington University, Washington DC

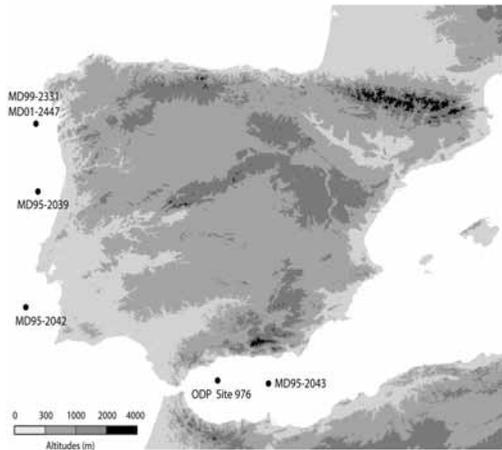


FIGURA 1: LOCALIZACIÓN DE LAS SECUENCIAS PALEOCLIMÁTICAS MARINAS RECOGIDAS EN EL MARGEN IBÉRICO QUE HAN PROPORCIONADO DATOS POLÍNICOS.

$^{16}\text{O} = \delta^{18}\text{O}$) de la secuencia de hielo groenlandesa detecta unos cuarenta cambios bruscos de temperatura, del orden de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, en la atmósfera de Groenlandia durante los últimos 123.000 años (Fig. 2). Estas oscilaciones, llamadas de Dansgaard-Oeschger (D-O), han durado entre 500 y 2000 años y el cambio climático de frío a cálido ha ocurrido en sólo unos 100 años.

Estas mismas oscilaciones han sido detectadas en los sedimentos marinos del Atlántico Norte como lo muestra la variación de las temperaturas de las aguas de superficie, SST, registradas en el análisis del sondeo oceánico MD95-2042 recogido en el margen suroeste ibérico (Shackleton *et al.*, 2000) (Fig. 2). Ciertas fases frías de D-O, marcadas por el aumento de la concentración de sedimentos gruesos llamados *Ice Rafted Detritus* (IRD) y los fuertes porcentajes del foraminífero polar *N. pachyderma* (s), indican la llegada masiva de icebergs a nuestras costas (Sánchez Gofñi *et al.*, 2000; Bard *et al.*, 2000). Estas fases asociadas a un enfriamiento importante de las aguas de superficie oceánicas han sido llamadas acontecimientos de Heinrich, en honor a su descubridor (Heinrich, 1988). Once de estas fases puntuaron el periodo entre 130.000 y 10.000 años BP y ocurrieron con una ciclicidad de entre 7 y 10.000 años. En el suroeste del margen ibérico, sin embargo, sólo 6 fases han sido claramente identificadas ya que los icebergs, provenientes en su mayor parte de Canadá, llegaron y fundieron principalmente

en la banda latitudinal entre 40 y 50°N quedando el margen portugués fuera de esta banda preferencial de depósito de IRD.

¿Qué impacto ha tenido esta fuerte variabilidad climática global sobre los ecosistemas terrestres de la Península Ibérica y, en particular, sobre la vegetación de esta región? Varias secuencias europeas largas han sido objeto de análisis polínicos. No obstante, y salvo la secuencia de Lago de Monticchio situada en el sur de Italia (Allen *et al.*, 1999), ninguna ha detectado esta gran frecuencia de cambios climáticos durante el último ciclo glacial-inter-glacial. Esta secuencia italiana detecta una cierta variabilidad climática durante este periodo pero su correlación con los cambios climáticos de Groenlandia y del Atlántico Norte es difícil debido al problema de los diferentes modelos de edad atribuidos a las secuencias marina, terrestre y de hielo. Por consiguiente no podemos asegurar si, por ejemplo, un acontecimiento de Heinrich coincidió con el desarrollo del bosque en el sur de Italia o con la expansión de la estepa. Para resolver esta cuestión varios equipos han analizado el polen encerrado en los sedimentos marinos.

2. EL POLEN EN EL OCÉANO

Es sabido que las plantas producen y dispersan una gran cantidad de granos de polen. Los granos que no fecundan los órganos femeninos caen en los sedimentos donde se conservan durante millones de años en condiciones anaeróbicas. El polen llega al océano a través de los ríos y el viento, atraviesa la columna de agua en pocas semanas formando parte de la nieve marina, y queda englobado en el sedimento oceánico junto con los restos de organismos marinos que viven en la superficie (indicadores de las temperaturas de las aguas superficiales) y en el fondo (indicadores del volumen de hielo almacenado en los casquetes polares) así como con los IRD (indicadores de la presencia de icebergs). El análisis interdisciplinar de estos sondeos marinos nos permite, por lo tanto, establecer una correlación directa entre los cambios del volumen de hielo, las temperaturas superficiales del océano, la dinámica de los icebergs y la vegetación. Así pues, gracias al estudio de testigos recogidos en el margen ibérico hemos podido determinar con certeza

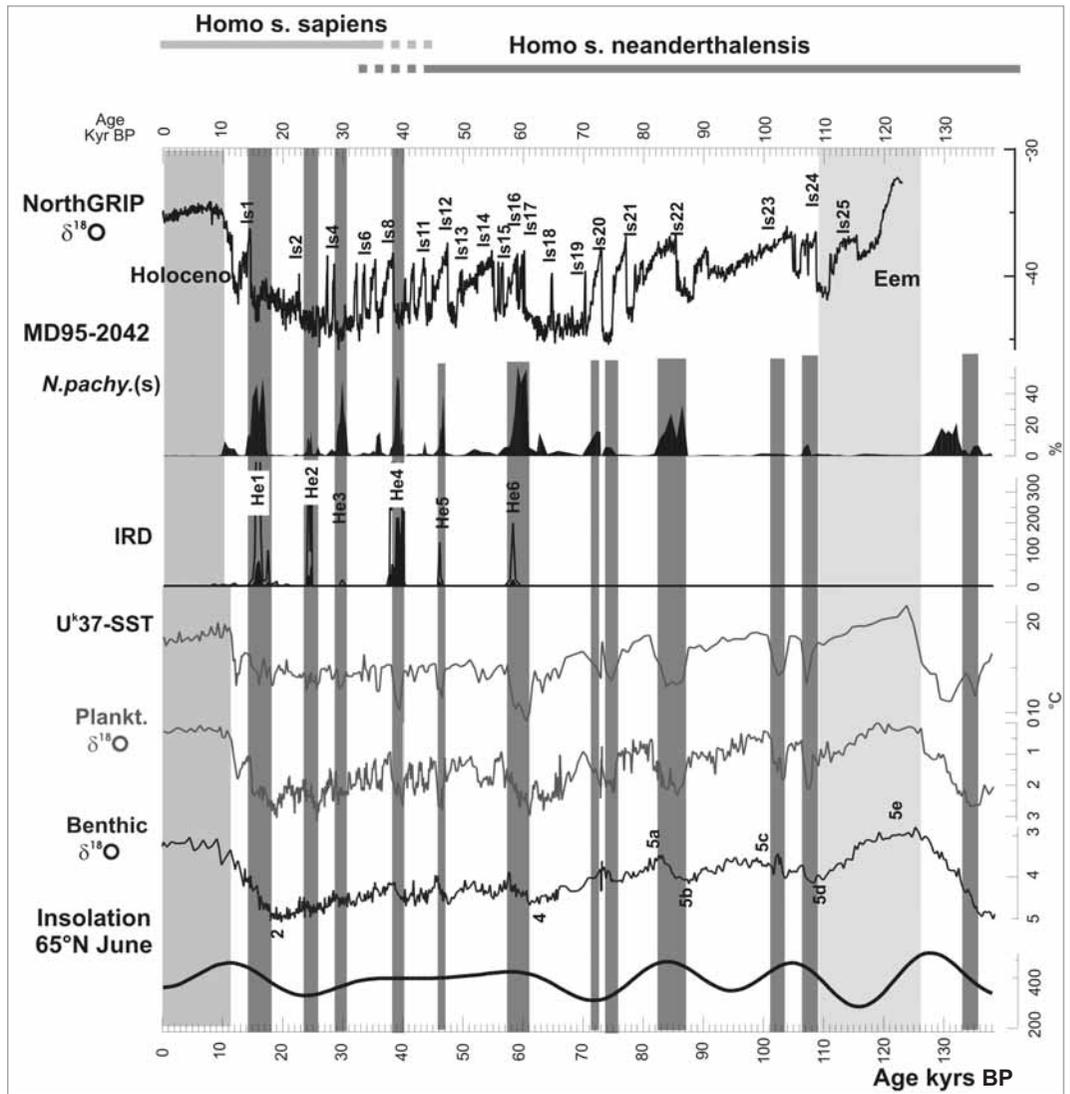


FIGURA 2: DE ABAJO A ARRIBA:
 * VARIACIÓN DE LA INSOLACION ESTIVAL A 65°N DURANTE LOS ÚLTIMOS 140.000 AÑOS.
 * ANÁLISIS MULTIPROXY DEL TESTIGO MARINO MD95-2042: A) VARIACIÓN DE LA RELACIÓN ¹⁸O/¹⁶O (δ¹⁸O) EN LOS CAPARAZONES DE LOS FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS INDICADORA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE HIELO ALMACENADO EN LOS POLOS, B) VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y SALINIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL OCEANO INDICADA POR EL ANÁLISIS ISOTÓPICO DE LOS FORAMINÍFEROS PLANTÓNICOS, C) VARIACIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL OCEANO REFLEJADA POR EL ANÁLISIS DE LAS ALQUENONAS (SUSTANCIAS EXCRETADAS POR CIERTOS ORGANISMOS PLANTÓNICOS DENOMINADOS COCOLITOS), D) CURVA DE LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS GRUESOS APORTADOS POR LOS ICEBERGS, O IRD, A LAS COSTAS IBÉRICAS SUROCCIDENTALES, E) PORCENTAJES DEL FORAMINÍFERO POLAR *N. PACHYDERMA* (S).
 * VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA ATMÓSFERA DE GROENLANDIA DURANTE LOS ÚLTIMOS 123.000 AÑOS REFLEJADA POR LA CURVA DEL δ¹⁸O OBTENIDA RECIENTEMENTE EN EL TESTIGO DE HIELO NORTHGRIP.
 LOS INTERVALOS EN GRIS OSCURO INDICAN LOS ACONTECIMIENTOS DE HEINRICH. LOS INTERVALOS EN GRIS CLARO INDICAN LON INTERGLACIARES EEMIENSE Y HOLOCENO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.

el tipo de vegetación y clima de la Península Ibérica durante las diferentes fases de D-O y los acontecimientos de Heinrich. No obstante, nos podemos preguntar si realmente los conjuntos polínicos marinos representan una imagen fiable de la vegetación del continente adyacente.

La comparación de espectros polínicos actuales terrestres, estuarinos y oceánicos

muestra que el polen de los sedimentos marinos del margen ibérico occidental es representativo de la vegetación del oeste de la Península (Desprat, 2005) (Fig. 3).

En el norte, el espectro polínico del sedimento de la ría de Vigo, que refleja una imagen integrada de la vegetación de la cuenca hidrográfica a la que pertenece, es casi idéntico al oceánico. Sin embargo, el polen

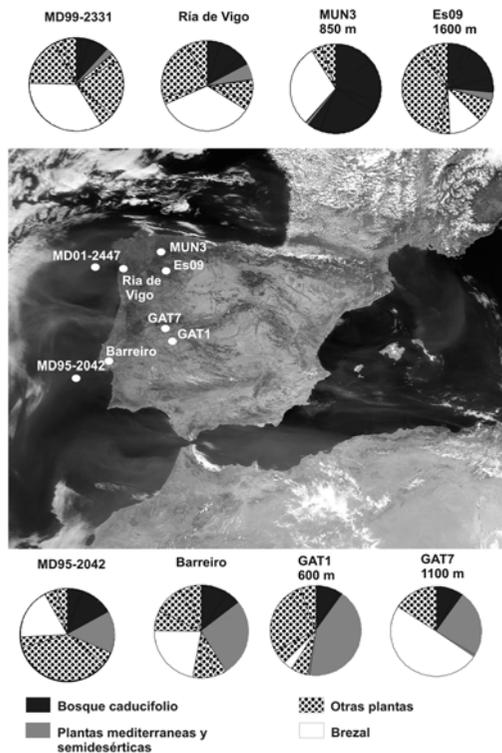


FIGURA 3: ESPECTROS POLÍNICOS ACTUALES PROVENIENTES DE MUESTRAS DE SUPERFICIE TERRESTRES (MUN3, ES09, GAT1, GAT7), ESTUARINAS (RÍA DE VIGO Y BARREIRO) Y MARINAS (MD99-2331 Y MD95-2042).

de los brezos domina en los espectros de baja altitud a diferencia de lo que ocurre en el espectro situado a 1600 m s.n.m. Los porcentajes del polen de plantas mediterráneas, sobretodo *Quercus* tipo *ilex*, *Olea* y *Cistus* y semi-desérticas (*Artemisia*, *Ephedra* y *Chenopodiacea*) son casi nulos. En el sur, sin embargo, estas plantas están bien representadas. Esta diferencia entre los espectros del norte y del sur indica que éstos identifican de manera fiable la vegetación de las dos regiones biogeográficas que caracterizan la Península Ibérica. Una prueba de ello es que cuando comparamos la secuencia polínica terrestre de La Roya (Zamora, 1600 m s.n.m.) con la secuencia polínica marina del sondeo MD99-2331 situado frente a Galicia (Naughton *et al.*, en preparación), cubriendo ambas los últimos 14.000 años, observamos una gran semejanza entre los dos registros polínicos. Los brezos (*Ericaceae*) presentan, sin embargo, diferentes porcentajes polínicos debido, como hemos visto anteriormente, a la subrepresentación de estas plantas en los espectros polínicos de altitud donde la secuencia de La Roya está situada.

La riqueza florística que presentan estos conjuntos polínicos marinos nos ha permitido además aplicar ecuaciones de transferencia para estimar cuantitativamente las temperaturas y precipitaciones del continente en el pasado. El método que hemos utilizado es el de los mejores análogos modernos (Guiot, 1990; Peyron *et al.*, 1998). Este método está basado en la comparación de los conjuntos polínicos fósiles con los conjuntos actuales más parecidos y la atribución a los fósiles de los valores climáticos de estos últimos. Para ello disponemos de una base de datos compuesta de 1328 espectros polínicos actuales repartidos en Eurasia y norte de Africa.

3. VARIABILIDAD CLIMÁTICA RÁPIDA Y CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS IBÉRICOS

El análisis polínico del testigo MD95-2042 y los resultados preliminares del sondeo recogido frente a Galicia, MD99-2331, muestran que la vegetación y, por lo tanto, el clima de la Península Ibérica han respondido a cada uno de los cambios climáticos rápidos detectados en los testigos de hielo y marinos. Una de las ventajas de la secuencia marina meridional es que ha podido ser datada con bastante precisión (Shackleton *et al.*, 2003). La cronología de la base de la secuencia se basa en la comparación de una serie de pausas en la evolución del nivel del mar (volumen de hielo) identificadas en la curva de la relación $^{18}O/^{16}O$ de los foraminíferos bentónicos del estadio isotópico 5 (MIS5, 132.000-74.000 años BP) con estas mismas pausas detectadas y datadas por el U/Th en diferentes terrazas coralíferas. La cronología de la parte superior de la secuencia se basa en 28 dataciones ^{14}C (Bard *et al.*, 2004; Shackleton *et al.*, 2004).

A) El paisaje de los neandertales entre 132.000 y 60.000 años antes del presente.

Entre 132.000 y 128.000 BP, las zonas septentrionales del hemisferio norte recibieron un máximo de insolación estival asociado a un aumento del dióxido de carbono (registrado en el sondeo de hielo de Vostok en la Antártida), al proceso de deglaciación (fusión de los casquetes polares y elevación del nivel del mar) y al aumento global de la

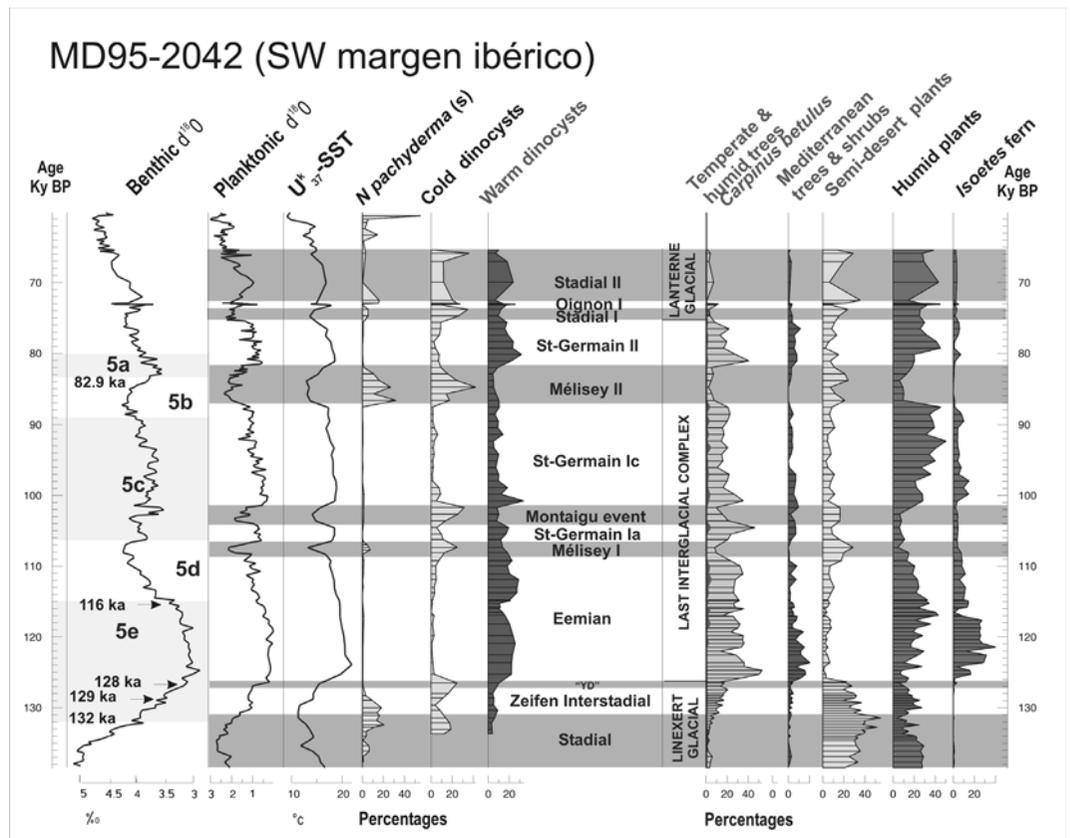


FIGURA 4: CAMBIOS CLIMÁTICOS Y DE VEGETACIÓN EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA ENTRE 132.000 Y 70.000 BP A TRAVÉS DEL ESTUDIO PALEOCLIMÁTICO DEL SONDEO MARINO MD995-2042 RECUPERADO FRENTE A LISBOA. DE IZQUIERDA A DERECHA SE OBSERVAN: A) LA CURVA DE LOS ISÓTOPOS BENTÓNICOS QUE INDICA LOS CAMBIOS EN EL VOLUMEN DE HIELO ALMACENADO EN LOS CASQUETES POLARES; B) LA CURVA DE LOS ISÓTOPOS PLANTÓNICOS QUE REFLEJA VARIACIONES CUALITATIVAS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL OCEANO; C) LA VARIACIÓN CUANTITATIVA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL ANUAL DEL OCEANO O SST (SEA SURFACE TEMPERATURES) SEGÚN EL ANÁLISIS DE LAS ALQUENONAS (SUSTANCIAS EXCRETADAS POR CIERTOS ORGANISMOS PLANTÓNICOS DENOMINADOS COCOLITOS), D) LAS CURVAS DE PORCENTAJES POLÍNICOS DE LOS ÁRBOLES TEMPLADOS, SOBRETUDO ROBLE, DE LOS ÁRBOLES Y ARBUSTOS MEDITERRÁNEOS (ENCINA, OLIVO, PISTACIA), DE LAS PLANTAS SEMIDESÉRTICAS (ARTEMISA, CHENOPODIACEAE Y EPHEDRA) Y DE LAS PLANTAS HÚMEDAS (ERICACEAS Y EL HELECHO ISOETES). EL INICIO DEL PERIODO INTERGLACIAR EEMIENSE ESTÁ DOMINADO EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA POR FORMACIONES MEDITERRÁNEAS. UNA SUCESIÓN DE PERIODOS FRÍOS (EN GRIS) Y TEMPLADOS (EN BLANCO) CARACTERIZAN EL INTERVALO ENTRE 110.000 Y 70.000 AÑOS BP.

temperatura de nuestro planeta. Este y el periodo siguiente (128.000-74.000 BP), son conocidos como el último periodo interglaciario (MIS 5) y duró unos 58.000 años. El análisis del testigo MD95-2042 recogido frente a Lisboa muestra que la expansión máxima del bosque mediterráneo en el suroeste de la Península se produjo hacia 126.000 años BP y, por lo tanto, 2.000 años después que el volumen de hielo alcanzara valores mínimos (128.000 BP). El paisaje forestal perduró en esta región 16.000 años, hasta 110.000 BP, es decir, 6000 años más que el inicio del proceso de acumulación de hielo en los casquetes polares datado a 116.000 BP. Se estima, estudiando los conjuntos de foraminíferos planctónicos encerrados en los mismos sedimentos o analizando las alquenonas (sustancias secretadas por ciertos organis-

mos marinos), que las temperaturas de las aguas superficiales (SST) de nuestras costas fueron durante el interglaciario Eemiense similares a las actuales (Sánchez Goñi *et al.*, 1999; Paillet y Bard, 2002; Shackleton *et al.*, 2003) (Fig. 4).

El análisis polínico del sondeo marino MD99-2331 situado frente a Galicia indica que los sucesivos grupos de neandertales que habitaron en el norte de la Península Ibérica disfrutaron durante los 4.000 años de deshielo, 132-128.000 BP, de una mejoría climática acompañada del desarrollo de un bosque abierto de enebro, abedul y roble (Fig. 5) (Sánchez Goñi *et al.*, 2005). Entre 128.000 y 126.000 BP, una pulsación fría análoga al Dryas reciente produjo un paro momentáneo de la expansión del bosque

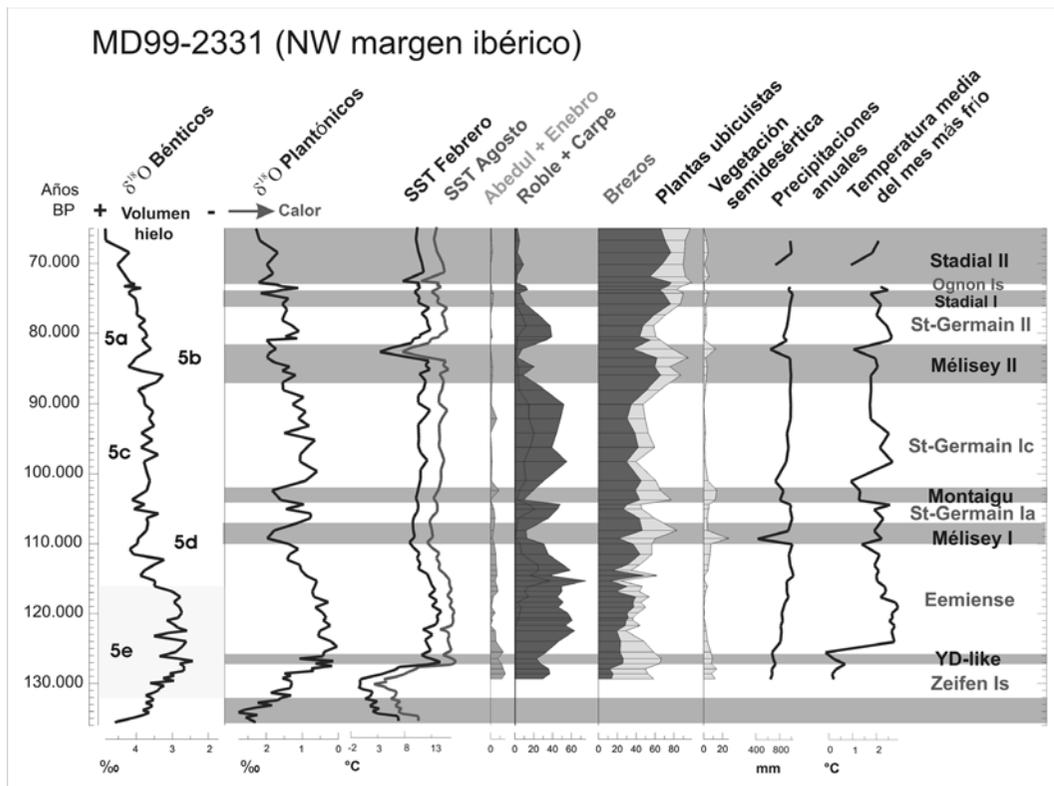


FIGURA 5: CAMBIOS CLIMÁTICOS Y DE VEGETACIÓN EN EL NOROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA ENTRE 132.000 Y 65.000 BP A TRAVÉS DEL ESTUDIO PALEOCLIMÁTICO DEL SONDEO MARINO MD99-2331 RECUPERADO FRENTE A GALICIA. DE IZQUIERDA A DERECHA SE OBSERVAN: A) LA CURVA DE LOS ISÓTOPOS BENTÓNICOS QUE INDICA LOS CAMBIOS EN EL VOLUMEN DE HIELO ALMACENADO EN LOS CASQUETES POLARES; B) LA CURVA DE LOS ISÓTOPOS PLANTÓNICOS QUE REFLEJA VARIACIONES CUALITATIVAS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD DE LAS AGUAS OCEÁNICAS DE SUPERFICIE; C) LA CURVA DE LOS VALORES CANTITATIVOS DE ESTAS TEMPERATURAS O SST (SEA SURFACE TEMPERATURES) DE INVIERNO Y VERANO ESTIMADOS A PARTIR DE UNA ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA, SIMILAR A LA EXPLICADA EN EL TEXTO PARA LOS CONJUNTOS POLÍNICOS, APLICADA A LOS CONJUNTOS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS FÓSILES; D) LAS CURVAS DE PORCENTAJES POLÍNICOS DE LOS ÁRBOLES TEMPLADOS, SOBRETODRO ROBLE Y CARPE, DE LOS BREZOS Y DE LAS PLANTAS UBICUISTAS Y ESTÉPICAS QUE INDICAN, EN LA BASE, EL PERIODO INTERGLACIAR EEMIENSE DOMINADO POR BOSQUES DE CADUCIFOLIOS Y DESPUÉS UNA SUCESIÓN DE PERIODOS FRÍOS (EN GRIS) Y TEMPLADOS (EN BLANCO); E) LAS CURVAS DE LAS ESTIMACIONES DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL MES MÁS FRÍO (MTCO) Y DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN EL NOROESTE DE LA PENÍNSULA.

caducifolio. El período sucesivo Eemiense, 126-116.000 BP, vio el máximo desarrollo del bosque de roble (*Quercus caducifolia*) y carpe (*Carpinus betulus*) en el norte de la Península Ibérica concomitante con las temperaturas más altas en la superficie del océano. Al principio de este interglaciar, la temperatura media del mes más frío o MTCO (*Mean Temperature of the Coldest month*) en la región cantábrica, estimada a partir de la aplicación de la técnica de los análogos modernos a los espectros polínicos fósiles, era similar a la actual, $\sim 5^{\circ}\text{C}$, disminuyendo al final de este periodo interglaciar. Esta disminución de temperaturas estuvo acompañada de un aumento de las precipitaciones que pasaron de unos 600 mm a valores próximos a los actuales (~ 1000 mm). Después del Eemiense, entre 110.000 y 74.000 BP, cuatro periodos fríos, caracterizados por el desarrollo de formaciones de tipo

estepa con Compuestas, Gramíneas y Ericáceas, alternaron con cuatro periodos cálidos que permitieron la extensión de formaciones de bosque abierto dominadas en el norte por roble y carpe y en el sur por roble y encina. La MTCO y las precipitaciones anuales de las fases frías descendieron respectivamente hasta alrededor de 0°C y 400 mm.

Los 14.000 años, entre 74.000 y 60.000 BP (MIS 4), que sucedieron a este periodo globalmente cálido se caracterizaron por un mínimo de la insolación estival sobre las latitudes septentrionales del hemisferio norte. Esto produjo la extensión máxima de los casquetes polares ($\sim 25 \times 10^6 \text{ km}^3$ de hielo en el hemisferio norte frente a los $\sim 5 \times 10^6 \text{ km}^3$ en interglaciar), un nivel del mar de un centenar de metros por debajo del nivel actual y bajas temperaturas en el océano (unos 10°C por

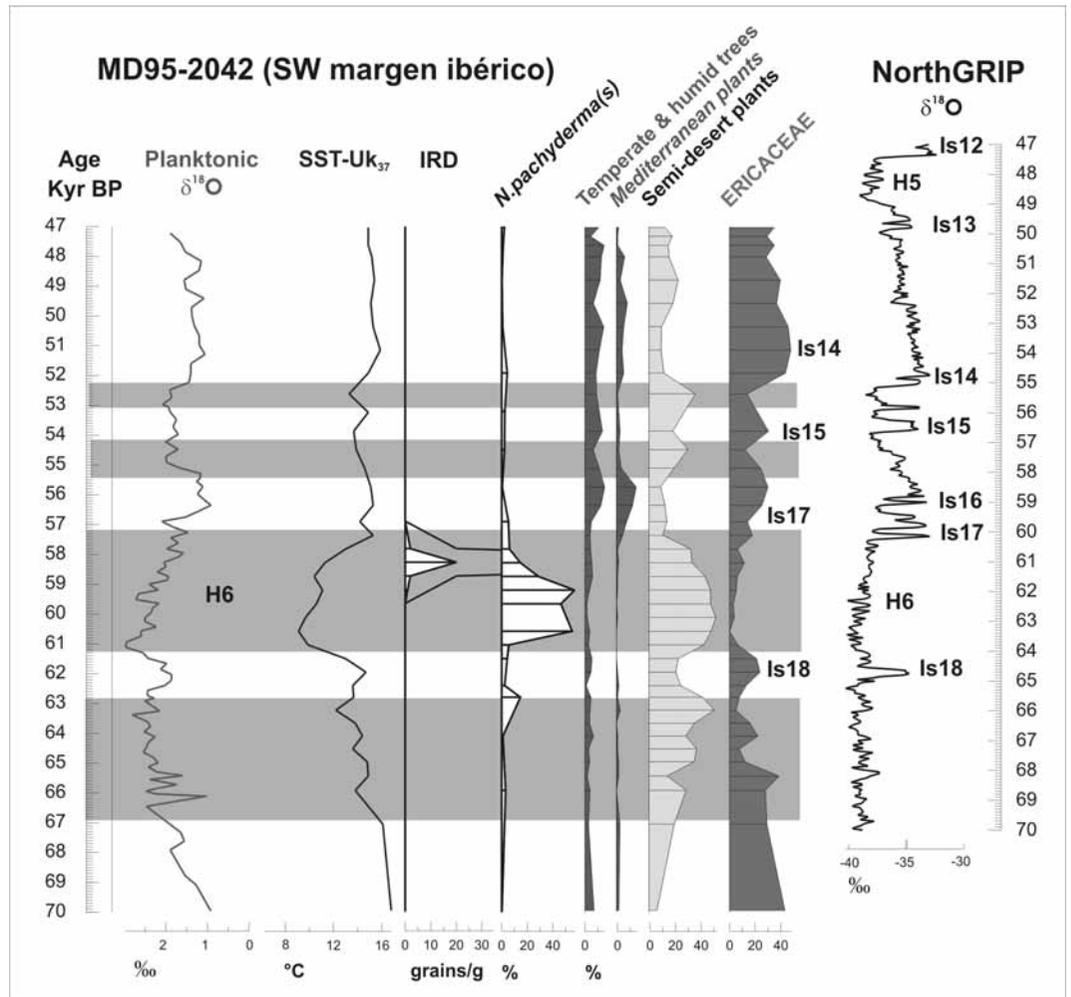


FIGURA 6: CAMBIOS CLIMÁTICOS Y DE VEGETACIÓN EN EL SUROESTE DE LA PENINSULA IBÉRICA ENTRE 70.000 Y 47.000 AÑOS BP. DE IZQUIERDA A DERECHA SE OBSERVAN: A) LA CURVA DE LOS ISÓTOPOS PLANTONICOS QUE REFLEJA VARIACIONES CUALITATIVAS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL OCEANO; B) LA VARIACION CUANTITATIVA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL ANUAL DEL OCEANO O SST (SEA SURFACE TEMPERATURES) SEGUN EL ANALISIS DE LAS ALQUENONAS (SUSTANCIAS EXCRETADAS POR CIERTOS ORGANISMOS PLANTONICOS DENOMINADOS COCOLITOS), C) LA CURVA DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS GRUESOS APORTADOS POR LOS ICEBERGS, O IRD, A LAS COSTAS IBERICAS SUROCCIDENTALES, D) LOS PORCENTAJES DEL FORAMINIFERO POLAR *N. PACHYDERMA* (S), E) LAS CURVAS DE PORCENTAJES POLINICOS DE LOS ARBOLES TEMPLADOS, SOBRETUDO ROBLE, DE LOS ARBOLES Y ARBUSTOS MEDITERRANEOS (ENCINA, OLIVO, PISTACIA), DE LAS PLANTAS SEMIDESERTICAS (*ARTEMISIA*, *CHENOPODIACEAE* Y *EPHEDRA*) Y DE LAS ERICACEAS. F) VARIACION DE LA TEMPERATURA DE LA ATMOSFERA DE GROENLANDIA REFLEJADA POR LA CURVA DEL $\delta^{18}\text{O}$ OBTENIDA RECIENTEMENTE EN EL TESTIGO DE HIELO NORTHGRIP.

debajo de las actuales). El hielo cubría la casi totalidad del norte de Europa y las islas Británicas. El testigo MD95-2042 refleja una disminución progresiva de la SST que coincide con un desarrollo progresivo de las plantas semi-desérticas (Fig. 6).

Entre 63.000 y 61.000 años BP se observa un recalentamiento de las aguas superficiales del océano y un aumento de los brezales pero sin desarrollo aparente del bosque caducifolio. Este periodo se caracterizó probablemente por un aumento de humedad. El aumento de la temperatura en el continen-

te, si lo hubo, no fue suficiente para permitir el desarrollo de este bosque caducifolio. Hacia 61.000 años BP, se observa una disminución de la SST concomitante con el desarrollo de las plantas semi-desérticas. Una muestra de este periodo se caracteriza por un gran porcentaje, 30%, de polen de *Ephedra* reflejando condiciones de aridez extrema en el sur de la Península Ibérica. Este episodio dio paso a una sucesión de expansiones de roble y encina, correlacionados con los interstadios de D-O 17, 16, 15 y 14. Para el norte de la Península Ibérica, sólo disponemos de datos polínicos para la

primera parte de este periodo (74-65.000 años BP). Estos datos indican que esta región estaba por aquel entonces colonizada fundamentalmente por una formación estépica dominada por Gramíneas, Compuestas y Ericáceas.

B) La variabilidad climática contemporánea de la transición Homo sapiens neanderthalensis/H. sapiens sapiens y de

los primeros hombres anatómicamente modernos.

El periodo del pasado mejor documentado desde el punto de vista climático y ambiental es, sin duda, el intervalo que cubre los últimos 60.000 años (MIS 3, 2 y 1).

El estudio paleoclimático de las dos secuencias marinas mencionadas anteriormente

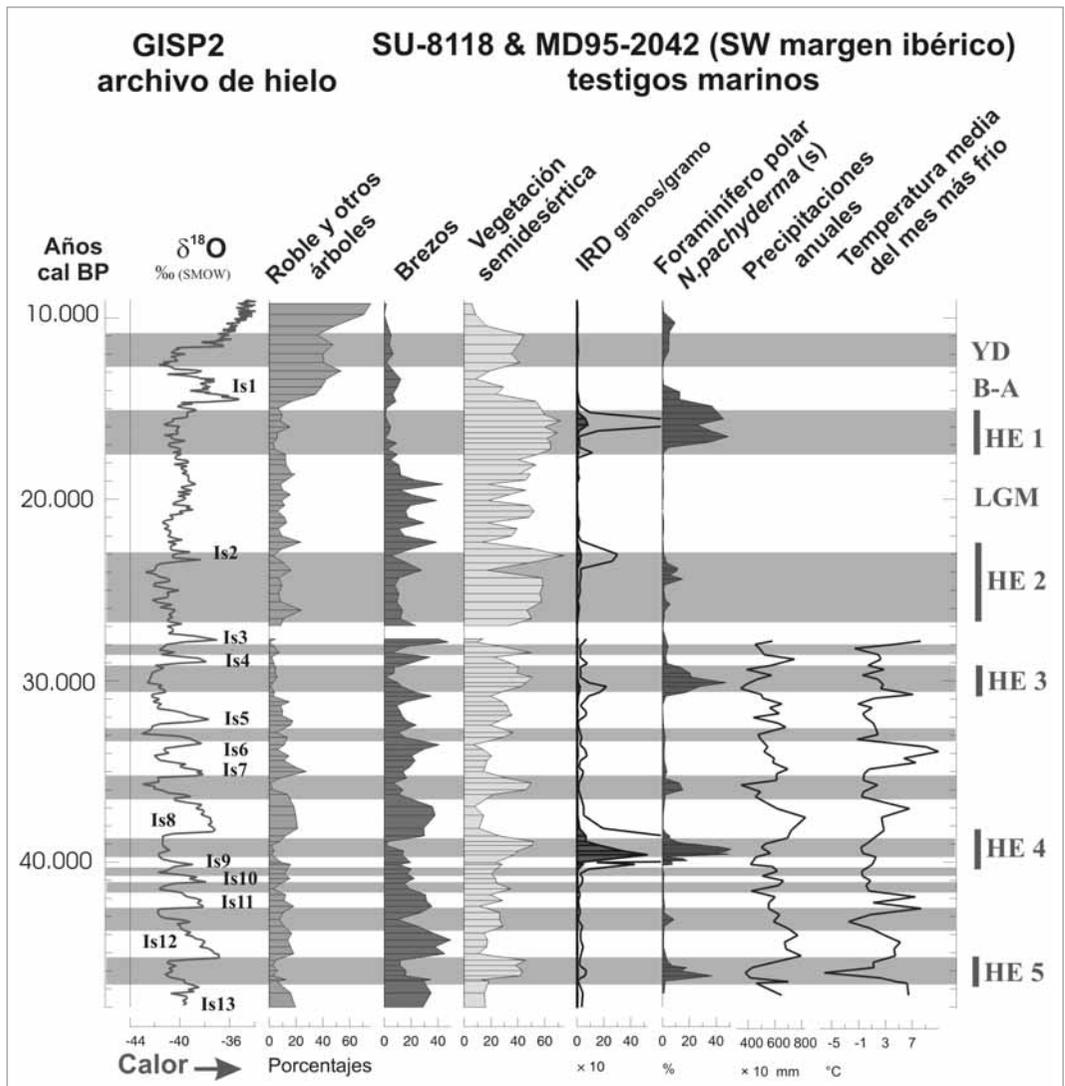


FIGURA 7: CAMBIOS CLIMÁTICOS Y DE VEGETACIÓN EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA ENTRE 48.000 BP Y EL PRESENTE. DE IZQUIERDA A DERECHA SE OBSERVAN: A) LA CURVA DE LOS ISÓTOPOS DEL HIELO DEL SONDEO GROENLANDÉS GISP2 QUE REFLEJA LAS VARIACIONES DE LA TEMPERATURA EN LA ATMÓSFERA DE GROENLANDIA. LOS INTERESTADIOS DE D-O DE LOS ÚLTIMOS 48.000 AÑOS ESTÁN REPRESENTADOS POR IS Y NUMERADOS DE 1 A 13; B) LAS CURVAS DE LOS PORCENTAJES POLÍNICOS DE LOS ÁRBOLES TEMPLADOS, SOBRETODO ROBLE, DE LOS BREZOS Y DE LAS PLANTAS SEMIDESÉRTICAS QUE INDICAN LA EXISTENCIA DE UNA ALTERNANCIA RÁPIDA DE FASES FRÍAS Y TEMPLADAS ENTRE 48.000 Y 10.000 AÑOS BP; C) LA CURVA DE LAS CONCENTRACIONES DE IRD (SEDIMENTO GRUESO PROVENIENTE DE LA FUSIÓN DE LOS ICEBERGS) EN GRANOS/GRAMO DE SEDIMENTO SECO QUE REFLEJA LA LLEGADA DE ICEBERGS A LAS COSTAS DEL SUR DE PORTUGAL DURANTE LOS CINCO ACONTECIMIENTOS DE HEINRICH H5, H4, H3, H2 Y H1 - DETECTADOS EN ZONAS MÁS SEPTENTRIONALES DEL OCEANO ATLÁNTICO; D) LA CURVA DE LOS PORCENTAJES DEL FORAMINÍFERO POLAR *N. PACHYDERMA* (S) QUE DEMUESTRA LA EXISTENCIA DE AGUAS FRÍAS ASOCIADAS A LA LLEGADA DE ESTOS ICEBERGS; E) LAS CURVAS DE LAS ESTIMACIONES DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL MES MÁS FRÍO (MTCO) Y DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA. ENTRE LOS ACONTECIMIENTOS FRÍOS H2 Y H1, LGM (LAST GLACIAL MAXIMUM) HACE REFERENCIA AL ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAR (MÁXIMA EXTENSIÓN DE LOS CASQUETES POLARES ENTRE 20.000 Y 15.000 BP). B-A INDICA EL INTERESTADIO BÖLLING-ALLERÖ D. YD INDICA LA FASE FRÍA DEL DRYAS RECIENTE.

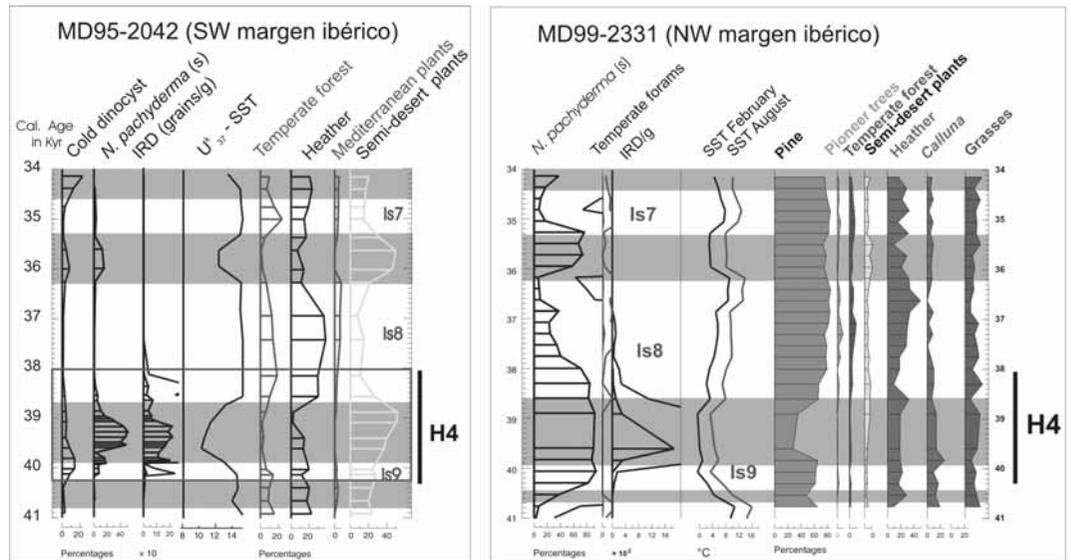


FIGURA 8: ENFOQUE DE LA EVOLUCIÓN CLIMÁTICA Y DE LA VEGETACIÓN DEL INTERVALO ENTRE 41.000 Y 34.000 AÑOS BP, MOMENTO DE LA TRANSICIÓN *HOMO SAPIENS SAPIENS/HOMO S. NEANDERTHALENSIS*. A LA IZQUIERDA ESTÁ REPRESENTADO EL ANÁLISIS MULTIPROXY DEL SONDEO MD95-2042. DE IZQUIERDA A DERECHA SE OBSERVAN: A) LA CURVA DE LOS PORCENTAJES DE LOS DINOQUISTES FRÍOS, B) LA CURVA DE LAS CONCENTRACIONES DE IRD (SEDIMENTO GRUESO PROVENIENTE DE LA FUSIÓN DE LOS ICEBERGS) EN GRANOS/GRAMO DE SEDIMENTO SECO QUE IDENTIFICA CLARAMENTE EL ACONTECIMIENTO H4 EN EL SUROESTE DEL MARGEN IBÉRICO, C) LA CURVA DE LOS PORCENTAJES DEL FORAMINÍFERO POLAR *N. PACHYDERMA* (S) QUE DEMUESTRA LA EXISTENCIA DE AGUAS FRÍAS ASOCIADAS A LA LLEGADA DE ESTOS ICEBERGS, D) LA VARIACIÓN CUANTITATIVA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL ANUAL DEL OCEANO O SST (SEA SURFACE TEMPERATURES) SEGÚN EL ANÁLISIS DE LAS ALQUENONAS (SUSTANCIAS EXCRETADAS POR CIERTOS ORGANISMOS PLANTÓNICOS DENOMINADOS COCOLITOS), LAS CURVAS DE PORCENTAJES POLÍNICOS DE LOS ÁRBOLES TEMPLADOS, SOBRETODORO ROBLE, DE LAS ERICÁCEAS, DE LOS ÁRBOLES Y ARBUSTOS MEDITERRÁNEOS (ENCINA, OLIVO, PISTACIA) Y DE LAS PLANTAS SEMIDESÉRTICAS (*ARTEMISIA*, *CHENOPODIACEAE* Y *EPHEDRA*). A LA DERECHA ESTÁ REPRESENTADO EL ANÁLISIS MULTIPROXY DEL SONDEO MD99-2331. DE IZQUIERDA A DERECHA SE OBSERVAN: A) LA CURVA DE LOS PORCENTAJES DEL FORAMINÍFERO POLAR *N. PACHYDERMA* (S) Y LA CURVA DE LOS PORCENTAJES DE LOS FORAMINÍFEROS TEMPLADOS, B) LA CURVA DE LAS CONCENTRACIONES DE IRD (SEDIMENTO GRUESO PROVENIENTE DE LA FUSIÓN DE LOS ICEBERGS) EN GRANOS/GRAMO DE SEDIMENTO SECO QUE IDENTIFICA CLARAMENTE EL ACONTECIMIENTO H4 EN EL SUROESTE DEL MARGEN IBÉRICO, C) LA CURVA DE LOS VALORES CUANTITATIVOS DE ESTAS TEMPERATURAS O SST (SEA SURFACE TEMPERATURES) DE INVIERNO Y VERANO ESTIMADOS A PARTIR DE UNA ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA, SIMILAR A LA EXPLICADA EN EL TEXTO PARA LOS CONJUNTOS POLÍNICOS, APLICADA A LOS CONJUNTOS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS FÓSILES, D) LAS CURVAS DE LOS PORCENTAJES POLÍNICOS DE PINO, ÁRBOLES PIONEROS, ÁRBOLES CADUCIFOLIOS, PLANTAS SEMIDESÉRTICAS, ERICÁCEAS, *CALLUNA* Y GRAMÍNEAS.

identifica claramente la llegada a nuestras costas de armadas de icebergs en seis ocasiones: hace aproximadamente 60.000 años y 45.000 años BP (acontecimientos de Heinrich 6=HE 6 y HE 5), entre 35.300 y 33.900 años BP (HE 4), entre 28.000 y 26.000 años BP (HE 3), entre 22.600 y 20.300 años BP (HE 2) y entre 15.400 y 13.000 años BP (HE 1) (Sánchez Goñi *et al.*, 2000, 2002; Turon *et al.*, 2003). El análisis polínico de la secuencia meridional muestra que los cambios de la vegetación y, por lo tanto, del clima del suroeste de la Península Ibérica coinciden de manera inequívoca con la sucesión de estadios e interestadios de D-O (Fig. 7). Además, estos estudios muestran claramente que la respuesta de la vegetación a los cambios climáticos fue rápida, del orden de 150 años, y contemporánea de las fluctuaciones de la temperatura de las aguas de superficie del Atlántico Norte. Los episodios fríos de Groenlandia se corresponden en el suroeste de la Península con el desarrollo de una vegetación de tipo semi-desértico dominada por *Artemisia*, *Chenopo-*

diaceae y *Ephedra*. Los episodios templados groenlandeses coinciden con la expansión de bosques abiertos mediterráneos compuestos fundamentalmente por pinos, melojos y encinas.

El análisis polínico que estamos realizando en el testigo septentrional sugiere que los episodios fríos de D-O y, en particular, los acontecimientos de Heinrich se caracterizaron por formaciones abiertas de tipo estépico con dominancia de gramíneas, compuestas y brezos, similares a las registradas durante las fases frías del MIS 5 y durante el MIS 4, mientras que los aumentos de temperatura quedan reflejados por una ligera expansión de las poblaciones de roble y pino (Fig. 8).

En la región mediterránea y durante los acontecimientos de Heinrich 5, 4 y 3 las precipitaciones anuales y las MTCO estimadas son, respectivamente, unos 400 mm y 6 a 13°C inferiores a las actuales. Las temperaturas estivales del océano fueron, a su vez, de unos 10°C, es decir, 10°C más bajas que

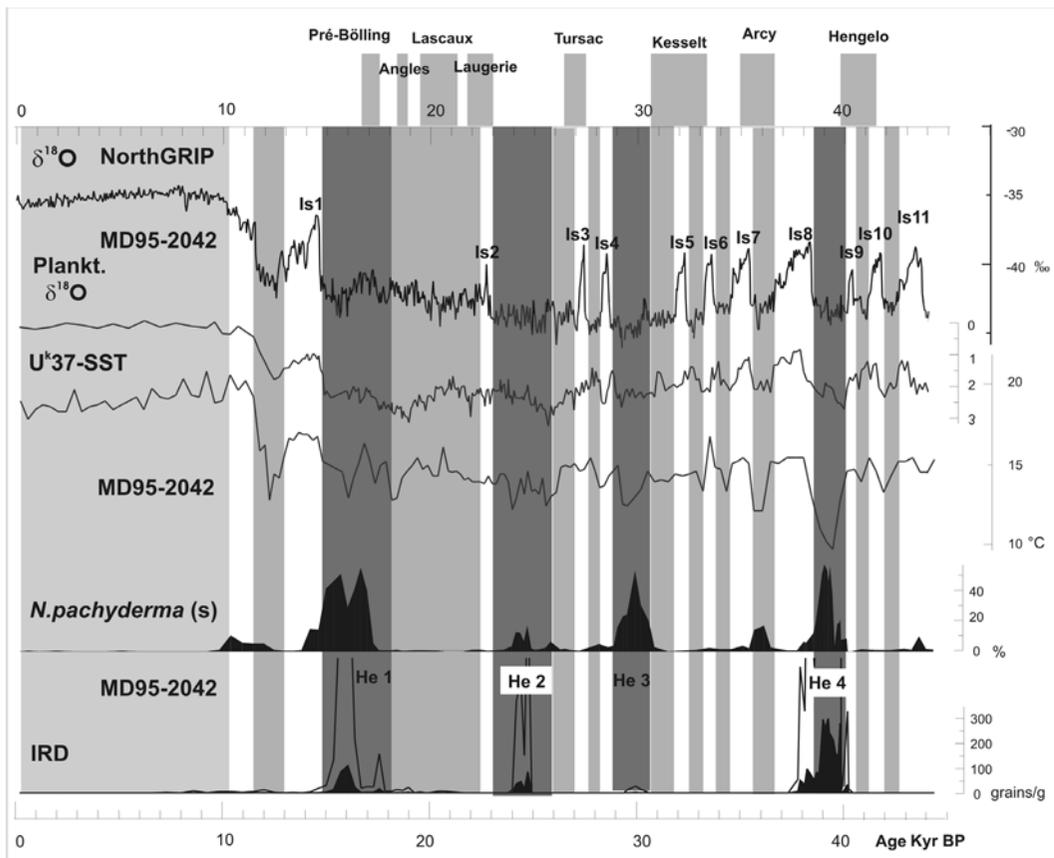


FIGURA 9: COMPARACIÓN ENTRE LA CRONOLOGÍA DE LOS INTERESTADIOS PROPUESTOS EN EL PASADO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS POLÍNICO DE SECUENCIAS ARQUEOLÓGICAS EN CUEVA Y LOS INTERESTADIOS BIEN IDENTIFICADOS Y DATADOS EN SECUENCIAS MARINAS Y DE HIELO. DE ABAJO A ARRIBA SE OBSERVAN DIFERENTES CURVAS PALEOCLIMÁTICAS (CONCENTRACIONES DE IRD, PORCENTAJES DEL FORAMINÍFERO POLAR *N. PACHYDERMA* (S), TEMPERATURAS SUPERFICIALES DEL OCEANO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE LAS ALQUENONAS Y DEL δ¹⁸O DE LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS) PROVENIENTES DEL ANÁLISIS DEL TESTIGO MD95-2042 (SUROESTE DEL MARGEN IBÉRICO) Y LA CURVA DE LAS TEMPERATURAS DE GROENLANDIA SEGÚN EL ANÁLISIS DEL δ¹⁸O DE LA SECUENCIA DE HIELO NORTHGRIP. LOS INTERVALOS EN GRIS OSCURO IDENTIFICAN LOS ACONTECIMIENTOS DE HEINRICH.

las de nuestros días. Durante estos acontecimientos, la Península Ibérica estuvo sometida además a fuertes vientos del sur y del noroeste (Moreno *et al.*, 2002). Durante las fases templadas, las estimaciones de las precipitaciones y temperaturas indican, por el contrario, que el clima fue parecido al actual. Entre los años 1950 y 1990, varios investigadores han sugerido, estudiando el polen encerrado en niveles de la transición Paleolítico medio/superior y del Paleolítico superior de cuevas francesas y belgas, la existencia de varios episodios templados entre 40.000 y 10.000 años BP: los interestadios de Les Cottés (39-37.000 BP), Arcy (30.370 BP), Kesselt (28.000 BP), Tursac (23.000 BP), Laugerie (19.200 BP), Lascaux (17.000 BP), Angles-sur-l'Anglin (15.700 BP) y Pré-Bölling (14.500 BP). La revisión de los diagramas polínicos en los que se habrían identificado por primera vez estos interestadios

ha mostrado, sin embargo, que su existencia no está demostrada por una serie de razones explicadas en detalle en varios trabajos (Turner y Hannon, 1988; Sánchez Goñi, 1991, 1993, 1994, 1996). Esta revisión muestra, por ejemplo, que la identificación de tales oscilaciones se basa en la presencia puntual (porcentajes generalmente inferiores a 1%) de plantas termomésófilas en conjuntos polínicos dominados por las plantas herbáceas. Según los estudios sobre la representación polínica de las diferentes comunidades vegetales actuales, tales conjuntos sólo pueden ser interpretados, en ausencia de actividad antrópica, como paisajes abiertos resultado de climas fríos o áridos. Las recientes dataciones ¹⁴C de las secuencias marinas demuestran ahora que estas críticas eran fundadas. Las fechas de estos supuestos interestadios no coinciden con la cronología de los interestadios de D-O

bien detectados en numerosas secuencias marinas y de hielo (Fig. 9).

4. VARIABILIDAD CLIMÁTICA RÁPIDA Y EXTINCIÓN DE LOS NEANDERTALES

¿Qué impacto tuvieron estos cambios climáticos y de los ecosistemas terrestres sobre los cazadores-recolectores paleolíticos así como sobre la distribución geográfica de estos últimos? ¿Cómo modificaron las estrategias de subsistencia (caza, pesca, recolección, acceso a las materias primas para la producción de útiles, distribución de los asentamientos) y las manifestaciones simbólicas (acceso a las cuevas pintadas, temas representados...) de nuestros antepasados? ¿Estos cambios, controlaron o influenciaron la extinción de los Neandertales y la llegada de los hombres anatómicamente modernos en Europa, entre 37.000 y 29.000 años BP? Es sabido que los Neandertales, como los hombres anatómicamente modernos debieron adaptarse, durante el último periodo glacial a un medio inhóspito que influyó ciertamente sobre los intercambios genéticos y culturales entre estos dos grupos humanos.

Explorar la relación entre la evolución del clima y la historia de las poblaciones humanas es, sin embargo, una tarea difícil debido al carácter fragmentario de las secuencias arqueológicas. Estos palimpsestos de ocupaciones sucesivas, cuya duración es a menudo difícil de establecer, suministran una importante información paleoambiental, a través por ejemplo del estudio de la fauna, para establecer la relación hombre-medio en el momento de su ocupación. No obstante, éstos ofrecen pocos indicios, fuera de los fechas ¹⁴C, para relacionar estas ocupaciones con los cambios climáticos definidos en las secuencias marinas y de hielo. Además, las fechas ¹⁴C de los yacimientos arqueológicos deben someterse a un análisis crítico antes de ser utilizadas para correlacionar fenómenos climáticos y culturales (Zilhão y d'Errico, 1999). Se constata, por ejemplo para el Paleolítico superior antiguo, que los fechas ¹⁴C realizadas en el pasado con métodos convencionales son a menudo significativamente más jóvenes de las obtenidas recientemente por espectrometría de masa por acelerador (AMS), método utilizado sistemáticamente para datar las secuencias

marinas (d'Errico y Sánchez Goñi, 2003). Otros sesgos dependientes de la naturaleza de las muestras datadas y de su contexto arqueológico deben también tenerse en cuenta antes de establecer la susodicha correlación.

El estudio a alta resolución de los testigos marinos continuos y ricos en polen provenientes del margen ibérico y la creación de una base de datos georeferenciada de los asentamientos, sepulturas y cuevas decoradas con sus fechas ¹⁴C correspondientes nos han permitido por primera vez establecer una correlación detallada entre los cambios climáticos y medioambientales de la Península Ibérica y la sucesión de los tecnocomplejos del Paleolítico medio y superior. En particular, hemos trabajado sobre la influencia de la variabilidad climática rápida en la extinción de los Neandertales y la colonización de Europa por los hombres anatómicamente modernos.

En los últimos años, varias hipótesis contradictorias han sido avanzadas en cuanto al papel del clima sobre la extinción de los Neandertales (cf. d'Errico y Sánchez Goñi, 2003 para una revisión de la literatura). Algunos investigadores proponen que los hombres anatómicamente modernos, adaptados a un clima templado, habrían colonizado Europa a partir del Oriente Próximo hacia 36.000 años BP aprovechando un período de recalentamiento (Leroyer y Leroi-Gourhan, 1983, Mellars, 1996). Una vez que llegaron al sur de Francia y al norte de la Península Ibérica, habrían empujado poco a poco a los Neandertales hacia el norte, donde estos últimos habrían desaparecido durante la fase fría siguiente, hace 32-30 000 años BP. Otros investigadores ven, por el contrario, a los hombres modernos portadores de la cultura Auriñaciense como una población adaptada a condiciones climáticas frías que habría suplantado, gracias a un enfriamiento climático, a los últimos Neandertales hacia 34.000 años BP (Finlayson *et al.*, 2001). Este enfriamiento sería posterior a un largo período templado en el cual se habrían desarrollado las culturas Neandertales llamadas de transición, interpretadas por algunos autores como una aculturación de los últimos Neandertales por los auriñacienses. La persistencia de los Neandertales en el sur de la Península

Ibérica, puesta en evidencia durante estos últimos años, confirmaría la hipótesis de una adaptación de los Neandertales a los ambientes templados. Basándonos en la correlación de los nuevos datos paleoclimáticos resultantes de las secuencias marinas y el conjunto de fechas ¹⁴C disponibles para este período hemos propuesto recientemente un escenario diferente a los propuestos precedentemente (d'Errico y Sánchez Goñi, 2003, 2004; Sánchez Goñi y d'Errico, 2004) (Fig. 10). La llegada de los Auriñacienses a Francia y al norte de la Península Ibérica parece situarse hacia 36.500 años BP, y preceder ligeramente o coincidir con el principio de un período frío, el acontecimiento H4, caracterizado por una de las más importantes formaciones de icebergs. Las fechas ¹⁴C AMS sugieren que el desarrollo del Auriñaciense es contemporáneo de este

episodio frío y, en menor medida, del período templado sucesivo.

El Musteriense desaparece en Francia y en el norte de la Península Ibérica antes del acontecimiento H4 y el Chatelperroniense, cultura atribuida a los últimos Neandertales, poco antes o, quizá, al principio de este período. Durante el H4, los hombres anatómicamente modernos no colonizan el sur de la Península Ibérica donde aparecen a partir de la fase templada siguiente, hacia 33.000 años BP (Fig. 10).

En esta misma región la ausencia de asentamientos musterieneses contemporáneos del H4 y su reaparición al final de este período sugiere una contracción de la población Neandertal seguida por una expansión momentánea, antes de su

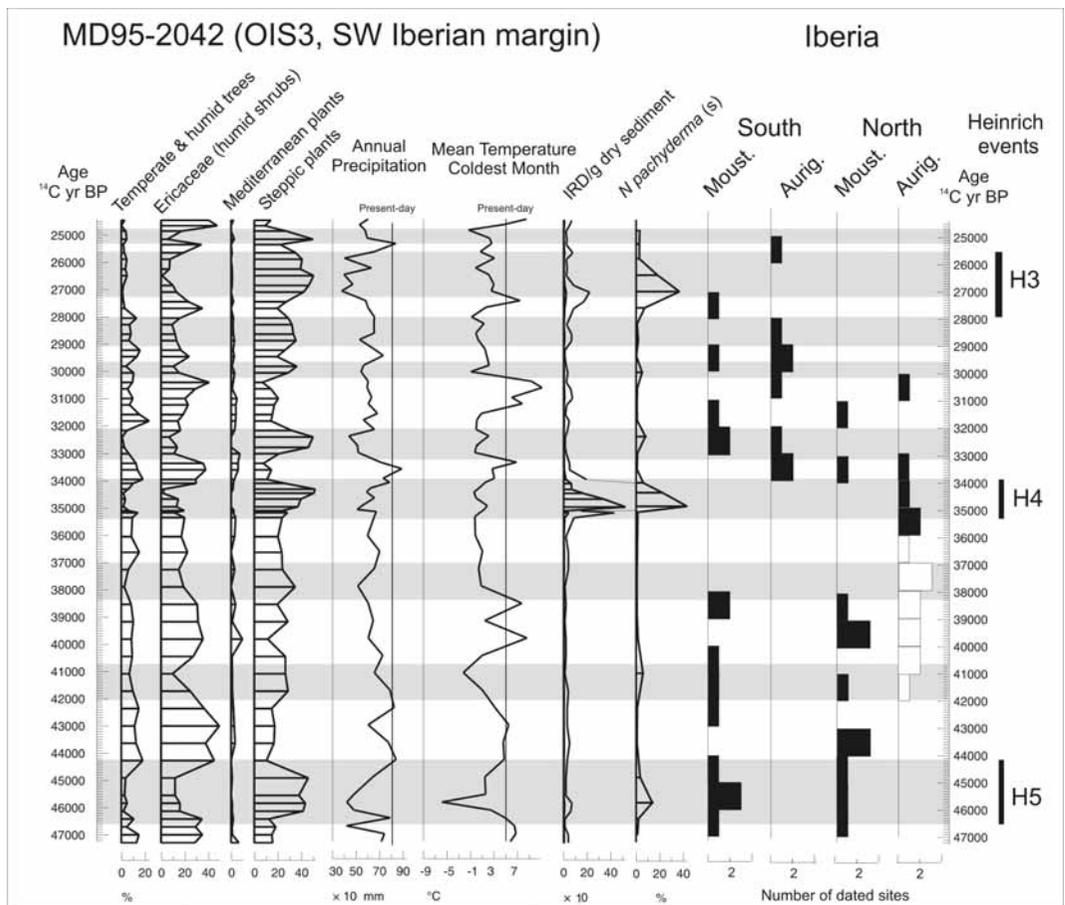


FIGURA 10: CORRELACIÓN DEL REGISTRO PALEOCIMÁTICO DEL INTERVALO 48.000-28.000 AÑOS BP DEL TESTIGO MD95-2042 CON LA DISTRIBUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE YACIMIENTOS MUSTERIENSES Y AURIÑACIENSES DEL SUR Y DEL NORTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA. LOS HISTOGRAMAS EN BLANCO INDICAN LOS YACIMIENTOS CON UNA ATRIBUCIÓN CULTURAL PROBLEMÁTICA. LOS INTERVALOS GRISES INDICAN LOS ACONTECIMIENTOS DE HEINRICH (H5, H4 Y H3) Y LOS OTROS ESTADIALES DE D-O.

extinción definitiva hacia 28-29 000 años BP. Una serie de razones vinculadas al impacto del acontecimiento H4 en los ecosistemas mediterráneos puede explicar estos hechos. Sabemos gracias a los registros polínicos marinos que el acontecimiento H4 transforma estos ecosistemas en un paisaje semidesértico, dominado por *Artemisia*, *Chenopodiaceae* y *Ephedra*, y caracterizado por una muy escasa biomasa (Gauquelin *et al.*, 1998), este tipo de vegetación, similar a la que existe actualmente en ciertas zonas de Irak e Irán, podía alimentar sólo un número reducido de ungulados y, en consecuencia, de cazadores-recolectores. Por el contrario, las estepas contemporáneas del norte de España, ricas en gramíneas, mantenían grandes manadas de herbívoros. Basados en una economía de subsistencia dependiente de la caza de grandes mamíferos, los auriñacienses que colonizaron el norte de la Península Ibérica no vieron probablemente ninguna ventaja en desplazarse hacia el sur, árido y pobre en recursos naturales. Por su parte, los Neandertales se redujeron en número en respuesta a esta aridificación regional confinándose en zonas refugio que les permitían mantener una economía basada, en gran parte, en la explotación sistemática de los recursos locales. La extinción de los Neandertales no parece pues haber sido causada por un cambio climático. Paradójicamente este deterioro climático y el ambiente resultante, particularmente inhóspito, del sur de la Península ha probablemente evitado la competición del hombre anatómicamente moderno con los Neandertales haciendo posible la persistencia de estos últimos en esta región por un periodo de dos o tres mil años. Los cambios climáticos no parecen tampoco haber sido el factor determinante en la colonización de Europa por los hombres anatómicamente modernos ya que este proceso se desarrolló, a juzgar por las fechas disponibles, durante varios ciclos climáticos a periodicidad milenaria. A escala regional, no obstante, el clima pudo ciertamente condicionar el momento de sustitución de los Neandertales por los hombres anatómicamente modernos, como es el caso probablemente en la región mediterránea. Esta hipótesis ha encontrado recientemente apoyo en la modelización del impacto de H4 sobre la Península Ibérica (Sépulchre *et al.*, propuesto para publicación). Esta modelización pone de manifiesto

que la fuerte reducción de la temperatura de las aguas de superficie del Atlántico Norte durante el H4 está asociada también a una fuerte reducción de las precipitaciones del centro de la Península con la consiguiente aridificación de la totalidad del centro-sur de esta región. Sometidos a este cambio ambiental abrupto los grupos de Neandertales podrían haber desertado las zonas áridas con poca biomasa privilegiando los asentamientos próximos de las costas meridionales mediterránea y atlántica que les proporcionaba recursos más variados que el interior.

La verificación de estas hipótesis requiere un mayor número de fechas para los asentamientos arqueológicos de este periodo y un análisis más fino, región por región, de los cambios en la economía de subsistencia de los primeros hombres modernos y de los últimos neandertales así como el desarrollo de una perspectiva interdisciplinar en el estudio del impacto de los cambios climáticos sobre el continente europeo con el fin de comprender los mecanismos subyacentes en la relación entre el clima y los modos de adaptación de las comunidades paleolíticas.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Ramón Montes y José Antonio Lasheras por su amable invitación a participar en el congreso de Altamira. Nuestros agradecimientos van también a Javier Baena y Miguel Cortés por habernos comunicado varias fechas inéditas de yacimientos del Paleolítico medio. Este trabajo forma parte del programa OMLL (*Origin of man, language and languages*) EUROCORES de la European Science Foundation con financiación del CNRS francés y del *Sixth Framework Programme* de la Comunidad Europea, Contract n°. ERAS-CT-2003-980409. Nuestra investigación está también financiada por el programa internacional IMAGES, dos programas nacionales del CNRS francés (PNEDC y ECLIPSE) y un programa del Ministerio francés de Investigación (ACI, *Espaces et Territoires*). Dedicamos este artículo a Soledad Corchón, catedrática de Prehistoria de la Universidad de Salamanca, que ofreció a uno de los autores las páginas de la revista *Zephyrus* para presentar sus argumentos en contra de los interestadios identificados en los yacimientos arqueológicos del Paleolítico

superior en una época en la cual una buena parte de los prehistoriadores españoles se oponía a este cuestionamiento.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, J.R.M., BRANDT, U. BRAUER, A. HUBBERTEN, H.-W. HUNTLEY, B. KELLER, J. KRAML, M. MACKENSEN, A. MINGRAM, J. NEGENDANK, J.F.W. NOWACZYK, N.R. OBERHÄNSLI, H. WATTS, W.A. WULF, S. ZOLITSCHKA, B. (1999): "Rapid environmental changes in southern Europe during the last glacial period". *Nature* 400, 740-743.
- BARD, E., ROSTEK F., y MENOT-COMBES, G. (2004): "Radiocarbon calibration beyond 20,000 14C yr B.P. by means of planktonic foraminifera of the Iberian Margin." *Quaternary Research* 61, 204-214.
- BARD, E., ROSTEK F., TURON, J.L. y GENDREAU, S. (2000): "Hydrological impact of Heinrich events in the subtropical Northeast Atlantic." *Science* 289, 1321-1324.
- D'ERRICO, F. y SÁNCHEZ GOÑI, M. F. (2003): "Neandertal extinction and the millennial scale climatic variability of OIS 3". *Quaternary Science Reviews* 22, 769-788.
- D'ERRICO, F. y SÁNCHEZ GOÑI, M.F. (2004): "A Garden of Eden for the Gibraltar Neandertals ?" A reply to Finlayson et al. *Quaternary Science Reviews* 23, 1217-1224.
- DESPRAT, S. (2005): *Réponses climatiques marines et continentales du SW de l'Europe lors des derniers interglaciaires et des entrées en glaciation*, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, Bordeaux.
- FINLAYSON, J.C., BARTON, R.N.E. y STRINGER, C.B. (2001): «The Gibraltar Neanderthals and their extinction», In: Zilhão, J., Aubry, T. y Faustino Carvalho, A., (Eds.). *Les premiers hommes modernes de la Péninsule Ibérique*, 117-122. *Trabalhos de Arqueologia* 17.
- GAUQUELIN, T., JALUT, G., IGLESIAS, M. y VALLE, F. (1998): "Phytomass and Carbon storage in the steppes of Eastern Andalusia, Spain." *Ambio* 27, 99-103.
- GUIOT, J. (1990): "Methodology of the last climatic cycle reconstruction from pollen data." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80, 49-69.
- HEINRICH, H. (1988): "Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic ocean during the past 130,000 years." *Quaternary Research* 29, 142-152.
- JOHNSON, S. J., CLAUSEN, H. B., DANSGAARD, W., FUHRER, K., GUNDESTRUP, N., HAMMER, C. U., IVERSEN, P., JOUZEL, J., STAUFFER, B. y STEFFENSEN, J. P. (1992): "Irregular glacial interstadials in a new Greenland ice core." *Nature* 359, 311-313.
- LEROYER, C. y LEROI-GOURHAN, A. (1983): «Problèmes de chronologie. le Castelperronien et l'Aurignacien». *Bulléin de la Société Préhistorique française* 80, 41-44.
- MELLARS, P. (1996): *The Neanderthal Legacy: An Archaeological Perspective from Western Europe*. Princeton University Press, Princeton, NY.
- MORENO, A., CACHO, I., CANALS, M., PRINS, M. O., SÁNCHEZ GOÑI M.F., GRIMALT, J. O. Y WELTJE, G.J. (2002): "Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record." *Quaternary Research* 58, 318-328.
- PAILLER, D. y BARD, E. (2002): "High frequency palaeoceanographic changes during the past 140,000 yr recorded by the organic matter in sediments of the Iberian margin". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 279, 1-22.
- PEYRON, O., GUIOT, J., CHEDDADI, R., TARASOV, P., REILLE, M., DE BEAULIEU, J.-L., BOTTEMA, S. y ANDRIEU, V. (1998): "Climatic Reconstruction in Europe for 18,000 yr BP from Pollen Data." *Quaternary Research* 49, 183-196.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F. (1991): "On the Last Glaciation and the Interstadials during the Solutrean. A Contradiction?" *Current Anthropology* 4: 573-575.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F. (1993): *De la taphonomie pollinique à la reconstitution de l'environnement: L'exemple de la région cantabrique*. British Archaeological Reports International Series S586, Oxford.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F. (1994): "The identification of European Upper Palaeolithic interstadials from cave sequences". *AASP Contributions series* 29, 161-182.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F. (1996): "Les changements climatiques du Paléolithique supérieur. Enquête sur le rapport entre Paléoclimatologie et Préhistoire." *Zephyrus*, 49, 3-36.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F., CACHO, I., TURON,

- J.-L., GUIOT, J., SIERRA, F.J., PEYPOUQUET, J.-P., GRIMALT, J.O. y SHACKLETON, N.J. (2002): "Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region." *Climate Dynamics* 19, 95-105.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F. y D'ERRICO, F. (2004): "A stationary Mediterranean forest in southeastern Iberia during OIS 3?". A reply to Carrión. *Quaternary Science Reviews* 23, 1205-1216.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F., EYNAUD, F., TURON, J.-L. y SHACKLETON, N.J. (1999): "High resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex." *Earth and Planetary Science Letters* 171, 123-137.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F., LOUTRE, M. F., CRUCIFIX M., PEYRON, O., SANTOS, L., DUPRAT, J., MALAIZÉ, B., TURON, J.-L. y PEYPOUQUET, J.-P. (en prensa): "Increasing vegetation and climate gradient in Western Europe over the Last Glacial Inception (122-110 ka): data-model comparison." *Earth and Planetary Science Letters*.
- SÁNCHEZ GOÑI, M. F., TURON, J.-L., EYNAUD, F. y GENDREAU, S. (2000): "European climatic response to millennial-scale climatic changes in the atmosphere-ocean system during the Last Glacial period." *Quaternary Research* 54, 394-403.
- SEPULCHRE, P., RAMSTEIN, G., KAGEYAMA, M., VANHAEREN, M., KRINNER, G., SÁNCHEZ GOÑI, M.F., D'ERRICO, F. (Propuesto): "Neanderthal extinction delayed by an abrupt climatic change".
- SHACKLETON, N. J., FAIRBANKS, R. G., CHIU, T. y PARRENIN, F. (2004): "Absolute calibration of the Greenland time scale: implications for Antarctic time scales and for $\delta^{14}C$." *Quaternary Science Reviews* 23, 1513-1523.
- SHACKLETON, N.J., HALL, M. A. y VINCENT, E. (2000): "Phase relationships between millennial scale events 64,000-24,000 years ago." *Paleoceanography* 15, 565-569.
- SHACKLETON, N. J., SÁNCHEZ GOÑI, M. F., PAILLER, D. y LANCELOT, Y. (2003): "Marine Isotope Substage 5e and the Eemian Interglacial." *Global and Planetary Change* 757, 1-5.
- TURNER, C. y HANNON, G. (1988): "Vegetational evidence for late Quaternary climatic changes in southwest Europe in relation to the influence of the North Atlantic Ocean." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 318, 451-485.
- TURON, J.-L., LÉZINE, A.-M. y DENÈFLE, M. (2003): "Land-sea correlations for the last glaciation inferred from a pollen and dinocyst record from the Portuguese margin." *Quaternary Research* 59, 88-96.
- ZILHAO, J. y D'ERRICO, F. (1999): "The chronology and taphonomy of the earliest Aurignacian and its implications for the understanding of Neanderthal extinction." *Journal of World Prehistory* 13, 1-68.